

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

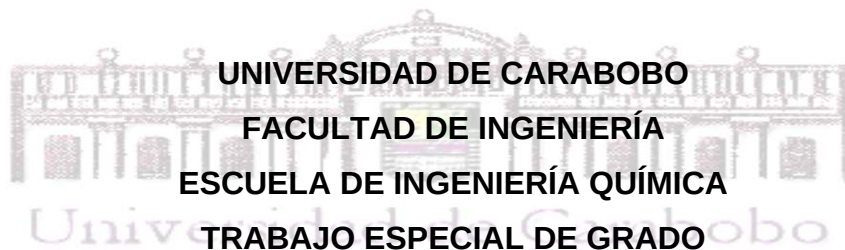
**EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**  
**DE BEBIDAS GASEOSAS DE AJEVEN C.A.**

Tutor académico:  
Prof. Miriam Zambrano

Tutor Industrial:  
Ing. Maria Sifontes

Autor:  
Br. Aguilar José Miguel  
C.I.: 16.051.827

Valencia, 21 de marzo 2.007



## **EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BEBIDAS GASEOSAS DE AJEVEN C.A.**

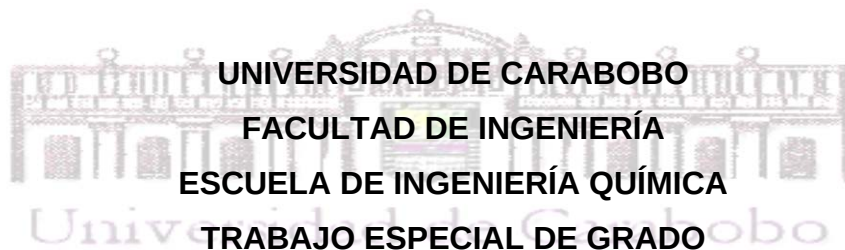
Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo como  
Requisito final para optar al título de Ingeniero Químico

Tutor académico:  
Prof. Miriam Zambrano

Tutor Industrial:  
Ing. Maria Sifontes

Autor:  
Br. Aguilar José Miguel  
C.I.: 16.051.827

Valencia, 21 de marzo 2.007



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado Titulado: *“EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BEBIDAS GASEOSAS DE AJEVEN C.A.”*, realizado por el bachiller Aguilar Torrealba, José Miguel, C.I. 16.0518.827, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo con calificación de veinte (20) puntos, y que no nos hacemos responsables de su contenido, pero lo encontramos correcto en su forma y presentación.

---

Prof.(a)

PRESIDENTE

---

Prof.(a)

JURADO

---

Prof.(a)

JURADO

Valencia, 21 de marzo 2.007

## **Agradecimientos**

*Como dejar plasmado en papel palabras de agradecimiento y reconocimiento de la huella que han dejado, cada una de las personas que han vivido junto a mí cada etapa de crecimiento personal y profesional...*

*Aquellas que han sido mi fortaleza y ejemplo a seguir...*

*El brazo y guía sin dejarme caer... El que me levanta en mis tropiezos...*

*Aquellas que han confiado en mí, brindándome su amistad incondicional...*

*Aquellas que han inspirado en mí respeto, confianza, seguridad, responsabilidad, amistad y amor...*

*Aquellas que han cambiado mi percepción de la vida y hacerme una buena persona...*

*Aquellas a las cuales me debo y son parte de lo que soy, y viven conmigo cada meta superada como si fuera propia...*

*Les adeudo una cantidad invaluable e incalculable de mis logros, que no bastaría una vida para recompensar todo lo que han hecho por mí...*

*Gracias...*

A mi Madre, a la cual le debo la vida, lo que soy y como soy, mis logros son suyos y nada lo he hecho solo... Usted siempre a estado conmigo, la amo...

A mi Padre, por enseñarme que la vida no es fácil, y que hay dediciones duras y el amor lo supera todo... Mi respeto, amor y apoyo incondicional...

A mis Abuelos, por sus ejemplos de superación y vida... ejemplo a seguir, sus corazones enormes inspiran a sus nietos...

A mis Hermanas (Twins-Twins), Mariam y Mairim, por ser mis hermanitas siempre, por los juegos desde niños, por crecer juntos, por todas aquellas discusiones divertidas y sin sentido que siempre terminamos riéndonos...

A mis hermanitos y primitos (José Alejandro, Roberto, Alejandro, Jonathan, Jesús David y Mariangela), por recordarme cada día lo lindo de ser niños, inspirarme y motivarme a ser mejor por ellos...

A mi segunda madre Tía Judith, te quiero muchísimo...

A toda mi familia, por estar siempre presente...

A Livimar (mi loquita), por entrar en mi vida en el mejor de los momentos, robarse mi corazón, transformar mi mundo, darme amor y cariño, y desear pasar toda una vida y otra, y mucho más a tu lado... Te amo...

A mis siete mejores amigos de toda la vida, que ya mas que amigos son mis hermanos, y sus familias son como la mía; catorce años de amistad con Jesús y José Goncalves de juegos de carritos y pelotica e' goma, estudios y amistad incondicional; al team de los cuatro fantásticos, los ingenieros químicos Ligia Barrios, Oscar Gerdet y Jesús Arias, casi cinco años de la carrera juntos con los cuales crecí a su lado en una nueva etapa, experiencias y vivencias que me marcaran por siempre y una amistad que nació para toda la vida... Mis amigas sobreprotectoras, a las cuales quiero mucho y siempre contarán conmigo, Amerys Maurera y Olga Ebratt...

Sin menospreciar, otro conjunto de amigos que se merecen todo el éxito del mundo y estoy orgulloso de ser su amigo y haber compartido y estudiado a su lado, los ingenieros Danny Avellaneda, María Inés Preciado, Juan Pedro Capobianco, Bernis Jiménez, Paul



Mendoza, Karol Porras, Giselle Quero, Marielena Vázquez, José Ángel Martínez, Mario Mencía, Daniela Ramírez, Manuel Ramos, Luís Rincón, Mariangel Camacho, Maryuri Delgado, Bibiana Durango, Cynthia Sierra, Luís Yañez, Jeanine Ramones, Natasha Alvarez, Rainely Montes de Oca, Tirza Ascanio, Firelei González, Marian Vázquez, Cesar López, Diana Llanos; los próximos profesionales Cristóbal Gerdet, Mailly Gerdet, María Fernanda Arias, Geraldine Torin, Marcos Torrealba, Adriana Buroz...

A mi tutora académica Miriam Zambrano, por confiar en mi y brindarme su apoyo y guía en mi trabajo de grado... A mis profesores, guías profesionales, ejemplo de excelencia académica Janet Blanco, Doris Briceño, Maribel Moreno, Edgar Lugo, Donato Magarelli, Juan Cristóbal Hernández, Vicky Mujica, Lucila de Portillo, Juan Portillo, Evelyn Yamal, Cathy Perez, José Luciano...

A mis tutoras industriales y jefas, ingeniero María Sifontes y Grisel Ochoa, por motivarme como profesional, confiar en mi trabajo, brindarme su amistad y apoyo, son mi ejemplo a seguir ; gracias por compartir sus experiencias y vivencias conmigo, espero no defraudarlas y cuenten conmigo siempre...

A todos mis compañeros de trabajo y amigos de aseguramiento de calidad, producción y mantenimiento, Mallitzi Ceballos, Glenda Márquez, Ivonne Ramírez, Sergio Armas, Julio Acosta, Maximino Mejias, Juan Cáceres, Carmen Guinand, Franklin Moyetones, Víctor Bueno, Luís Palmizano, Luís Flores, Carlos Gallegos, Manuel Zavala, Carlos Pacheco, Soiré Andrade, Ricardo Suárez, Iris Niño, Jenice Larrarte, Sergio Sandoval, Arelis García, Oscar Sequera, Jairo Olivares (que Dios lo tenga en la gloria), Richard Aguirre, Albert Batista, Luís Gonzáles, Mayra Justi, Nelson Araujo, Francisco Fumero, Ronny Bernaez, Carmen Guinand, Simón Cordido, Nathaly Álvarez, y todo el personal de planta Valencia, por brindarme su apoyo y formar un excelente equipo de trabajo...

Muchas Gracias...

*José Miguel Aguilar Torrealba*

### ***Dedicatoria***

*A mi Madre Miriam, Te Amo!... mi primer amor...*

*A mi Padre y hermanos...*

*A mis Abuelos...*

*A Livimar... Te amo*

*Este logro es suyo...*

## RESUMEN

El siguiente trabajo de grado, tuvo por objetivo ***EVALUAR Y MEJORAR LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4, DE BEBIDAS GASEOSAS EN AJEVEN C.A.***, en la zona industrial El Recreo, en la ciudad de Valencia, estado Carabobo. La investigación realizada fue de tipo experimental descriptiva, enmarcada en tres etapas fundamentales para la determinación de las oportunidades de mejora, comprendió una fase diagnóstica, basada en la recopilación de información secundaria, que permitió establecer prioridades de acuerdo a las causas que ocasionan la problemática, la cual esta ligada al incremento de los productos no conformes en los formatos de mayor volumen de producción. La segunda fase estuvo orientada, a la observación, medición, evaluación y análisis del proceso, con la finalidad de detectar desviaciones en cada línea de producción, y establecer en una tercera fase, las propuestas técnicas y económicas para la mejora del proceso, incrementar los indicadores de aprovechamiento de los recursos, y mejoramiento del control de operaciones en el área de llenado y envasado de bebidas gaseosas.

La investigación permitió determinar un 80% de productos no conformes para el primer trimestre del año 2005, ocasionado por baja carbonatación, deficiencia de contenido neto, explosión de botellas y debido a la merma generada en planta, de las cuales un 55,5% son causadas directamente por el área de llenado. Las no conformidades de las líneas de producción 3 y 4 de manufactura de Big Cola 3100 mL, son ocasionadas en un 92,36% debido a °Brix, carbonatación y contenido neto fuera de especificación, estando distribuidas en un 58,33 % en la línea 4 y 41,67 % en la línea 3. Los índices de capacidad de procesos calculados para cada parámetro de calidad, demuestran puntos débiles a mejorar en el corto plazo ya que afectan directamente a las características exigidas en el producto terminado. La carbonatación en ambas líneas se ve afectada por bajas eficiencias de enfriamiento, sobreflujo en las bombas de procesamiento e inestabilidad del sistema, producto de paradas frecuentes, distribución de tuberías inadecuada y control ineficiente del sistema de alimentación de CO<sub>2</sub>. El °Brix del producto terminado se ve afectado por fluctuaciones del sistema de mezcla, y a fallas de alimentación de agua y jarabe. El contenido de neto fue ajustado en ambas líneas, incrementando en 20 mL el volumen histórico de 3078,6 mL en la línea 3 y 3080,08 mL, obteniendo valores luego del ajuste de 3109,56 mL y 3098,10 mL en cada línea respectivamente. Se obtuvieron velocidades promedios de 86 bpm y 70 bpm, con el 55% de la producción de 3100 mL correspondiente a la línea 3 y el 45 % a la línea 4, y un rendimiento promedio del 91,51% para el aprovechamiento del agua, del 99,40% correspondiente al azúcar, y del 30,33% para el rendimiento de CO<sub>2</sub>.

El costo del producto no conforme anual equivale a 11.523,2 \$/año, y las propuestas realizadas fueron dirigidas hacia control adecuado de los parámetros críticos y la estabilización de cada línea de producción. Se estimó una reducción del 99,9% de las no conformidades y del costo operacional de 35.527.778,1 \$/año a 35.516.664,4 \$/año, lo cual permitió calcular los indicadores de rentabilidad, obteniendo valores positivos y similares para el valor actual de 100.496.030,4 \$ y 100.494.417,0 \$, tanto para la condición actual y la alternativa propuesta, presentado una diferencia no significativa de 1613,4 \$ a favor de la condición actual, por lo cual se realizó un análisis de sensibilidad para ambos casos, en el cual se determinó que es necesaria una variación del costo de operación de 0,001% para que las mejoras requeridas sean rentables, siendo el proceso sensible y susceptible a dicho cambio.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                         | Pág.      |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>           | <b>3</b>  |
| <b>1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>                | <b>3</b>  |
| <b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>                | <b>6</b>  |
| 1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....                             | 6         |
| 1.2.2 SITUACIÓN DESEADA.....                            | 7         |
| <b>1.3 OBJETIVOS</b>                                    | <b>8</b>  |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....                             | 8         |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                        | 8         |
| <b>1.4 JUSTIFICACIÓN.....</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>1.5 LIMITACIONES.....</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL</b>         | <b>11</b> |
| <b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>        | <b>11</b> |
| <b>2.2 MARCO TEÓRICO.....</b>                           | <b>17</b> |
| 2.2.1 INDUSTRIA DE BEBIDAS.....                         | 17        |
| 2.2.2 BEBIDAS GASEOSAS.....                             | 17        |
| 2.2.2.1 DEFINICIÓN.....                                 | 17        |
| 2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN.....              | 18        |
| 2.2.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.....             | 30        |
| 2.2.3.1 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....                  | 32        |
| 2.2.3.2 SOFTWARE ESTADÍSTICO MINITAB 13.1.....          | 47        |
| <b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>            | <b>56</b> |
| <b>3.1 PROCESO PRODUCTIVO.....</b>                      | <b>56</b> |
| <b>3.2 SISTEMA CROWN DE PREPARACIÓN DE BEBIDAS.....</b> | <b>60</b> |
| 3.2.1 SISTEMA DE MEZCLA.....                            | 61        |
| 3.2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....                      | 63        |
| 3.2.3 SISTEMA CARBONATADOR.....                         | 69        |
| <b>3.3 TECNOLOGÍA DE ENVASADO ALSIM-ASMOJET.....</b>    | <b>76</b> |

|                                                                                                                                                                                | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO</b>                                                                                                                                         | 82   |
| <b>4.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>                                                                                                                                  | 82   |
| 4.1.1 RECONOCIMIENTO Y COMPRENSIÓN DEL PROCESO                                                                                                                                 | 83   |
| 4.1.2 INDUCCIÓN Y CAPACITACIÓN EN LOS MÉTODOS DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO TERMINADO                                                                 | 83   |
| 4.1.3 CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO DE RECHAZOS EN CEDIS                                                                                                                 | 83   |
| 4.1.4 APLICACIÓN DE LA TORMENTA DE IDEAS                                                                                                                                       | 84   |
| 4.1.5 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO                                                                                                                                    | 84   |
| <b>4.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO</b>                                | 86   |
| 4.2.1 CAPACITACIÓN EN EL ÁREA DE CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO                                                                                 | 86   |
| 4.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO                                                                                                               | 86   |
| 4.2.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO                                                                               | 92   |
| <b>4.3 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE DIÓXIDO DE CARBONO, JARABE TERMINADO Y AGUA EN EL PROCESO</b>                                                                          | 113  |
| 4.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES DE ALIMENTACIÓN Y SALIDAS DEL SISTEMA                                                                                                  | 113  |
| 4.3.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LOS FLUJOS POR UNIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO                                                                               | 114  |
| <b>4.4 ESTABLECIMIENTO DE LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL PROCESO</b>                                                                                                 | 131  |
| 4.4.1 RANGOS DE VARIACIÓN REALES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD                                                                                                                  | 131  |
| 4.4.2 ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO                                                                                                 | 132  |
| <b>4.5 ESTABLECIMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICO-ECONÓMICAS FACTIBLES DE REDUCCIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES Y PÉRDIDAS DE MATERIALES OCASIONADAS POR LOS MISMOS</b> | 134  |

|                                                                                                                                                      | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>                                                                                                            | 138  |
| <b>5.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO.....</b>                                                                                                              | 138  |
| <b>5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.....</b> | 153  |
| 5.2.1 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE CARBONATACIÓN.....                                                                                            | 153  |
| 5.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE AZÚCARES DISUELTOS.....                                                                                       | 160  |
| 5.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE VOLUMEN DE LLENADO.....                                                                                       | 166  |
| 5.2.4 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO.....                                                | 178  |
| 5.2.4.1 CONDICIONES OPERACIONALES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....                                                                                   | 178  |
| 5.2.4.2 CONDICIONES OPERACIONALES DEL SISTEMA CARBONATADOR Y ENVASADO.....                                                                           | 183  |
| 5.2.4.3 VARIACIÓN TEÓRICA DEL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.....                                               | 188  |
| 5.2.4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN EN EL SISTEMA DE MEZCLA.....                                                                   | 193  |
| 5.2.4.5 TIEMPOS DE CICLO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO, CAUDALES DE MEZCLA Y CARBONATACIÓN, Y RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....                 | 198  |
| <b>5.3 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE DIÓXIDO DE CARBONO, JARABE TERMINADO Y AGUA EN EL PROCESO.....</b>                                           | 210  |
| 5.3.1 FLUJOS VOLUMÉTRICOS Y MÁSICOS DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA DE MEZCLA.....                                                                        | 210  |
| 5.3.2 FLUJOS VOLUMÉTRICOS Y MÁSICOS DE CO <sub>2</sub> EN EL SISTEMA CARBONATADOR.....                                                               | 218  |
| 5.3.3 PÉRDIDAS POR PURGAS Y DRENAJES DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS.....                                                                         | 222  |
| 5.3.4 CONSUMOS EN PROCESO Y CURVAS DE OPERACIÓN.....                                                                                                 | 224  |

|                                                                                                                                                                                     | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>CAPÍTULO VI. PROPUESTAS DE MEJORA</b>                                                                                                                                            | 237  |
| <b>6.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN Y DEFINICIÓN DE NUEVOS PARÁMETROS DE PROCESO....</b>                                                                 | 237  |
| 6.1.1 RANGOS DE VARIACIÓN REALES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.....                                                                                                                  | 237  |
| 6.1.2 ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO.....                                                                                                 | 239  |
| 6.1.2.1 SISTEMA DE MEZCLA.....                                                                                                                                                      | 239  |
| 6.1.2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....                                                                                                                                                | 241  |
| 6.1.2.3 SISTEMA CARBONATADOR Y DE ENVASADO.....                                                                                                                                     | 243  |
| <b>6.2 ESTABLECIMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICO-ECONÓMICAS FACTIBLES DE REDUCCIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES Y PÉRDIDAS DE MATERIALES OCASIONADAS POR LOS MISMOS.....</b> | 248  |
| <b>CAPÍTULO VII. PLAN DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE LLENADO.....</b>                                                                                                                    | 273  |
| PLAN DE LA CALIDAD.....                                                                                                                                                             | 274  |
| TABLA DE DESVIACIONES.....                                                                                                                                                          | 277  |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                                                                                                                          | 278  |
| CONCLUSIONES.....                                                                                                                                                                   | 278  |
| RECOMENDACIONES.....                                                                                                                                                                | 284  |
| <b>APÉNDICES</b>                                                                                                                                                                    |      |
| APÉNDICE A. DATOS DEL PROCESO.....                                                                                                                                                  | 285  |
| APÉNDICE B. RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL PROCESO.....                                                                                                                                | 342  |
| APÉNDICE C. CÁLCULOS TÍPICOS.....                                                                                                                                                   | 378  |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                                                                                                                            | 390  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                         | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 2.1: REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA BEBIDAS GASEOSAS.....                                                     | 19   |
| TABLA 2.2: ESPECIFICACIONES DE CALIDAD – ESTÁNDARES INTERNOS.....                                                       | 20   |
| TABLA 2.3: CONVERSIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA/VOLUMEN DE CO <sub>2</sub> .....                                              | 28   |
| TABLA 2.4: TOLERANCIAS UNITARIAS PERMITIDAS POR CONTENIDO ENVASADO.....                                                 | 29   |
| TABLA 2.5: FACTOR DE ESTIMACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE UNA POBLACIÓN.....                                         | 37   |
| TABLA 2.6: CONSTANTES Y FORMULAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL.....                               | 42   |
| TABLA 2.7: CLASIFICACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLE PARA EL USO DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO MINITAB 13.1..... | 53   |
| TABLA 3.1: CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EVAPORADOR Y TEMPERATURA DE BEBIDA OBTENIDA.....                                | 69   |
| TABLA 3.2: CARTA DE SELECCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE CO <sub>2</sub> .....                                                | 71   |
| TABLA 3.3: CONDICIONES OPERACIONALES DE LOS EQUIPOS DE PROCESO ESTABLECIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS.....          | 72   |
| TABLA 3.4: TECNOLOGÍAS DE ENVASADO DE BEBIDAS.....                                                                      | 74   |
| TABLA 3.5: TECNOLOGÍAS DE ENVASADO DE BEBIDAS POR LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....                                              | 76   |
| TABLA 4.1: REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.....                               | 87   |
| TABLA 4.2: CONTROL DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DEL MUESTREO EN SERIES HOMOGÉNEAS.....    | 88   |
| TABLA 4.3: TOLERANCIAS UNITARIAS POR FORMATO DE PRODUCCIÓN.....                                                         | 89   |
| TABLA 4.4: TOLERANCIAS EN SERIES HOMOGÉNEAS POR FORMATOS DE PRODUCCIÓN.....                                             | 89   |
| TABLA 4.5: PESOS DE PREFORMAS Y TAPAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO.....                           | 90   |
| TABLA 4.6: DENSIDAD DE LA BEBIDA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES DISUELTOS.....                              | 90   |
| TABLA 4.7: CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS.....                     | 94   |
| TABLA 4.8: EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO <sub>2</sub> A PRESIÓN CONSTANTE (TEMPERATURA VARIABLE).....                | 95   |
| TABLA 4.9: EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO <sub>2</sub> A TEMPERATURA CONSTANTE (PRESIÓN VARIABLE).....                | 96   |

|                                                                                                                                                                                                                     | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 4.10: EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO <sub>2</sub> A TEMPERATURA CONSTANTE (°BRIX VARIABLE).....                                                                                                             | 96   |
| TABLA 4.11: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO.....                                                                                                                                         | 97   |
| TABLA 4.12: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO.....                                                                                    | 98   |
| TABLA 4.13: MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD ABSOLUTA DE DIFERENTES MUESTRAS DE JARABE SIMPLE, JARABE TERMINADO Y PRODUCTO TERMINADO EMPLEANDO EL VISCOSÍMETRO DE BROOKFIELD.....                                          | 98   |
| TABLA 4.14: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA DILUCIÓN DE JARABES Y LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD REFERIDAS A LA DENSIDAD Y CONCENTRACIÓN DE AZUCARES DISUELTOS..... | 100  |
| TABLA 4.15: PERIODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO PARA LA ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CICLO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN __ .....                                                                               | 103  |
| TABLA 4.16: PUNTOS DE AJUSTES DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE CONTROL DE NIVEL DE AMONÍACO EN EL TANQUE ACUMULADOR.....                                                                                          | 106  |
| TABLA 4.17: RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A DIFERENTES VELOCIDADES DE ENVASADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN __.....                                                                                            | 106  |
| TABLA 4.18: ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SECCIONES DE CABEZAS O TAPAS DE TANQUES.....                                                                                                                                  | 117  |
| TABLA 4.19: CAPACIDAD ESTIMADA DEL TANQUE ACUMULADOR DE AGUA Y TANQUE CARBONATADOR.....                                                                                                                             | 118  |
| TABLA 4.20: MEDICIÓN DEL DRENADO DE BEBIDA EN CONDICIONES DE OPERACIÓN NORMALES DEL EQUIPO DE ENVASADO-LLENADO .....                                                                                                | 123  |
| TABLA 4.21: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DRENAJE DE AGUA EN LOS TANQUES REACTORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....                                                                      | 124  |
| TABLA 4.22: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENADO DE AGUA DURANTE EL RETROLAVADO DE FILTROS DE ARENA Y CARBÓN .....                                                                 | 126  |
| TABLA 4.23: VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE LÍQUIDO CO <sub>2</sub> EN LOS TANQUES CRIOGÉNICOS DE LAS FASES DE PROCESO.....                                                                                             | 127  |
| TABLA 4.24: INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3, 4 Y 5 .....                                                                                                                         | 127  |
| TABLA 4.25: MATRIZ DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL CONTROL DEL PARÁMETRO Xi .....                                                                                                                      | 135  |



|                                                                                                                                                          | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 5.1: CANTIDAD DE PRODUCTO DEFECTUOSO DESCARTADO EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN.....                                                                    | 139  |
| TABLA 5.2: SEGREGACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN.....                                                        | 140  |
| TABLA 5.3: PRODUCTO NO CONFORME DETECTADO EN PROCESO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3.....                                                                    | 147  |
| TABLA 5.4: PRODUCTO NO CONFORME DETECTADO EN PROCESO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4.....                                                                    | 147  |
| TABLA 5.5: SEGREGACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME EN PROCESO – LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4.....                                             | 148  |
| TABLA 5.6: DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME MENSUAL EN LOS FORMATOS DE PRODUCCIÓN DE BIG COLA 3100 mL .....                                          | 152  |
| TABLA 5.7: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LA CARBONATACIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO-OCTUBRE 2005 .....                              | 154  |
| TABLA 5.8: ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO DE CARBONATACIÓN DE BEBIDAS .....                                                                | 155  |
| TABLA 5.9: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS AZUCARES DISUELTOS (°BRIX) EN BEBIDAS GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO-OCTUBRE 2005 .....                | 160  |
| TABLA 5.10: ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO DE °BRIX EN BEBIDAS .....                                                                       | 161  |
| TABLA 5.11: RESUMEN ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN VOLUMEN DE BEBIDAS GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO-OCTUBRE 2005 .....                        | 166  |
| TABLA 5.12: ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO VOLUMEN DE LLENADO EN BEBIDAS GASEOSAS BOG COLA 3100 mL (GRÁFICO DE CONTROL – 1er AJUSTE) ..... | 168  |
| TABLA 5.13: TOLERANCIAS EN SERIES E ÍNDICES DE CAPACIDAD OBTENIDOS DURANTES LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 .....         | 173  |
| TABLA 5.14: TOLERANCIAS EN SERIES E ÍNDICES DE CAPACIDAD OBTENIDOS DURANTES LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 .....         | 173  |
| TABLA 5.15: MEJORA OBTENIDA DE LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4.....                                                 | 176  |
| TABLA 5.16: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 DE BIG COLA 3100 mL .....                                   | 178  |

|                                                                                                                                                                 | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 5.17: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                                          | 178  |
| TABLA 5.18: CONDICIONES DE PRUEBA DE CARBONATACIÓN EN PRODUCTO TERMINADO OBSERVADAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                 | 181  |
| TABLA 5.19: CONDICIONES OPERACIONALES DE LAS CABINAS DE ENFRIAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                                | 182  |
| TABLA 5.20: DIFERENCIA DE TEMPERATURA OBTENIDA EN LOS EQUIPOS DE PREPARACIÓN DE BEBIDAS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 .....                                 | 183  |
| TABLA 5.21: CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE CARBONATACIÓN Y LLENADO DE BEBIDAS GASEOSAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL ..... | 188  |
| TABLA 5.22: CONCENTRACIÓN DE GAS CARBÓNICO A LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL TANQUE CARBONATADOR EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....   | 191  |
| TABLA 5.23: DENSIDADES DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO.....                                                                                  | 193  |
| TABLA 5.24: DILUCIÓN DE JARABES DE PREPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS.....                                                               | 195  |
| TABLA 5.25: RELACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE LOS GRADOS BRIX EN LA BEBIDA Y SU DENSIDAD.....                                                                  | 197  |
| TABLA 5.26: VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN A DIFERENTES VELOCIDADES DE PRODUCCIÓN.....                                                                   | 202  |
| TABLA 5.27: CAUDALES ESTIMADOS DEL SISTEMA DE PREPARACIÓN.....                                                                                                  | 202  |
| TABLA 5.28: VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE AMONÍACO LÍQUIDO A DIFERENTES VELOCIDADES DE PROCESAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....  | 204  |
| TABLA 5.29: CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN DE LA CARGA DE BEBIDA AL EVAPORADOR DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 .....                 | 207  |
| TABLA 5.30: CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN DE REFRIGERANTE AL EVAPORADOR DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4....                         | 207  |
| TABLA 5.31: TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA UNIDAD DE INTERCAMBIO TÉRMICO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                              | 208  |
| TABLA 5.32: CAUDALES DE ALIMENTACIÓN DE JARABE TERMINADO A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                                             | 211  |

|                                                                                                                                                                           | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 5.33: CAUDALES DE ALIMENTACIÓN DE AGUA TERMINADO A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....                                                         | 211  |
| TABLA 5.34: VARIACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS DE AGUA TRATADA EN LAS LÍNEAS 3, 4 Y 5 .....                                                        | 213  |
| TABLA 5.35: COMPARACIÓN DE CAUDALES REQUERIDOS POR EL SISTEMA DE MEZCLA Y LOS CAUDALES DE ALIMENTACIÓN A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4                                   | 214  |
| TABLA 5.36: TIEMPO DE DURACIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS POR FALTA DE AGUA Y JARABE TERMINADO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 .....                                     | 216  |
| TABLA 5.37: ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE CO <sub>2</sub> REQUERIDO EN EL PROCESO DE INYECCIÓN EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL ...                        | 218  |
| TABLA 5.38: FLUJOS MÁSCOS Y VOLUMÉTRICOS Y TIEMPO DE RESIDENCIA DE LA BEBIDA EN EL SISTEMA DE CARBONATACIÓN EN LAS LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL .....    | 220  |
| TABLA 5.39: ESTIMACIÓN DEL MÁXIMO FLUJO DE CIRCULACIÓN ENTRE EL TANQUE CARBONATADOR Y EL TANQUE DE LLENADO DE LAS LÍNEAS 3 Y 4 .....                                      | 221  |
| TABLA 5.40: ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE BEBIDA OCASIONADA POR PURGA DEL EQUIPO DE LLENADO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4.....                                        | 222  |
| TABLA 5.41: ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS DRENADO EN LAS LLENADORAS 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL POR MES DE PRODUCCIÓN.....                                      | 222  |
| TABLA 5.42: ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DURANTE LAS OPERACIONES DE CONTROL Y AJUSTES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....                                            | 223  |
| TABLA 5.43: ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA DRENADO MENSUALMENTE EN LAS OPERACIONES DE AJUSTES DE PARÁMETROS EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA .....                        | 223  |
| TABLA 5.44: VARIACIÓN DEL CONTENIDO MÁSCICO DE CO <sub>2</sub> EN LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN PARA EL PRIMER DÍA DE EVALUACIÓN.....                                       | 224  |
| TABLA 5.45: INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DURANTE EL PERÍODO DE EVALUACIÓN.....                                                                               | 225  |
| TABLA 5.46: ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS MÁSCOS EN PROCESO DE ALIMENTACIÓN, CONSUMO Y PÉRDIDAS.....                                                                           | 227  |
| TABLA 6.1: PROPUESTAS DE AMPLIACIÓN DE RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS LOTES DE PRODUCCIÓN DE BIG COLA 3100 mL EN LAS LÍNEAS 3 Y 4.....       | 239  |
| TABLA 6.2: ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE BEBIDA EN LA BOMBA DE MEZCLA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 A PARTIR DEL AUMENTO DE LA PÉRDIDA DE ENERGÍA EN LA RAMA DE JARABE ..... | 241  |

|                                                                                                                                                                      | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA 6.3: ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MEZCLA DE LAS LÍNEAS 3 Y 4 EN EL PROCESO PRODUCTIVO A 110 BPM.....      | 242  |
| TABLA 6.4: ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MEZCLA DE LAS LÍNEAS 3 Y 4 EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A 110 BPM..... | 243  |
| TABLA 6.5: REDISTRIBUCIÓN DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE BEBIDA DESDE EL TANQUE CARBONATADOR A LLENADORA EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4.....                       | 247  |
| TABLA 6.6: MATRIZ DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE FLUJO CONTINUO DE AGUA, BEBIDA Y CO <sub>2</sub> .....                                                      | 257  |
| TABLA 6.7: CRITERIO DE SELECCIÓN DE MEDIDORES DE °BRIX EN LÍNEA.....                                                                                                 | 258  |
| TABLA 6.8: PROPUESTAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS.....                                                          | 261  |
| TABLA 6.9: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA.....                                                                                                                 | 266  |
| TABLA 6.10: INDICADORES ECONÓMICOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS.....                                                                                 | 267  |
| TABLA 6.11: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PROPUESTA REALIZADA.....                                                                                                  | 267  |
| TABLA 7.1: PLAN DE LA CALIDAD PROCESO DE LLENADO (LÍNEAS 3 Y 4).....                                                                                                 | 269  |
| TABLA 7.2: TABLA DE DESVIACIÓN.....                                                                                                                                  | 272  |
| TABLA A.1: REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.....                                                                            | 286  |
| TABLA A.2: CONTROL DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 POR MEDIO DEL MUESTREO EN SERIES HOMOGÉNEAS.....                                                | 322  |
| TABLA A.3: CONTROL DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 POR MEDIO DEL MUESTREO EN SERIES HOMOGÉNEAS.....                                                | 323  |
| TABLA A.4: CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3.....                             | 324  |
| TABLA A.5: CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4.....                             | 328  |
| TABLA A.6: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO.....                                                                                           | 332  |
| TABLA A.7: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO.....                                      | 332  |

|                                                                                                                                                                           | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA A.8: MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD ABSOLUTA DE DIFERENTES MUESTRAS DE JARABE SIMPLE, JARABE TERMINADO Y PRODUCTO TERMINADO EMPLEANDO EL VISCOSÍMETRO DE BROOKFIELD..... | 332  |
| TABLA A.9: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA DILUCIÓN DE JARABES Y LA DENSIDAD Y CONCENTRACIÓN DE AZUCARES.....             | 333  |
| TABLA A.10: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 100 BPM EN LA LÍNEA 3.....                                                                                  | 333  |
| TABLA A.11: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 110 BPM EN LA LÍNEA 3.....                                                                                  | 333  |
| TABLA A.12: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 115 BPM EN LA LÍNEA 3.....                                                                                  | 333  |
| TABLA A.13: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 100 BPM EN LA LÍNEA 4.....                                                                                  | 334  |
| TABLA A.14: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 110 BPM EN LA LÍNEA 4.....                                                                                  | 334  |
| TABLA A.15: PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 115 BPM EN LA LÍNEA 4.....                                                                                  | 334  |
| TABLA A.16: RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A DIFERENTES VELOCIDADES DE ENVASADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3.....                                                   | 335  |
| TABLA A.17: RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A DIFERENTES VELOCIDADES DE ENVASADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4.....                                                   | 336  |
| TABLA A.18: PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE JARABE TERMINADO.....                                                                               | 337  |
| TABLA A.19: PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....                                                                           | 337  |
| TABLA A.20: MEDICIÓN DEL DRENADO DE BEBIDA EN CONDICIONES DE OPERACIÓN NORMALES DE EL EQUIPO DE ENVASADO-LLENADO.....                                                     | 338  |
| TABLA A.21: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DRENAJE DE AGUA EN LOS TANQUE REACTORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....                             | 338  |
| TABLA A.22: VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENADO DE AGUA DURANTE EL RETROLAVADO DE FILTROS.....                                          | 338  |
| TABLA A.23: VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE LÍQUIDO CO <sub>2</sub> EN LOS TANQUES CRIOGÉNICOS DE CO <sub>2</sub> .....                                                       | 339  |
| TABLA A.24: INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN LAS LÍNEAS 3, 4 Y 5                                                                                                   | 340  |

|                                                                                                                                                 | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA B.1: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....      | 342  |
| TABLA B.2: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....     | 342  |
| TABLA B.3: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2005..... | 343  |
| TABLA B.4: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005.....    | 343  |
| TABLA B.5: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....      | 348  |
| TABLA B.6: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....     | 348  |
| TABLA B.7: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2005..... | 349  |
| TABLA B.8: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005.....    | 349  |
| TABLA B.9: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....              | 354  |
| TABLA B.10: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....            | 354  |
| TABLA B.11: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005.....           | 355  |
| TABLA B.12: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005.....           | 355  |
| TABLA B.13: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....             | 360  |
| TABLA B.14: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....            | 360  |

|                                                                                                                                                    | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA B.15: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005.....              | 361  |
| TABLA B.15: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005.....              | 361  |
| TABLA B.17: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....   | 366  |
| TABLA B.18: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....  | 366  |
| TABLA B.19: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005..... | 367  |
| TABLA B.20: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005..... | 367  |
| TABLA B.21: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE JULIO DE 2005.....   | 372  |
| TABLA B.22: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005.....  | 372  |
| TABLA B.23: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005..... | 373  |
| TABLA B.24: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005..... | 373  |
| TABLA C.1: CONVERSIÓN EN TANQUES CRIOGÉNICOS DE CO <sub>2</sub> .....                                                                              | 388  |
| TABLA C.2: RESULTADOS DE ITERACIONES REALIZADAS EN EL CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA.....                                               | 392  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                    | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1.1: Diagrama de Flujo del Área de Llenado.....                                                             | 4    |
| Figura 2.1: Hidrómetro de inmersión. Partes Constituyentes.....                                                    | 21   |
| Figura 2.2: Refractómetro portátil.....                                                                            | 23   |
| Figura 2.4: Equilibrio de solubilidad.....                                                                         | 24   |
| Figura 2.5: Probador de carbonatación Zahm & Nagel.....                                                            | 27   |
| Figura 2.6: Diagrama causa-efecto (DIAGRAMA ISHIKAWA).....                                                         | 34   |
| Figura 2.7: Diagrama de Pareto.....                                                                                | 35   |
| Figura 2.8: Curva normal.....                                                                                      | 38   |
| Figura 2.9: Carta de control.....                                                                                  | 39   |
| Figura 2.10: Patrones de cartas de control.....                                                                    | 43   |
| Figura 2.11: Estudio de capacidad de procesos.....                                                                 | 46   |
| Figura 2.12: Software estadístico MINITAB 13.1. Entorno de trabajo.....                                            | 47   |
| Figura 2.13: Ventana de selección de opciones de estadística descriptiva en MINITAB 13.1.....                      | 48   |
| Figura 2.14: Ventanas de opción y representación gráfica de histogramas en MINITAB 13.1.....                       | 50   |
| Figura 2.15: Representación gráfica de la prueba de normalidad resultante al emplear el software MINITAB 13.1..... | 51   |
| Figura 2.16: Ingreso y transformación de datos empleando la función BOX-COX de MINITAB 13.1.....                   | 52   |
| Figura 2.17: Gráfico Box-Cox de transformación de datos empleado por el software MINITAB 13.1.....                 | 53   |
| Figura 2.18: Ingreso de datos y selección de gráficos de control en MINITAB 13.1.....                              | 54   |
| Figura 2.19: Ejemplo de gráfico de control X-bar en MINITAB 13.1.....                                              | 54   |
| Figura 2.20: Test de causas especiales de variación positivos en MINITAB 13.1.....                                 | 55   |
| Figura 3.1: Diagrama de Flujo del Proceso Productivo.....                                                          | 57   |
| Figura 3.2: Distribución y secuencia del proceso de producción de Bebidas Gaseosas empleado en AJEVEN C.A.....     | 58   |
| Figura 3.3: Sistema de dosificación y bombeo.....                                                                  | 61   |
| Figura 3.4: Válvula micrométrica de ángulo.....                                                                    | 62   |
| Figura 3.5: Sistema de intercambio térmico en cascada y placas.....                                                | 63   |
| Figura 3.6: Sistema de refrigeración empleando amoníaco.....                                                       | 64   |
| Figura 3.7: Ciclo de refrigeración de Amoniaco.....                                                                | 66   |
| Figura 3.8: Condensador evaporativo del sistema de refrigeración.....                                              | 67   |
| Figura 3.9: Sistema carbonatador de bebidas.....                                                                   | 70   |
| Figura 3.10: Diagrama de instrumentación y tuberías del sistema de preparación de bebidas Crown.....               | 73   |
| Figura 3.11: Ciclo de llenado de Botellas.....                                                                     | 77   |
| Figura 3.12: Partes constituyentes de la válvula de llenado.....                                                   | 78   |



|              |                                                                                                                                              |            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 3.13: | Fases de llenado de botella.....                                                                                                             | Pág.<br>81 |
| Figura 4.1:  | Volúmenes de control establecidos en el sistema de preparación y envasado.....                                                               | 96         |
| Figura 4.2:  | Volumen de control establecido para el sistema de mezcla y determinación de la relación de dilución.....                                     | 100        |
| Figura 4.3:  | Ciclo estándar y real de compresión de vapor en el diagrama presión-entalpía.....                                                            | 107        |
| Figura 4.4:  | Respuesta esperada para el controlador de nivel en el sistema de enfriamiento.....                                                           | 108        |
| Figura 4.5:  | Volumen de control establecido para el sistema de enfriamiento.....                                                                          | 111        |
| Figura 4.6:  | Dimensionamiento de tanques de preparación de jarabe terminado.....                                                                          | 116        |
| Figura 4.7:  | Volúmenes de cabezas o tapas.....                                                                                                            | 117        |
| Figura 4.8:  | Dimensionamiento de los tanques de agua y carbonatación.....                                                                                 | 118        |
| Figura 4.9:  | Vaciado de tanques de preparación.....                                                                                                       | 119        |
| Figura 4.10: | Llenado de tanques de recepción de agua en las líneas de producción.....                                                                     | 120        |
| Figura 4.11: | Perfil de velocidades involucrados en la estimación del caudal de drenaje de agua en la planta de tratamiento.....                           | 124        |
| Figura 4.12: | Transporte del fluido (agua) en el canal abierto.....                                                                                        | 126        |
| Figura 4.13: | Relación de áreas productos conformes y no conformes en función de la distribución de frecuencias.....                                       | 131        |
| Figura 4.14: | Etapas y variables que intervienen en el diseño de experimentos.....                                                                         | 133        |
| Figura 4.15: | Análisis de sensibilidad económico.....                                                                                                      | 138        |
| Figura 5.1:  | Productos no conformes en centros de distribución.....                                                                                       | 140        |
| Figura 5.2:  | Diagrama de Pareto de no conformidades en CEDIS.....                                                                                         | 141        |
| Figura 5.3:  | Diagrama Ishikawa de falta de hermeticidad y pérdida de CO <sub>2</sub> .....                                                                | 145        |
| Figura 5.4:  | Diagrama Ishikawa de nivel de llenado fuera de especificación.....                                                                           | 146        |
| Figura 5.5:  | Productos no conformes en el formato Big Cola 3100 mL generados en proceso en el período de evaluación Abril-Agosto 2005.....                | 148        |
| Figura 5.6:  | Diagrama de Pareto de no conformidades generadas en el área de llenado-ensado durante el período de evaluación Abril-Agosto 2005.....        | 149        |
| Figura 5.7:  | Producto no conforme generado en el área de llenado por línea de producción durante los meses Abril - Agosto 2005.....                       | 150        |
| Figura 5.8:  | Producto no conforme por °Brix fuera de especificación producido en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril-Agosto 2005)..... | 150        |
| Figura 5.9:  | Producto no conforme por carbonatación en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril-Agosto 2005).....                           | 151        |
| Figura 5.10: | Producto no conforme por contenido neto en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril-Agosto 2005).....                          | 151        |
| Figura 5.11: | Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación de la carbonatación de bebidas en las líneas 3 y 4.....     | 155        |

|                                                                                                                                                                                            | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 5.12: Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de carbonatación en bebidas para la línea de producción 3 de Big Cola 3100 mL.....                                         | 156  |
| Figura 5.13: Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de carbonatación en bebidas para la línea de producción 4 de Big Cola 3100 mL.....                                         | 157  |
| Figura 5.14: Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias de carbonatación en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.....                                   | 159  |
| Figura 5.15: Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación de °Brix de bebidas en las líneas 3 y 4.....                                                 | 161  |
| Figura 5.16: Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de los azúcares disueltos en bebidas para la línea de producción 3 de Big Cola 3100 mL.....                                | 162  |
| Figura 5.17: Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de los azúcares disueltos en bebidas para la línea de producción 4 de Big Cola 3100 mL.....                                | 163  |
| Figura 5.18: Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias de azucares disueltos en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.....                              | 165  |
| Figura 5.19: Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación del volumen de llenado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.....            | 167  |
| Figura 5.20: Llenado de cámaras volumétricas en el sistema de envasado ALSIM– ASMOJET–SIDEL.....                                                                                           | 168  |
| Figura 5.21: Estudio de capacidad de procesos para el volumen de llenado de Big Cola 3100 mL en la línea de producción 3.....                                                              | 170  |
| Figura 5.22: Estudio de capacidad de procesos para el volumen de llenado de Big Cola 3100 mL en la línea de producción 4.....                                                              | 171  |
| Figura 5.23: Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias del volumen de llenado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.....                             | 172  |
| Figura 5.24: Evaluación de la efectividad de las correcciones y ajustes del volumen de llenado en la línea de producción 3.....                                                            | 174  |
| Figura 5.25: Evaluación de la efectividad de las correcciones y ajustes del volumen de llenado en la línea de producción 4.....                                                            | 175  |
| Figura 5.26: Comparación de volúmenes de llenado antes y después de la evaluación y mejora de las líneas 3 y 4.....                                                                        | 176  |
| Figura 5.27: Variación de las condiciones de presión de amoníaco en el evaporador y respuesta de la temperatura de la bebida en el sistema de enfriamiento de la línea de producción 3..   | 179  |
| Figura 5.28: Variación de las condiciones de presión de amoníaco en el evaporador y respuesta de la temperatura de la bebida en el sistema de enfriamiento de la línea de producción 4..   | 179  |
| Figura 5.29: Comportamiento de la temperatura de salida del producto terminado en los meses de evaluación de las líneas 3 y 4 de producción de Big Cola 3100 mL (Julio – Agosto 2005)..... | 181  |

|                                                                                                                                                                                              | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 5.30: Comparación de temperaturas del refrigerante y la bebida en las líneas 3 y 4 de producción de Big Cola 3100 mL ( $^{\circ}\text{C} = \text{T} - 273,15$ ).....                  | 182  |
| Figura 5.31: Gráficos de comportamiento de la presión de alimentación de $\text{CO}_2$ a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).....              | 184  |
| Figura 5.32: Gráficos de comportamiento de la presión de $\text{CO}_2$ de inyección a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).....                 | 184  |
| Figura 5.33: Gráficos de comportamiento de la presión de $\text{CO}_2$ de carbonatación a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).....             | 185  |
| Figura 5.34: Gráficos de comportamiento de la presión de $\text{CO}_2$ del tanque de la llenadora a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).....   | 185  |
| Figura 5.35: Gráficos de comportamiento de la altura de nivel de líquido del tanque de la llenadora a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005)..... | 186  |
| Figura 5.36: Gráfico comparativo de las presiones de operación de Carbonatación y llenado de bebidas gaseosas en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL .....                    | 187  |
| Figura 5.37: Variación teórica del coeficiente de absorción de $\text{CO}_2$ en función de la temperatura de equilibrio.....                                                                 | 189  |
| Figura 5.38: Variación teórica del coeficiente de absorción de $\text{CO}_2$ en función de la presión de equilibrio.....                                                                     | 190  |
| Figura 5.39: Variación teórica del coeficiente de absorción de $\text{CO}_2$ en función de la concentración de azúcares.....                                                                 | 191  |
| Figura 5.40: Gráfico comparativo de las concentraciones reales y teóricas de gas carbónico en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.....                                        | 192  |
| Figura 5.41: Comparación de las concentraciones de azúcares y densidades de los jarabes de preparación y productos terminados.....                                                           | 192  |
| Figura 5.42: Viscosidades absolutas de jarabes y bebidas.....                                                                                                                                | 195  |
| Figura 5.43: Curva de dilución Agua-Jarabe y variación del índice de azúcares disueltos en la bebida.....                                                                                    | 196  |
| Figura 5.44: Variación del índice de azúcares disueltos y la densidad de la bebida experimental y teórica.....                                                                               | 197  |
| Figura 5.45: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 100 bpm.....                                                              | 198  |
| Figura 5.46: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 110 bpm.....                                                              | 199  |
| Figura 5.47: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 115 bpm.....                                                              | 199  |
| Figura 5.48: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 100 bpm.....                                                              | 199  |

|                                                                                                                                                                      | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 5.49: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 110 bpm.....                                      | 200  |
| Figura 5.50: Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 115 bpm.....                                      | 200  |
| Figura 5.51: Número de ciclos de operación de los sistemas de bombeo por hora de producción en las líneas 3 y 4.....                                                 | 202  |
| Figura 5.52: Gráfico comparativo de los flujos volumétricos del sistema de preparación a diferentes velocidades de llenado en las líneas 3 y 4.....                  | 203  |
| Figura 5.53: Respuesta del sistema de enfriamiento y alimentación de cargas térmicas en la línea de producción 3.....                                                | 205  |
| Figura 5.54: Respuesta del sistema de enfriamiento y alimentación de cargas térmicas en la línea de producción 4.....                                                | 206  |
| Figura 5.55: Eficiencias de enfriamiento en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL                                                                       | 208  |
| Figura 5.56: Principales entradas y salidas de materias primas, productos en proceso y producto terminado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL..... | 210  |
| Figura 5.57: Red de alimentación de agua a las líneas de producción 3, 4 y 5.....                                                                                    | 212  |
| Figura 5.58: Variación de los caudales de alimentación de agua en la red de distribución a las líneas 3, 4 y 5.....                                                  | 213  |
| Figura 5.59: Gráfico comparativo de los caudales requeridos por el sistema de mezcla y los caudales alimentados a la línea de producción 3 y 4                       | 214  |
| Figura 5.60: Comparación de tiempos muertos por deficiencia de caudal de alimentación de agua en las líneas de producción 3 y 4 (Mayo-Agosto).....                   | 216  |
| Figura 5.61: Comparación de tiempos muertos por deficiencia de caudal de alimentación de agua y jarabe terminado en las líneas de producción 3 y 4.....              | 217  |
| Figura 5.62: Comparación de los flujos volumétricos de bebida y CO <sub>2</sub> en el sistema carbonatador de las líneas de producción 3 y 4.....                    | 219  |
| Figura 5.63: Comparación de los flujos másicos de bebida y CO <sub>2</sub> en el sistema carbonatador de las líneas de producción 3 y 4.....                         | 219  |
| Figura 5.64: Comparación de los consumos por líneas de producción y de las pérdidas inherentes al proceso.....                                                       | 228  |
| Figura 5.65: Relación de consumos y pérdidas de gas carbónico en el proceso productivo de las líneas 3, 4 y 5.....                                                   | 229  |
| Figura 5.66: Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL. (21/02/2006).....                                             | 231  |
| Figura 5.67: Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL. (22/02/2006) .....                                            | 232  |
| Figura 5.68: Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL. (23/02/2006) .....                                            | 232  |

|                                                                                                                                                                 | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 5.69: Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL. (26/02/2006) .....                                       | 234  |
| Figura 5.70: Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL. (27/02/2006) .....                                       | 235  |
| Figura 5.71: Distribución de la producción de Big Cola 3100 mL entre las líneas 3 y 4.....                                                                      | 236  |
| Figura 6.1: Interconexión actual y propuesta entre las unidades de carbonatación y llenado de la línea de producción 3.....                                     | 246  |
| Figura 6.2: Interconexión actual y propuesta entre las unidades de carbonatación y llenado de la línea de producción 4.....                                     | 246  |
| Figura 6.3: Tipos de placa de orificios y usos más comunes.....                                                                                                 | 254  |
| Figura 6.4: Tubo Venturi.....                                                                                                                                   | 255  |
| Figura 6.5: Flujometro electromagnético.....                                                                                                                    | 255  |
| Figura 6.6: Flujometro de turbina.....                                                                                                                          | 256  |
| Figura 6.7: Rotámetro.....                                                                                                                                      | 256  |
| Figura 6.8: Representación gráfica del análisis de sensibilidad.....                                                                                            | 268  |
| Figura B.1: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005.....      | 344  |
| Figura B.2: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005.....     | 345  |
| Figura B.3: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005..... | 346  |
| Figura B.4: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005.....    | 347  |
| Figura B.5: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005.....      | 350  |
| Figura B.6: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005.....     | 351  |
| Figura B.7: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005..... | 352  |
| Figura B.8: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005.....    | 353  |
| Figura B.9: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005.....              | 356  |
| Figura B.10: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005.....            | 357  |
| Figura B.11: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005.....        | 358  |

|                                                                                                                                                          | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura B.12: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005.....    | 359  |
| Figura B.13: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005.....      | 362  |
| Figura B.14: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005.....     | 363  |
| Figura B.15: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005..... | 364  |
| Figura B.16: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005.....    | 365  |
| Figura B.17: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005.....      | 368  |
| Figura B.18: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005.....     | 369  |
| Figura B.19: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005..... | 370  |
| Figura B.20: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005.....    | 371  |
| Figura B.21: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005.....      | 372  |
| Figura B.22: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005.....     | 375  |
| Figura B.23: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005..... | 376  |
| Figura B.24: Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005.....    | 377  |

## INTRODUCCIÓN

La empresa AJEVEN C.A. perteneciente al grupo AJEGROUP, expandido por Latinoamérica en Venezuela, Perú (AJEPER), Ecuador (AJECUADOR), Costa Rica (AJECEN) y México (AJEMEX), en más de once plantas procesadoras de bebidas y agua envasada, con las marcas Big Cola, First, KR, Sporade y Agua Cielo, compete en el amplio y diversificado mercado de bebidas con sus variados productos y amplia gama de presentaciones. La organización reconoce la importancia de elaborar productos de calidad a bajo costo, orientada a la mejora continua de sus procesos y gestión de calidad acorde a las exigencias del cliente; por consiguiente al ser detectada cualquier oportunidad de mejora relacionada con la satisfacción del cliente, invierte en el desarrollo de trabajos de investigación como el presente, en beneficio de la relación empresa-universidad y la mejora del proceso productivo.

La investigación planteó como objetivo general, ***evaluar y mejorar las líneas de producción 3 y 4 de elaboración de bebidas gaseosas en AJEVEN C.A.***, desarrollando seis objetivos específicos, los cuales comprendieron: en primer lugar, el diagnóstico de la situación actual del proceso empleando información secundaria obtenida de los registros de planta, observación directa y consulta con el personal operativo; seguidamente, el segundo objetivo comprendió la fase de medición y análisis cuantitativo de parámetros críticos, empleando el control estadístico y la evaluación de cada unidad. El tercer objetivo, se planteó la realización del balance de masa de las principales materias primas, correspondientes a CO<sub>2</sub>, azúcar y agua, de tal manera de establecer en un cuarto objetivo, las mejores condiciones de operación del proceso en relación a los fenómenos evaluados y el comportamiento exhibido del proceso. El quinto objetivo, permitió evaluar las propuestas que requieren de inversión por parte de la organización, llevando a cabo el análisis de rentabilidad económico de la propuesta. Por último, se elaboró una herramienta desarrollada a partir de las evaluaciones y la revisión del personal involucrado en el área, donde se indicaron los parámetros críticos de operación y las acciones a tomar en caso de desviación, plasmadas a través de un plan de calidad y una tabla de acciones.

El trabajo de grado esta dividido en siete capítulos, en los cuales para el primer capítulo se detalla el planteamiento del problema, comprendiendo desde el origen de la investigación hasta la situación deseada con la ejecución de la misma. El segundo capítulo presenta el soporte teórico y referencial de la investigación, seguido del capítulo III, el cual describe a detalle el proceso productivo del área de llenado. El capítulo IV establece la estrategia metodológica de la investigación.

El capítulo V comprende el análisis de las evaluaciones realizadas, seguido del capítulo VI en el cual se establecen las propuestas de mejora; en el capítulo VII se presenta el plan de la calidad desarrollado a partir de las evaluaciones realizadas. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A continuación se presenta la problemática que da origen al trabajo especial de grado, formulando la situación actual y la situación deseada que se requiere obtener con la investigación, argumentando los beneficios consecuentes de la misma y las limitantes que surgen durante su ejecución.

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:**

La industria de bebidas gaseosas en Venezuela ha crecido y diversificado desde la década pasada hasta nuestros días; actualmente existen en el mercado una gran variedad de productos con una amplia gama de presentaciones, marcas y sabores, de gran demanda y dirigidas a todos los sectores de la población.

La empresa AJEVEN C.A. perteneciente al grupo AJEGROUP, es una de las once plantas procesadoras de bebidas gaseosas y de agua natural envasada ubicada en Venezuela, en la ciudad de Valencia, urbanización industrial El Recreo del estado Carabobo; el resto se encuentran en otros países: en la ciudad de Puebla, México, en la ciudad de Machala, Ecuador, y en Costa Rica, contando cada país con una planta procesadora de bebidas, y siete plantas distribuidas en las ciudades de Lima, Huaura, Sullana, Trujillo y Arequipa, en Perú, país de origen de la organización y de la marca conocida como Kola Real (KR), la cual incursiona en el mercado venezolano con sus productos Kola Real, First y Big Cola en el sector de bebidas gaseosas, la marca Agua Cielo en el mercado de agua potable y la marca Sporade en el mercado de bebidas para deportistas.

El proceso de bebidas gaseosas inicia con la extracción del agua subterránea y sus tratamientos físico-químicos, para la preparación del jarabe terminado y su utilización como agua de proceso. El jarabe terminado es elaborado a partir de jarabe simple (agua-azúcar), al cual se agregan aditivos químicos y saborizantes artificiales

dentro de las especificaciones exigidas para la producción de cada bebida. Posteriormente ingresa al área de llenado desde los tanques de alimentación; esta área cuenta con 5 líneas de producción para diferentes formatos y sabores, de acuerdo a la programación establecida.

Además, en el Área de Llenado el proceso para cada línea se lleva a cabo en 4 etapas: Mezcla (agua-jarabe terminado), enfriamiento (empleando refrigerante de amoníaco), sistema de carbonatación y llenado/encapsulado (envases PET y tapas plásticas con sello hermético)

Las principales etapas del proceso, pueden ser identificadas a partir del siguiente diagrama de flujo:

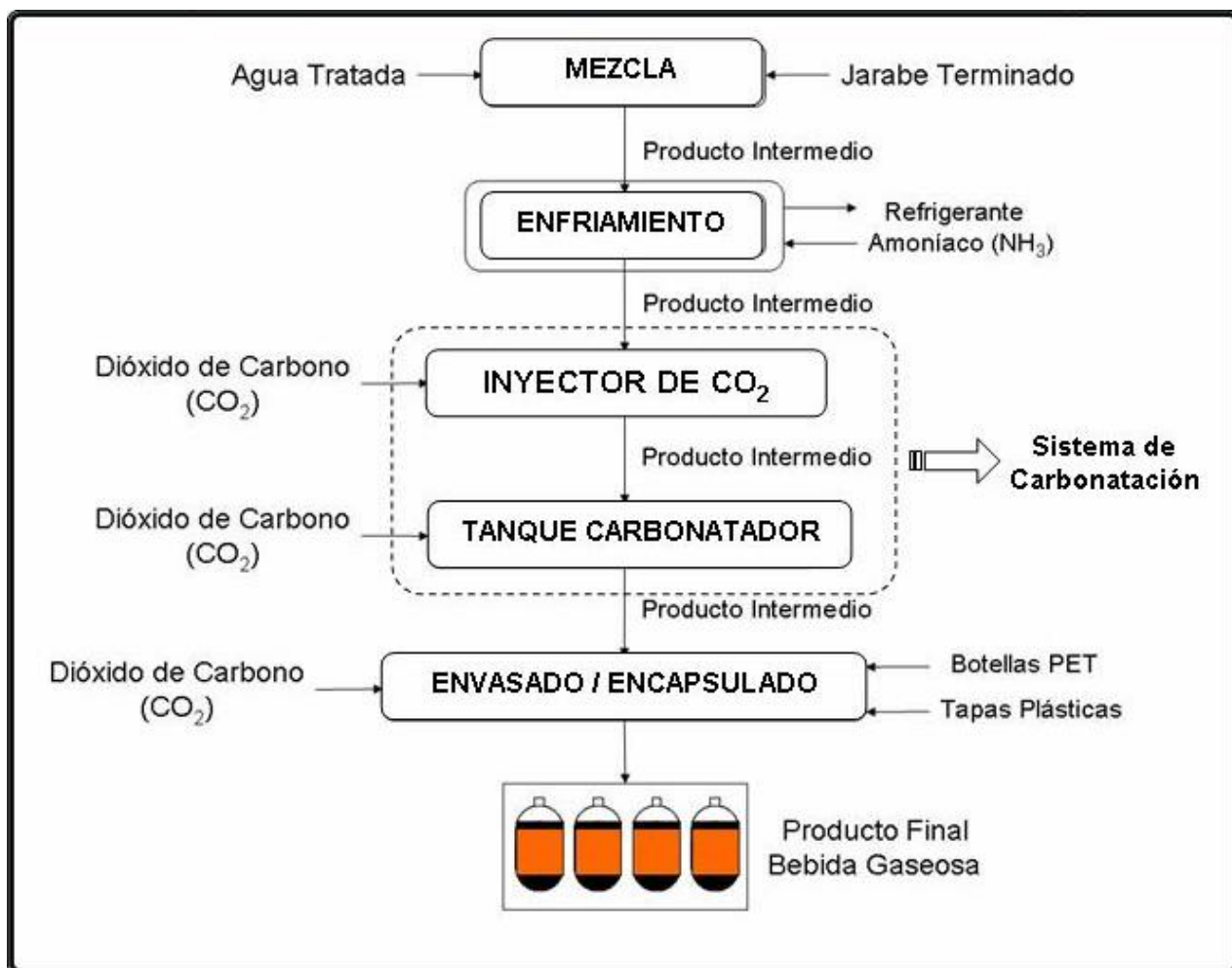


Figura 1.1. Diagrama de Flujo del Área de Llenado

El producto terminado es frecuentemente evaluado por el departamento de aseguramiento de la calidad, realizando muestreos de acuerdo al volumen de producción, analizando las características microbiológicas y físico-químicas involucradas y su comportamiento respecto a las especificaciones. Entre las características microbiológicas examinadas se encuentran: recuento total de bacterias, presencia de mohos y levaduras, presencia de pseudomonas y presencia de coliformes.

Dentro de las propiedades físico-químicas evaluadas al producto terminado se encuentran: índice de azúcares totales (°Brix), volumen de carbonatación (volumen de dióxido de carbono disuelto por unidad de volumen del producto), grado de acidez; además se evalúan características físicas del producto tales como nivel de llenado de la botella, capsulado (torque, hermeticidad, evaluaciones de la tapa y precinto), evaluación del etiquetado y evaluación de la codificación.

Cada uno de los parámetros antes mencionados dispone de una especificación y un procedimiento de evaluación normalizado, y están directamente relacionados al proceso llevado a cabo en el área de llenado e influyen directamente en la apreciación del cliente acerca del producto.

La planta ubicada en el país, se encuentra orientada bajo los principios de gestión de calidad, mejorando continuamente el desempeño de todos sus procesos productivos de acuerdo al modelo de gestión descrito en la serie de normas ISO 9000:2000, para ello dispone de un departamento de mejora continua, el cual actualmente se encarga de implementar el Sistema Kaizen.

Kaizen es una palabra japonesa que significa “mejora continua, gradual y ordenada” y es una cultura que se centra en la eliminación de los desperdicios en los sistemas y procesos de una organización.

El departamento de aseguramiento de la calidad, es el encargado de hacer cumplir los estándares y especificaciones (normas de calidad), en lo concerniente a

materias primas, proceso y producto terminado esencialmente. Este departamento, en conjunto con el departamento de mejora continua han detectado un incremento en la cantidad de productos no conformes y mermas o desperdicios en el área, en las líneas de producción de mayor capacidad asociadas al control de las variables del proceso, generando gran variabilidad de las especificaciones de calidad del producto terminado, aumento en los consumos de materias primas, lo cual produce a mediano y largo plazo, un incremento de los costos de producción. En consecuencia, el proceso ha de ser evaluado, analizado, mejorado y controlado, con un seguimiento continuo de las alternativas implantadas, orientadas a la disminución de productos no conformes y mermas de proceso que aporte la mejor relación costo-beneficio.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los productos no conformes y mermas de procesos, son para la industria de alimentos factores que deben ser estrictamente controlados, ya que están asociados directamente a la percepción del cliente final sobre el producto que se ofrece, y a los costos de operación de la planta; ambos factores son origen del presente trabajo de investigación. A continuación se describe la problemática actual y el escenario al cual se desea llegar.

### **1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Las líneas 3 y 4 manejan gran volumen de producción, y se encargan de la elaboración del producto de mayor demanda. Se ha detectado un incremento de productos no conformes en los centros de distribución de la empresa, de los cuales, un 80% corresponden a fallas en el volumen de carbonatación, nivel de llenado y botellas explotadas, y en su mayoría pertenecen a la línea de producción 3 y están asociados a su control de procesos. Además, se conoce de manera esencial la influencia de las variables de proceso en la calidad del producto terminado y no existe registro de cual de ellas debe ser estrictamente controlada, lo cual no permite determinar el origen de las

variaciones de las especificaciones de calidad que correspondan directamente a las condiciones operacionales del proceso.

De continuar la situación descrita, los costos operacionales incrementan y se ve afectada la calidad de los productos ofrecidos, colocando en situación de riesgo la confiabilidad y credibilidad de la empresa, debido a que existe la posibilidad que productos fuera de especificación lleguen a manos del cliente final.

### **1.2.2 SITUACIÓN DESEADA:**

AJEVEN C.A. requiere disponer de un control de procesos rígido que asegure la calidad de todos sus productos y permita detectar desviaciones a tiempo, a fin de tomar acciones correctivas (corto plazo), preventivas (mediano y largo plazo) y de mejora continua de todos sus procesos productivos.

A partir de las evaluaciones planteadas a las líneas de producción 3 y 4, se permitirá establecer la influencia de las variables de proceso en la calidad del producto terminado, detectar los puntos críticos del proceso que deben ser controlados y mejorar la eficiencia de cada unidad involucrada, a objeto de proponer alternativas para reducir los costos de producción y asegurar la calidad del producto terminado, mediante la implementación de un control efectivo del proceso.

La investigación tiene por alcance determinar las mejores condiciones de operación que aseguren la calidad del producto en las líneas de producción 3 y 4, el aumento del rendimiento del uso de materias primas analizando cada unidad del proceso, propuestas de muestreo en líneas, correcciones y ajustes del sistema de preparación de bebidas gaseosas, y la posibilidad de incorporar los cambios propuestos al resto de las líneas de producción.

### **1.3 OBJETIVOS:**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar las líneas de producción 3 y 4, con el propósito de mejorar la calidad del producto terminado.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Diagnosticar el proceso productivo del Área de Llenado, a fin de reconocer la situación actual del proceso y de las unidades involucradas, a partir de la revisión de manuales e instrucciones de operación, entrevistas a los operadores y observación directa.
2. Analizar cuantitativamente las variables involucradas en el proceso de producción y su influencia en la calidad del producto terminado con el propósito de detectar puntos críticos no controlados, mediante el control estadístico y la evaluación de las unidades del sistema.
3. Determinar el consumo de dióxido de carbono, jarabe terminado y agua aplicando balances de masa al proceso, con el objeto de cuantificar los consumos y las pérdidas de masa.
4. Establecer las mejores condiciones del proceso, con la intención de definir nuevos parámetros que aseguren la calidad del producto, a partir de los análisis efectuados.
5. Establecer y seleccionar alternativas de solución considerando criterios tanto técnicos como económicos, con el objeto de reducir los productos no conformes y pérdidas de materia en las líneas de producción 3 y 4.
6. Elaborar un procedimiento de acciones correctivas en caso de fallas, a fin de disponer de las actividades que se deben ejecutar en presencia de desviaciones y puntos fuera de control en el proceso.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN:**

AJEVEN C.A. requiere detectar los puntos críticos del proceso que generan productos no conformes y mermas, por lo tanto es necesario determinar la influencia de las variables involucradas en las materias primas, proceso y en la calidad del producto terminado, y cual de ellas lo afecta significativamente. Además, al disponer de un plan de acciones correctivas, permite capacitar al personal del área de llenado sobre la influencia de las condiciones operacionales en la calidad del producto. Las mejoras y propuestas del proceso productivo del área de llenado garantizan la reducción de los productos no conformes y mermas, y aseguran un producto terminado de alta calidad, involucrando en las mismas un equipo multidisciplinario encargado de evaluarlas e implementarlas, como son los departamentos de aseguramiento de la calidad, mantenimiento, producción y mejora continua, permitiendo el intercambio de conocimientos y criterios en búsqueda del aseguramiento de la calidad del producto a bajos costos de operación.

La presente investigación dispone de bases metodológicas para el cumplimiento de los objetivos planteados, así como la implementación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en el área de Ingeniería Química y en el área de producción de alimentos, específicamente en el proceso de elaboración de bebidas gaseosas, incorporando nuevo material referencial a la Universidad de Carabobo y la Facultad de Ingeniería, sobre el análisis, evaluación y control de procesos, y el aseguramiento de la calidad a partir de la mejora continua, válido para la industria alimenticia o base para futuras investigaciones.

#### **1.5 LIMITACIONES:**

La información debe ser controlada de acuerdo al material confidencial de la empresa. Algunos parámetros deben ser expresados a partir de indicadores o cualquier relación que de indicio de la variable que se evalúa, pero no sus valores puntuales.

Se requiere de un sistema de medición, el cual debe ser calibrado y además se deben incorporar nuevos equipos en lo que respecta a la medición de las variables de proceso. Los ensayos experimentales requieren de equipos del Departamento de Aseguramiento de la Calidad, los cuales no pueden ser ejecutados al momento de la toma de muestras y se llevarán a cabo por el autor y el personal del departamento. Además deben ser empleados los registros históricos del área, los cuales han sido recopilados por los supervisores y operarios del proceso, por consiguiente se ha de confiar en los mismos.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

En el siguiente capítulo se presentan las bases y fundamentos teóricos que sustentan el trabajo de grado, desde conceptos básicos hasta detalles de fenómenos involucrados y las principales leyes que los rigen; se sustentan las bases metodológicas y se relaciona el trabajo de grado con investigaciones afines realizadas por diversos autores.

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

A continuación se presenta de forma resumida investigaciones previas y su relación metodológica y de contenido al trabajo de grado, así como los principales objetivos alcanzados y sus conclusiones.

2.1.1 CHACÓN L. (2003): **“Mejoramiento del sistema de tratamiento de agua potable para envasar utilizado en PANAMCO planta Maracay S.A.”**. PANAMCO VENEZUELA S.A. “planta Maracay”. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

El objetivo principal de este trabajo fue mejorar el sistema de tratamiento de agua potable para envasar empleando barreras múltiples según las especificaciones exigidas a PANAMCO S.A. “planta Maracay”. Se llegó a la conclusión que para mejorar el sistema completo se deben conocer todos los parámetros a controlar y además deben existir criterios únicos para realizar los análisis, los cuales presentan una frecuencia más estricta que las exigidas a la planta, y las fallas en su realización hace que no se pueda controlar los parámetros a tiempo y se descontrole todo el sistema. Se estableció la dosificación óptima de cal y polihidróxido en el coagulador, así como la variación de pH y turbidez para un caudal de operación y una agitación adecuada.

Entre las similitudes de este trabajo al anterior, se encuentra que mediante evaluaciones del sistema se logra determinar las condiciones bajo las cuales el sistema

opera eficientemente, de acuerdo a los parámetros estudiados, asegurando que el producto que se ofrece cumpla con las especificaciones de calidad. Desde el punto de vista metodológico la investigación anterior emplea herramientas de análisis sencillas para la determinación de los puntos control y frecuencias de muestreo, mientras que para la investigación en desarrollo se requiere de métodos estadísticos, gráficos de control y el diseño experimental para la determinación de las variables críticas y su incidencia en el producto terminado, que permitan definir un plan de acciones correctivas y propuestas de mejoras en el proceso productivo.

2.1.2 ORDUZ E. (2002): **“Mejoramiento del proceso de llenado en la cervecería Polar del Centro C.A.”**. Cervecería Polar del Centro (CEPROCENTRO). Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

Este trabajo de grado presenta como objetivo primordial el mejoramiento del proceso de llenado en la cervecería Polar del Centro, con el propósito de reducir la cantidad de productos fuera de especificación en volumen de llenado, contenido de oxígeno y contenido de dióxido de carbono. Inicialmente se verificó la relación entre los efectos anteriormente mencionados, y luego el estudio se enfocó en la evaluación del factor predominante, volumen de llenado. Se realizó una evaluación previa del proceso y se determinó la necesidad de un programa de mantenimiento de equipos fuera de servicio y calibración de los existentes para el registro real de las condiciones de operación. Las condiciones óptimas de operación de las llenadoras fueron las principales variables a ser analizadas. Se demostró con la ejecución de esta investigación que las principales causas de rechazos en el proceso se debe a la carencia de mantenimiento preventivo y la arbitrariedad de las condiciones de operación de los equipos de llenado, las cuales fueron establecidas luego de haberse llevado a cabo el mantenimiento preventivo de los equipos.

La principal relación entre esta investigación y el trabajo anterior, es la similitud existente en la operación de los equipos de llenado tanto para bebidas gaseosas (ALSIM) existentes en planta, como para cervezas (Krones), que emplean contrapresión

de dióxido de carbono para el llenado de las bebidas y sostenimiento de la carbonatación en cada una. Una de las fallas que se acomete con el trabajo anterior es el nivel de llenado de producto, el cual es uno de los factores a corregir por la presente investigación, así como la pérdida de dióxido de carbono en el producto, cuyo método de muestreo es similar al de bebidas gaseosas.

2.1.3 CASTRO, L. (2002): **“Mejoramiento del proceso de producción de cintas autoadhesivas en 3M MANUFACTURERA VENEZUELA”**. 3M MANUFACTURERA VENEZUELA S.A. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

El presente trabajo plantea tres objetivos generales, el primero de ellos es el mejoramiento de la producción a través de la evaluación de una nueva materia prima con la finalidad de obtener un producto de calidad a menor costo. El segundo, es minimizar la variabilidad existente en el comportamiento de las variables críticas actuales en el proceso productivo, y por último, desarrollar un nuevo producto que satisfaga las exigencias del cliente e incremente la productividad del área. Como conclusiones de los resultados mas relevantes se determina que existe un adhesivo que no es apto para ser sustituto del adhesivo actual empleado en el proceso; para reemplazar el sustrato utilizado en el proceso se emplearon consideraciones de costos, propiedades mecánicas y el acabado final de la cinta. A partir de un **“análisis de modos de efectos y fallas de proceso – AMEF”**, se establecieron los posibles modos de fallas más significativos, de acuerdo a su ocurrencia, severidad y detección, determinando que las fallas que influyen mas sobre la variabilidad del proceso se deben al aumento brusco de la temperatura de los platos de la engomadora y la presencia de rollos con abultamientos en forma de canales durante el proceso de corte. A partir del diseño de experimentos se determinó el peso óptimo de silicón a aplicar en la cinta para pañales, originando una mínima transferencia de silicón a la misma.

Las herramientas de análisis empleadas para minimizar la variabilidad en el comportamiento de los parámetros críticos son el primer punto de comparación, debido

a la necesidad del trabajo anterior y del actual de definir las especificaciones de procesos óptimas que aseguren la calidad del producto, mediante la evaluación directa del proceso empleando técnicas similares. La presente investigación requiere de una evaluación exhaustiva de las condiciones de operación, que permita definir el control de procesos y control de desperdicios, que aseguren el aumento de la productividad y la calidad del producto terminado, estableciendo un sólo objetivo global de mejora del proceso productivo.

2.1.4 ROJAS L, y PÍO E. (2002): **“Planeamiento de la producción de bebidas gaseosas mediante la simulación”**. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Lima. Perú.

La investigación tiene por objetivo simular el proceso de bebidas gaseosas para la planeación de la producción. Inicia con una descripción del proceso productivo y los parámetros que se requieren para el control de la producción y de la calidad, así como la fuerza laboral en el proceso y el propósito de cada operario en su respectiva área y los instructivos de trabajo que deben existir en cada una. Además se indican las relaciones de velocidades de producción específicas para el proceso que se lleva a cabo en cada etapa simulada.

La investigación anterior sirve de marco conceptual del proceso productivo, ya que en ella se indican especificaciones de proceso y frecuencias de muestreo de materias primas, proceso y producto terminado, que permiten establecer similitudes entre el proceso expuesto y el descrito en la investigación anterior.

2.1.5 MARTÍNEZ A. y RÍOS M. (2001): **“Evaluación y mejoramiento de la línea de producción de colados en la industrias de alimentos HEINZ C.A.”**. Alimentos HEINZ C.A. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

El objetivo general de la investigación fue evaluar y mejorar el proceso de producción de colados de la industria de Alimentos HEINZ. La investigación inicia con

un diagnóstico del proceso a fin de detectar fallas y carencias, análisis de especificaciones de materias primas, procesos y producto terminado a partir de auditorías internas, identificación de las variables que afectan el proceso de producción y determinación de la efectividad de la línea. En primer lugar se tiene como conclusión que la calidad del producto final se ve afectada por paradas de líneas y cuellos de botellas en el sistema, y son factores que retrasan la producción. Es indispensable que las bandas transportadoras de la línea trabajen a la misma velocidad para evitar cuellos de botella que incidan en la efectividad, y existen equipos de procesos que no son operados a las condiciones adecuadas. Los formatos existentes no se encontraban actualizados y su rediseño, tomando en cuenta la mejora continua de las especificaciones, fija de forma precisa los parámetros de cumplimiento de los estándares. La mayor pérdida de producto ocurre por drenaje del mismo al final de la producción y por llenado de envases fuera de especificación, disminuyendo la efectividad. La sincronización de las etapas permite obtener un aumento considerable de la efectividad.

Las principales similitudes de este trabajo al anterior, se presentan en el uso de indicadores de efectividad para el proceso, que permiten definir los parámetros y procedimientos a seguir para el control de desperdicios y proceso. Además, al evaluar y analizar los formatos existentes permite detectar puntos no controlados en el proceso que implica diseño y rediseño de los mismos, lo cual aplica en ambos trabajos de investigación. En el presente trabajo sólo serán propuestas las alternativas de mejora considerando factores técnico y económicos.

2.1.6 MARTÍNEZ N. y PEDONOMO M. (1998): **“Mejoramiento de una línea de producción de harina de trigo mediante el uso de herramientas estadísticas de control”**. MONACA. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

El objetivo general de la investigación fue disminuir la generación de productos fuera de especificaciones a través de herramientas estadísticas de control. El proceso es evaluado y analizado estableciendo las variables de control y sus condiciones

iniciales, normalizando procedimientos de control a partir de la elaboración de manuales y evaluación de los cambios experimentados por el proceso en respuesta a la aplicación de herramientas estadísticas de control. Entre los resultados mas resaltantes se encuentran que en la etapa de diagnóstico los desperdicios o productos fuera de especificaciones a nivel de procesos representan un 24% y de producto terminado un 38%. La aplicación de herramientas estadísticas generó una disminución de los productos fuera de especificación de 32% para productos en proceso y 40% para el producto terminado, disminuyendo los rechazos a nivel del producto terminado en un 30%.

El empleo de herramientas estadísticas para la evaluación del proceso, es la principal similitud del presente trabajo al anterior, ya que se requiere a partir de las mismas determinar las causas y/o condiciones que contribuyen a la existencia a la generación de productos fuera de especificación y desperdicios de procesos, mediante el empleo de cartas de control e indicadores de desempeño. Los métodos empleados en el trabajo anterior, sirven de referencia conceptual y metodológica para la investigación. El fundamento del control estadístico y su aplicación es la base para el diagnóstico de la situación actual de la investigación en desarrollo, el cual en conjunto con las evaluaciones físico-químicas apoyadas en la aplicación de métodos normalizados COVENIN, y el diseño experimental, amplía la base metodológica de la investigación y es la principal diferencia respecto a la investigación anterior.

## **2.2 MARCO TEÓRICO:**

Seguidamente, se desarrollan los fundamentos teóricos que sustentan el trabajo de grado.

### **2.2.1 INDUSTRIA DE BEBIDAS:**

La industria de bebidas esta compuesta principalmente por dos categorías. La primera categoría la conforma el sector de bebidas alcohólicas el cual incluye tres subgrupos: licores destilados, el vino y la cerveza. La segunda categoría esta compuesta por las bebidas sin alcohol o bebidas analcohólicas, la cual comprende el procesamiento y envasado de agua, zumos de frutas, bebidas malteadas, leche, fabricación de concentrados y jarabes para bebidas gaseosas, el procesamiento y envasado de bebidas gaseosas o carbonatadas, la industria del té y la industria del café. Actualmente un nuevo subgrupo es incorporado a la segunda categoría y esta compuesto por las bebidas rehidratantes o para deportistas denominadas bebidas isotónicas. La industria de bebidas esta ampliamente diversificada a nivel mundial y ha evolucionado en las ultimas décadas. Del amplio mercado disponible, las bebidas gaseosas o carbonatadas han ido proliferando en países en desarrollo y debido a esta expansión han incrementado las necesidades de producción y distribución, y en consecuencia, se han desarrollado avances tecnológicos de los procesos de envasado y de las operaciones de producción, así como la variedad de marcas y productos orientadas a mercados cada día mas exigentes y en cumplimiento estricto del aseguramiento de la calidad del producto y la normatividad ambiental.

### **2.2.2 BEBIDAS GASEOSAS**

#### **2.2.2.1 DEFINICIÓN:**

Son todas aquellas bebidas sin alcohol que se obtienen por disolución de azúcares en agua tratada y adición de dióxido de carbono (anhídrido carbónico),

acidificantes, colorantes naturales o artificiales, preservantes y sabores naturales o artificiales permitidos, sometidas a un proceso tecnológico adecuado para su elaboración. La norma COVENIN 2182-95 establece: “las bebidas gaseosas son productos obtenidos de la disolución de anhídrido carbónico en agua potable, adicionados o no de: edulcorantes, jugos de frutas, concentrados de frutas, sustancias aromáticas y aditivos legalmente permitidos”.

Su procesamiento y elaboración ha evolucionado desde la disolución de sales de carbonatos y bicarbonatos en medios ácidos para proporcionar la efervescencia, hasta las tecnologías actuales de preparación de jarabes y absorción de gas a condiciones controladas para su producción en masa.

#### **2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LAS BEBIDAS GASEOSAS:**

Los componentes principales de las bebidas gaseosas además de agua, azúcar y dióxido de carbono, están constituidas por colorantes y ácidos. Su composición dependerá de la marca comercial y su formulación es de carácter completamente confidencial. A continuación se presentan los parámetros fisicoquímicos, normalmente evaluados en el producto terminado, y que tienen relación directa con el control organoléptico y la apreciación del consumidor, como lo son el dulzor, grado de acidez y efervescencia.

La bebida gaseosa como producto terminado, es evaluada desde el punto de vista organoléptico, microbiológico y fisicoquímico. Debe cumplir los siguientes requisitos (COVENIN 2182:1995):

1. Debe presentar el color, olor y sabor característico
2. No debe contener materias extrañas, tales como fragmentos metálicos, partículas de vidrio u otros.
3. No debe contener insectos o fragmentos de estos, huevos, larvas de insectos.



Los requisitos fisicoquímicos exigidos para cada tipo de bebida gaseosa, se presentan en la Tabla 2.1:

**TABLA 2.1**  
**REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA BEBIDAS GASEOSAS**

| Tipo de Bebida Gaseosa                                 | Sólidos solubles (°Brix) |             | Carbonatación (Vol CO <sub>2</sub> ) |             | Acidez titulable (%) |             | pH          |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|
|                                                        | mín.                     | máx.        | mín.                                 | máx.        | mín.                 | máx.        |             |
| Edulcoradas con edulcorantes nutritivos exclusivamente | 6,00                     | 15,50       | 1,0                                  | 5,0         | 0,003                | 0,500       | ≤ 4,5       |
| Bajas Calorías                                         | NA                       | 0,50        | 1,0                                  | 5,0         | 0,003                | 0,500       |             |
| Calorías reducidas                                     | 0,51                     | 5,50        | 1,0                                  | 5,0         | 0,003                | 0,500       |             |
| Libre de calorías                                      | NA                       | 0,30        | 1,0                                  | 5,0         | 0,003                | 0,500       |             |
| Sodas                                                  | NA                       | 0,30        | 3,0                                  | 5,0         | NA                   | NA          | ≥ 7,0       |
| Método de ensayo                                       | COVENIN 762              | COVENIN 762 | COVENIN 762                          | COVENIN 762 | COVENIN 762          | COVENIN 762 | COVENIN 762 |

**COVENIN 2182:1995**

Los parámetros indicados no son específicos a sabores o formatos, y son aplicables de forma generalizada. Corresponden a un reglamento establecido por el gobierno orientadas a las empresas de elaboración de bebidas. A nivel industrial, se tienen establecidos estándares voluntarios que proporcionan el enlace que hace posible que el reglamento sea eficaz y tenga sentido. Son mucho más flexibles en cuanto a su cumplimiento y permiten tomar acciones efectivas en cuanto el control de parámetros.

En la Tabla 2.2 se presentan los parámetros fisicoquímicos establecidos dentro de la organización:

**TABLA 2.2**  
**ESPECIFICACIONES DE CALIDAD – ESTÁNDARES INTERNOS**

| Tipo de Bebida Gaseosa          | Sólidos solubles (°Brix) |      | Carbonatación (Vol CO <sub>2</sub> ) |      | pH   |      |
|---------------------------------|--------------------------|------|--------------------------------------|------|------|------|
|                                 | mín.                     | máx. | mín.                                 | máx. | mín. | máx. |
| Cola (con enhancer-edulcorante) | 9,0                      | 9,4  | 4,2                                  | 4,6  | 2,6  | 3,0  |
| Cola (sin enhancer)             | 10,3                     | 10,7 |                                      |      |      |      |
| Piña/Naranja                    | 9,2                      | 9,6  | 3,0                                  | 3,4  |      |      |
| Limón                           | 11,2                     | 11,6 | 3,9                                  | 4,3  |      |      |

Fuente: ESPECIFICACIONES AJEVEN

De acuerdo a la clasificación de la Tabla 2.1 y 2.2, las bebidas gaseosas manufacturadas por la organización se deben comparar dentro del primer renglón. Entre sus componentes principales están el agua y la sacarosa, la cual representa el edulcorante natural de mayor abundancia en la naturaleza. Cada estándar se encuentra definido dentro de los rangos permitidos del reglamento y corresponde a las especificaciones dentro de las cuales el proceso productivo debe estar centrado. Los parámetros principales a evaluar de importancia organoléptica y económica para la organización corresponden a los sólidos solubles y al contenido de gas carbónico en el producto, los cuales se ven directamente afectados por las variaciones y fluctuaciones del sistema de preparación.

**a) Azúcares disueltos (°Brix):**

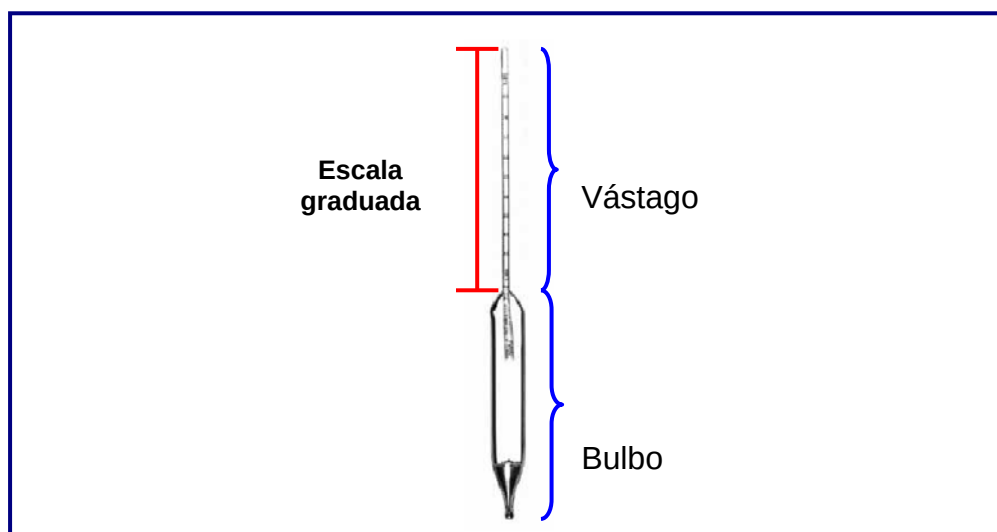
Es una unidad de concentración referida a la cantidad de azúcares disueltos totales expresados como porcentaje másico de sacarosa (% p/p). La **Densidad Brix** es una escala de densidad para azúcar, de manera que un grado de la escala de Brix es equivalente a una solución de sacarosa en agua al 1 % en masa, medida a una temperatura de referencia, por lo general a 20° C. El contenido de sólidos solubles se determina con el índice de refracción o por hidrometría. En productos tales como jarabes de preparación y bebidas, la presencia de otras sustancias sólidas influye en la refracción de la luz. Sin embargo, el índice de refracción y el °Brix son suficientes para

determinar el contenido de sólidos solubles en el producto. La medición de densidad de los líquidos tiene un gran uso para determinar la calidad de un producto, en este caso particular en el contenido de azúcar en bebidas carbonatadas.

### **Método de medición:**

#### **a.1 Hidrómetro de inmersión:**

Los densímetros de inmersión (véase figura 2.1) consisten en un tubo sellado de vidrio, plástico u otro material transparente, con su base en forma de bulbo. Su parte interior dispone de un material de lastre (masa constante) y el resto del cuerpo con forma de espiga o vástago con una escala de medición graduada, de tal manera que al introducir el densímetro flote libremente de manera vertical en un líquido y sobresalga una parte de la espiga, la cual indicará la densidad determinada en función de la altura inmersa en el líquido. Su escala de medición puede tener divisiones en unidades de densidad o en otras unidades derivadas; por ejemplo, en densidad relativa, en peso específico o gravedad específica, en densidad °API, en densidad Baumé, en densidad Brix, y en contenido en volumen o masa de una sustancia determinada. Por lo general disponen de un termómetro interno y un factor de corrección por temperatura que expresa la medición a una temperatura de referencia (20 °C ).



**Figura 2.1 Hidrómetro de inmersión. Partes Constituyentes**  
Fuente: INSTRUCTIVOS DE TRABAJO – AJEVEN 2005

### a.2 Medición del índice de refracción:

El índice de refracción “n”, es un parámetro propio de cada medio que indica el comportamiento de la luz al atravesarlo. Cuando un haz de luz se propaga por un medio e ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción, que consiste en el cambio de dirección del haz. La diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz sirve como medida de dicho índice, y se calcula por la siguiente ecuación (Alonso M.1999):

$$n = \frac{C_0}{v} \quad (2.1)$$

Donde:

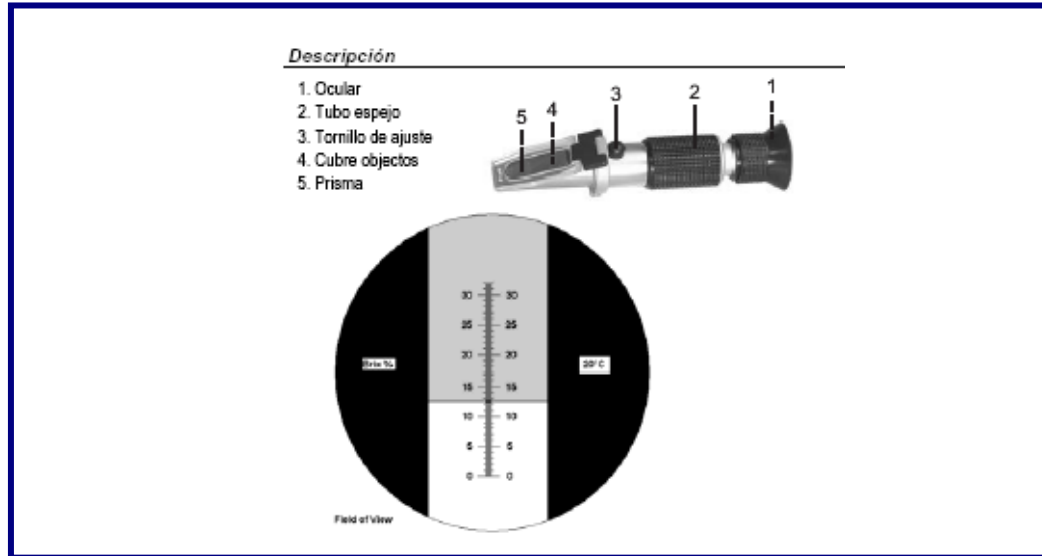
n : índice de refracción del medio en cuestión  
 $C_0$  : velocidad de la luz en el vacío ( $3 \times 10^8$  m/s)  
v : velocidad de la luz en el medio en cuestión

Es decir que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en el medio. Dado que la velocidad de la luz en cualquier medio es siempre menor que en el vacío, el índice de refracción será un número siempre mayor que 1.

En el vacío:  $n=1$

En otro medio:  $n>1$

Para la medida de índices de refracción se hace uso de refractómetros, cuyo fundamento puede ser diverso: reflexión total (refractómetro de ABBE, butirrefractómetro, refractómetro para mantequilla, refractómetro de mano para azúcar, refractómetro de PULFRICH, refractómetro de inmersión), desviación del rayo de luz (micro- refractómetro de JELLEY, refractómetro diferencial, de HILGER-CHANGE, microscópicos), reflexión o interferencia (interferómetro, especialmente para gases, de gran exactitud). Los aparatos más empleados en el análisis de alimentos son los pertenecientes al primer grupo, de los cuales disponibles en planta se encuentran los refractómetros manuales para determinación del contenido en azúcares a 20 °C:



**Figura 2.2. Refractómetro portátil**  
Fuente: Instructivos de Trabajo – Ajeven 2005

La lectura obtenida debe ser compensada a la temperatura del medio, ya que dicho refractómetro ha sido diseñado para operar a la temperatura estándar de 20 °C (la compensación dependerá del modelo y del fabricante).

### **b) Volumen de Carbonatación:**

El volumen de carbonatación de una bebida se define como el contenido de gas carbónico por volumen de líquido a condiciones estándar (0 °C – 1 atm). Es una unidad de solubilidad, por consiguiente puede ser expresada en masa de CO<sub>2</sub> por volumen de líquido (g/L). Esta regido por las leyes fundamentales de los gases, los equilibrios termodinámicos y de solubilidad. Los gases pueden ser disueltos en líquidos, y estas disoluciones varían según si se comportan como ideales o reales. La ley de Henry relaciona la presión parcial del soluto (CO<sub>2</sub>) en la fase de vapor con la fracción mol de soluto en solución; desde otro punto de vista relaciona la fracción mol en el equilibrio, la solubilidad del soluto en la solución con la presión parcial del mismo en el vapor (Van Ness,1996):

$$X_1 = \frac{1}{K_1} * P_1 \quad (2.4)$$

Donde:

$X_1$  : fracción molar del soluto en la fase líquida

$K_1$  : constante de la ley de Henry

$P_i$  : presión parcial del soluto en la fase gaseosa

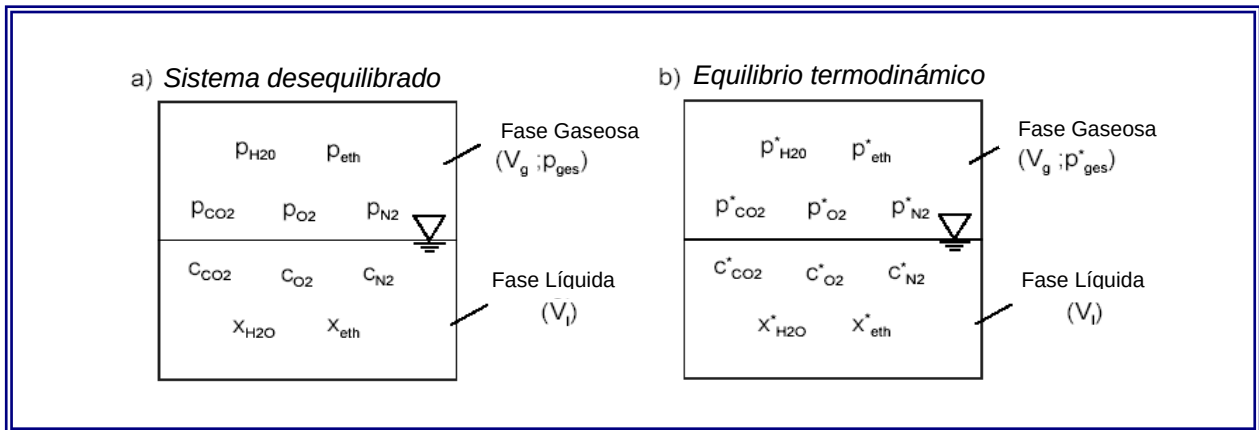
Sven Fisher, expresa que las concentraciones en la fase gaseosa de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono son dependientes de la presión parcial que ejerce cada gas. La presión total del sistema obedece a la ley de Dalton, la cual expresa que la presión total de los gases contenidos en un recipiente es equivalente a la sumatoria de las presiones parciales de los gases individuales (Van Ness, 1996):

$$P_T = \sum P_i \quad (2.5)$$

Donde:

$P_T$  : presión total

$P_i$  : presión parcial ejercida por el gas "i"



**Figura 2.4 Equilibrio de solubilidad**

Fuente: Sven Fisher 2001

Como puede observarse en la figura 2.4, el estado en desequilibrio presenta intercambios netos de masa o energía, en el que sus parámetros característicos dependen en general de la posición y del tiempo. Si no dependen de este último, necesitan la intervención del entorno para mantener sus valores (estado estacionario fuera del equilibrio). Cuando no se observa ningún cambio en sus propiedades termodinámicas a lo largo del tiempo se establece el equilibrio. Si dos fases llegan al equilibrio se alcanza un límite en la transferencia de materia, de forma que dicha transferencia se anula. Las fracciones másicas de los componentes en la fase líquida

dependen del intercambio de materia con la fase gaseosa, las presiones parciales ejercidas por los gases disueltos, las fracciones másicas de agua, azúcar y alcoholes presentes (etanol, si aplica), y la presión de vapor de la solución.

Expresando la ley Henry en función de la concentración y la presión parcial de gas en equilibrio, se obtiene: (Rammer M., 1993)

$$C_i = \varepsilon_i * P_i \quad (2.6)$$

Donde:

$C_i$  : concentración molar del componente "i" en la fase líquida (mg/L)

$\varepsilon_i$  : coeficiente de absorción de "i" derivado de la constante  $K_1$  ( $\frac{\text{mg}}{\text{bar} * \text{L}}$ )

$P_i$  : presión parcial de "i" en la fase gaseosa (bar)

La relación anterior establece que la solubilidad de un gas, está definida por la proporción dada en el equilibrio termodinámico entre las concentraciones de las fases líquidas y gaseosas de los componentes en solución y las presiones parciales en la fase gaseosa; el factor de proporcionalidad viene dado por el coeficiente de absorción, el cual es afectado por la naturaleza del sistema y la temperatura. La ley de Henry no está limitada a la absorción de un sólo componente, por consiguiente puede ser utilizada en la absorción de los tres gases de especial interés en el control de parámetros de bebidas: oxígeno, nitrógeno y particularmente el dióxido de carbono.

Rammer M., indica a partir de una correlación matemática la dependencia existente del coeficiente de absorción y los componentes de la bebida y la temperatura. Obtuvo tres polinomios válidos en el rango de temperatura de 0 a 60 °C (Rammer M., 1993):

#### 1. Oxígeno:

Sólo aplica a la solubilidad de oxígeno en agua pura

$$\varepsilon_{O_2} = 69,54 - 1,895 * T + 0,03805 * T^2 - 4,069 \times 10^{-4} * T^3 + 1,760 \times 10^{-6} * T^4 \quad (2.7)$$

Donde:

$\varepsilon_{O_2}$  : coeficiente de absorción de oxígeno en agua ( $\frac{\text{mg}}{\text{bar} * \text{L}}$ )

T : temperatura del medio (°C)

### 2. Nitrógeno:

Sólo aplica a la solubilidad de nitrógeno en agua pura

$$\varepsilon_{N_2} = 28,30 - 0,6342 * T + 0,01019 * T^2 - 6,671 \times 10^{-5} * T^3 \quad (2.8)$$

Donde:

$\varepsilon_{N_2}$  : coeficiente de absorción de nitrógeno en agua ( $\frac{\text{mg}}{\text{bar} * \text{L}}$ )

T : temperatura del medio (°C)

### 3. Dióxido de Carbono:

Aplica a la solubilidad de dióxido de carbono en bebidas

$$\begin{aligned} \varepsilon_{CO_2} = & 3,368 + 0,07 * \left(1 - \frac{C_{O_2}^*}{9}\right) - (0,014 - 0,00044 * C_{O_2}^*) * P_{CO_2}^* - 0,12723 * T + .. \\ & + 2,8256 \times 10^{-3} * T^2 - 3,3597 \times 10^{-5} * T^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * T^4 - (0,477231 - 0,02988 * T + .. \\ & .. + 1,1605 \times 10^{-3} * T^2 - 2,2510 \times 10^{-5} * T^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * T^4) * \left(\frac{C_{sac,ex}}{128} + \frac{X_{eth}}{43} + \frac{C_{NaCl,Gs}}{27} + \frac{X_{FS}}{50}\right) \quad (2.9) \end{aligned}$$

Donde:

$\varepsilon_{CO_2}$  : coeficiente de absorción de dióxido de carbono en bebidas ( $\frac{\text{mg}}{\text{bar} * \text{L}}$ )

T : temperatura del medio (°C)

$C_{O_2}^*$  : concentración de  $O_2$  disuelto en equilibrio [0 ; 10]ppm; ( $C_{N_2}^* \approx 1,6 * C_{O_2}^*$ )

$P_{CO_2}^*$  : presión parcial de  $CO_2$  en equilibrio [0 ; 10]bar

$C_{sac,ex}$  : concentración másica de azúcar o extracto en solución [0 ; 300]g/L

$X_{eth}$  : fracción volumétrica de etanol en solución [0 ; 20]%v/v

$C_{NaCl,Gs}$  : concentración de ácidos totales, materia prima o sales [0 ; 50]ppm

$X_{FS}$  : fracción másica de zumo de fruta [10 ; 20]%p/p

En general la cantidad de un gas que se disuelve en un líquido, dependerá de la presión del medio, la temperatura y la naturaleza de la solución.

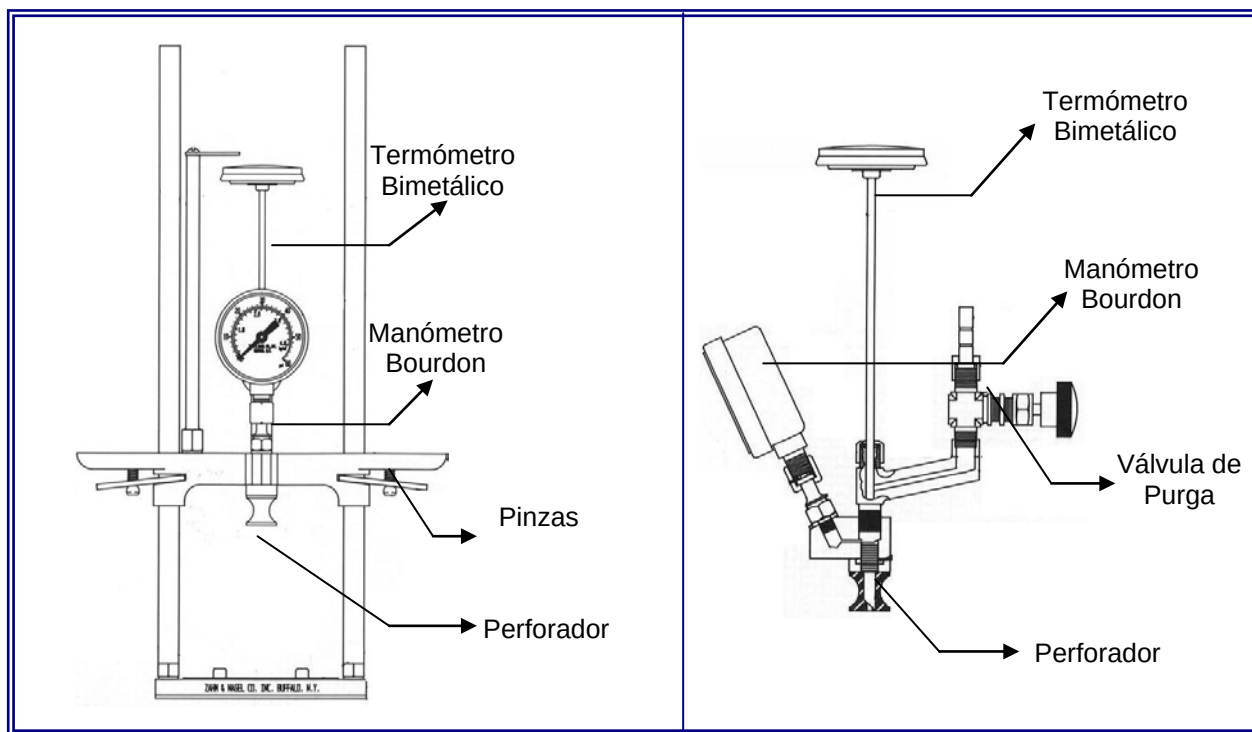


## Método de Medición:

### **b.1 Dispositivo de perforación Zahm & Nagel:**

Consiste de un manómetro de escala (0 – 60) psig, un indicador de temperatura bimetalico (25 – 125)°F y un sistema de agitación, ya sea manual o mecánico que permite el desalojo de la fase gaseosa disuelta en la bebida (véase figura 2.5).

El método consiste en medir la concentración de gas carbónico en una bebida a una temperatura que oscila entre los 13 y 18 °C, expresándolo como volúmenes de gas carbónico (COVENIN 762-95). El envase es centrado y perforado por el tope, desalojando la fase gaseosa contenida en el espacio libre del tope de la botella, mediante agitación continua durante un tiempo determinado, de forma tal que el dióxido de carbono disuelto sea desorbido y desplazado al cuello de la botella, el cual generará presión y será registrada en el manómetro del equipo



**Figura 2.5 Probador de carbonatación Zahm & Nagel**

Fuente: Zahm & Nagel 2005 – Manual de operación

La lectura de presión y la temperatura de la bebida son registradas y se ingresa a la tabla de conversión Presión-Temperatura/Volúmenes de CO<sub>2</sub> (véase Tabla 2.3):

**TABLA 2.3**  
**CONVERSIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA/VOLÚMENES DE CO<sub>2</sub>**

**PRESIÓN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA**

|      | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 28.0 | 30.0 | 32.0 | 34.0 | 36.0 | 38.0 | 40.0 | 42.0 | 44.0 | 46.0 | 48.0 | 50.0 | 52.0 | 54.0 | 56.0 | 58.0 | 60.0 | 62.0 | 64.0 | 66.0 | 68.0 | 70.0 | 72.0 | 74.0 | 76.0 | 78.0 | 80.0 | 82.0 | 84.0 | 86.0 | 88.0 | 90.0 | 92.0 | 94.0 | 96.0 | 98.0 | 99.0 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 32.0 | 1.7 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.7  | 4.9  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.1  | 6.3  | 6.5  | 6.7  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.7  | 7.9  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.3  | 9.5  | 9.7  | 10.0 | 10.2 | 10.4 | 10.7 | 11.2 | 11.5 | 11.7 | 12.0 | 12.2 | 12.4 | 12.7 | 12.9 | 13.2 | 13.4 | 32.0 |
| 33.0 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.1  | 4.3  | 4.6  | 4.8  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.9  | 9.1  | 9.3  | 9.5  | 9.8  | 10.0 | 10.2 | 10.4 | 11.0 | 11.3 | 11.5 | 11.7 | 11.9 | 12.2 | 12.4 | 12.6 | 12.9 | 13.1 | 33.0 |
| 34.0 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7  | 2.9  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.5  | 6.7  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.7  | 8.9  | 9.1  | 9.3  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.2 | 10.8 | 11.0 | 11.2 | 11.5 | 11.7 | 11.9 | 12.2 | 12.4 | 12.6 | 12.8 | 34.0 |
| 35.0 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 5.1  | 5.2  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.3  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.6 | 10.8 | 11.0 | 11.3 | 11.5 | 11.7 | 11.9 | 12.1 | 12.3 | 12.5 | 35.0 |
| 36.0 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6  | 2.8  | 3.0  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.9  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.7  | 7.9  | 8.1  | 8.3  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.4 | 10.6 | 10.8 | 11.0 | 11.2 | 11.4 | 11.7 | 11.9 | 12.1 | 12.3 | 36.0 |
| 37.0 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.9  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.3  | 6.5  | 6.7  | 6.9  | 7.1  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 10.1 | 10.3 | 10.6 | 10.8 | 11.0 | 11.2 | 11.4 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 37.0 |
| 38.0 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.5  | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.9  | 10.1 | 10.3 | 10.5 | 10.7 | 10.9 | 11.1 | 11.4 | 11.6 | 11.8 | 38.0 |
| 39.0 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.5  | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.3  | 5.4  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.7  | 9.9  | 10.1 | 10.3 | 10.5 | 10.7 | 10.9 | 11.1 | 11.3 | 11.5 | 39.0 |
| 40.0 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.3  | 6.5  | 6.7  | 6.9  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.7  | 7.9  | 8.1  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.8  | 9.0  | 9.5  | 9.7  | 9.9  | 10.1 | 10.3 | 10.5 | 10.7 | 10.9 | 11.1 | 11.3 | 40.0 |
| 41.0 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.7  | 7.9  | 8.1  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.2 | 10.3 | 10.5 | 10.7 | 10.9 | 11.1 | 41.0 |
| 42.0 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.3  | 2.5  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.1 | 10.3 | 10.5 | 10.7 | 42.0 |      |
| 43.0 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.3  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 3.9  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 6.3  | 6.5  | 6.7  | 6.9  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.3  | 8.5  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.2 | 10.4 | 10.6 | 43.0 |      |
| 44.0 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.7  | 6.9  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.6  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.8  | 9.1  | 9.3  | 9.5  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.2 | 10.3 | 10.4 | 44.0 |
| 45.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 2.0 | 2.2  | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.4  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 6.9  | 7.1  | 7.3  | 7.5  | 7.7  | 7.8  | 8.0  | 8.2  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 9.3  | 9.4  | 9.6  | 9.8  | 10.0 | 10.1 | 10.2 | 45.0 |
| 46.0 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2  | 2.3  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.3  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.5  | 7.7  | 7.9  | 8.0  | 8.4  | 8.6  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.6  | 9.7  | 9.9  | 10.1 | 46.0 |
| 47.0 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.8  | 4.0  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 6.2  | 6.3  | 6.5  | 6.7  | 6.9  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.7  | 7.9  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 9.2  | 9.4  | 9.5  | 9.7  | 9.9  | 47.0 |
| 48.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.1  | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.7  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 5.4  | 5.6  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 6.9  | 7.1  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 7.7  | 8.1  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 9.2  | 9.3  | 9.5  | 9.7  | 48.0 |
| 49.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.7  | 3.8  | 4.0  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.8  | 6.9  | 7.1  | 7.2  | 7.4  | 7.6  | 8.0  | 8.2  | 8.3  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 9.2  | 9.3  | 9.5  | 49.0 |
| 50.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 2.0  | 2.2  | 2.3  | 2.5  | 2.6  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.4  | 3.6  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.2  | 4.4  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 6.2  | 6.3  | 6.5  | 6.6  | 6.8  | 7.0  | 7.1  | 7.3  | 7.4  | 7.9  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 9.2  | 9.3  | 50.0 |
| 51.0 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.6  | 2.7  | 2.9  | 3.1  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.5  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.1  | 5.3  | 5.4  | 5.6  | 5.7  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 6.4  | 6.5  | 6.7  | 6.8  | 7.0  | 7.2  | 7.3  | 7.7  | 7.9  | 8.0  | 8.2  | 8.4  | 8.5  | 8.7  | 8.8  | 9.0  | 9.2  | 51.0 |
| 52.0 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.9  | 2.1  | 2.2  | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.8  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.0  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.8  | 5.9  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.7  | 6.9  | 7.0  | 7.2  | 7.6  | 7.8  | 7.9  | 8.1  | 8.2  | 8.4  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 9.0  | 52.0 |
| 53.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.9  | 2.0  | 2.2  | 2.3  | 2.5  | 2.6  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.3  | 3.4  | 3.6  | 3.7  | 3.8  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.7  | 6.9  | 7.0  | 7.4  | 7.6  | 7.8  | 7.9  | 8.1  | 8.2  | 8.4  | 8.5  | 8.7  | 8.9  | 53.0 |
| 54.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.9  | 2.0  | 2.2  | 2.3  | 2.4  | 2.6  | 2.7  | 2.9  | 3.0  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.8  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 6.2  | 6.3  | 6.5  | 6.6  | 6.8  | 6.9  | 7.3  | 7.5  | 7.6  | 7.8  | 7.9  | 8.1  | 8.2  | 8.4  | 8.6  | 8.7  | 54.0 |      |
| 55.0 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8  | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.6  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.1  | 3.3  | 3.4  | 3.6  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.1  | 4.3  | 4.4  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.8  | 5.9  | 6.1  | 6.2  | 6.3  | 6.5  | 6.6  | 6.8  | 7.2  | 7.4  | 7.5  | 7.7  | 7.8  | 8.0  | 8.1  | 8.3  | 8.4  | 8.6  | 55.0 |
| 56.0 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.8  | 1.9  | 2.1  | 2.2  | 2.4  | 2.5  | 2.6  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7  | 3.8  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 5.0  | 5.1  | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.7  | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 6.2  | 6.4  | 6.5  | 6.7  | 7.0  | 7.2  | 7.4  | 7.5  | 7.7  | 7.8  | 8.0  | 8.1  | 8.3  | 8.4  | 56.0 |
| 57.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8  | 1.9  | 2.0  | 2.2  | 2.3  | 2.5  | 2.6  | 2.7  | 2.9  | 3.0  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.7  | 3.8  | 4.0  | 4.1  | 4.3  | 4.4  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.0  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 6.1  | 6.3  | 6.4  | 6.6  | 6.9  | 7.1  | 7.2  | 7.4  | 7.5  | 7.7  | 7.8  | 8.0  | 8.1  | 8.3  | 57.0 |
| 58.0 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.7  | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.6  | 2.7  | 2.8  | 3.0  | 3.1  | 3.3  | 3.4  | 3.5  | 3.7  | 3.8  | 3.9  | 4.1  | 4.2  | 4.4  | 4.5  | 4.6  | 4.7  | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.8  | 5.9  | 6.0  | 6.2  | 6.3  | 6.4  | 6.8  | 7.0  | 7.1  | 7.3  | 7.4  | 7.5  | 7.7  | 7.8  | 8.0  | 8.1  | 58.0 |
| 59.0 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7  | 1.8  | 2.0  | 2.1  | 2.2  | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 2.9  | 3.1  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 3.7  | 3.9  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.4  | 4.6  | 4.7  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Otro aspecto importante a controlar en las bebidas gaseosas es su contenido neto. La gaceta oficial 32504 de fecha 28 de junio de 1982, en su artículo 5 establece: “el contenido real de los productos envasados deberá corresponder con el contenido indicado en el envase”, admitiéndose como diferencia máxima entre ambos contenidos las tolerancias que, con carácter general, se indican a continuación:

- a) Para las comprobaciones unitarias: el tres por cien en más y menos ( $\pm 3\%$ )
- b) Para las comprobaciones en series homogéneas: el uno por ciento en más o menos ( $\pm 1\%$ )

Esto aplica solamente para aquellos productos que no dispongan de alguna resolución especial, como lo es el caso de bebidas gaseosas. La resolución 5325 del oficio de fecha 18 de febrero de 1988, establece las tolerancias unitarias de acuerdo al contenido neto envasado de acuerdo como se muestra en la Tabla 2.4:

**TABLA 2.4**  
**TOLERANCIAS UNITARIAS PERMITIDAS POR CONTENIDO ENVASADO**

| Contenido neto<br>(cm <sup>3</sup> ) | Tolerancia unitaria<br>(%) |
|--------------------------------------|----------------------------|
| De 174 a 195                         | $\pm 7$                    |
| De 196 a 236                         | $\pm 6$                    |
| De 250 a 295                         | $\pm 5$                    |
| De 296 a 709                         | $\pm 4$                    |
| De 710 a 768                         | $\pm 3$                    |
| De 1000 a > 2000                     | $\pm 2$                    |

La tolerancia unitaria permite definir la máxima dispersión por botella envasada en cuanto al contenido neto. La tolerancia en series homogéneas está definida por la inspección de un conjunto de muestras tomadas del mismo lote de producción, y está definida como (Gaceta oficial 32504):

$$T_s = \frac{T_u}{\sqrt{n}} \quad (2.10)$$

Donde:

$T_s$  : tolerancia en serie (%)

$T_u$  : tolerancia unitaria (%)

$n$  : número de muestras inspeccionadas (adim)

El número de muestras a inspeccionar es directamente dependiente del proceso de elaboración, y está determinado de acuerdo al número de válvulas de llenado que dispone la máquina de envasado y es equivalente al 50 % de las mismas. La tolerancia en series homogéneas permite determinar la dispersión permitida de la media del proceso de acuerdo al contenido neto establecido para el formato de producción. A nivel de proceso se determina de la siguiente forma (Resolución 5325):

$$Tr = \pm \frac{(\overline{V_{ll}} - CN)}{CN} \otimes 100 \quad (2.11)$$

Donde:

$CN$  : contenido neto especificado en etiqueta (unidades de volumen)

$\overline{V_{ll}}$  : media de volumen de llenado de “n” muestras inspeccionadas

La tolerancia en series homogéneas determinada a nivel de proceso ( $T_r$ ), debe ser comparada con la tolerancia en serie permitida ( $T_s$ ), la cual debe ser menor o igual (Resolución 5325):  $T_r \leq T_s$

Los tres parámetros característicos de bebidas gaseosas anteriormente expuestos, fisicoquímicos: azúcares disueltos, volumen de carbonatación, y el contenido envasado, corresponden los factores actualmente críticos que afectan costos, rendimientos y aspectos legales. Su evaluación orientará el trabajo de grado a fin de generar oportunidades de mejoras, aplicando herramientas de calidad orientadas al proceso productivo y serán descritas seguidamente en la sección 2.2.3.

### 2.2.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

“La gestión de la calidad se define como el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad, y se basa en ocho principios” (Sarmiento J. 2001):

1. Organización orientada al cliente
2. Liderazgo
3. Participación del personal

4. Enfoque basado en procesos
5. Enfoque de sistema para la gestión
6. Mejora continua
7. Enfoque en hechos para tomar decisiones
8. Relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores

El enfoque basado en procesos en las diferentes fases de la aplicación del sistema de gestión de la calidad, en regla general debe seguir los siguientes pasos (Sarmiento J. 2001):

1. Identificar los procesos de la organización
2. Desarrollar la red o mapas de procesos
3. Delimitar cada proceso
4. Designar los responsables de cada proceso
5. Comprender y analizar cada proceso
6. Medir y hacer seguimiento
7. Analizar los datos que generan los procesos
8. Acometer la mejora de los procesos

Los procesos dentro de una organización pueden ser de tres tipos básicos:

**Procesos de alta dirección:** planificación, revisión y gestión de los recursos.

**Procesos de realización del producto:** actividades realizadas directamente sobre los productos que suministra la organización, agregando valor hasta alcanzar los requisitos del cliente.

**Procesos de apoyo o de gestión:** procesos de servicio que respaldan a los procesos de realización de producto para alcanzar los objetivos de la organización.

Evaluar el desempeño de un proceso requiere por lo general de cuatro fases típicas:

1. El establecimiento de los estándares para el desempeño.
2. La medición de las variables del proceso que caracterizan el desempeño.

3. El análisis de datos, cálculos de índices y su comparación con los estándares, mediante técnicas estadísticas apropiadas.
4. La determinación y la implantación de las mejoras, mediante las acciones preventivas y correctivas pertinentes.

La variabilidad de un proceso se observa en las características inherentes al proceso y a sus productos, afectan su desempeño y los resultados a obtener. Puede ser medida, descrita e interpretada mediante técnicas estadísticas y su análisis proporciona un mejor conocimiento de la naturaleza, alcance y causas de la variabilidad (Sarmiento J. 2001).

### **2.2.3.1 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS**

Las herramientas estadísticas que se aplican en la mejora continua y control de la calidad de mayor uso, se presentan a continuación:

#### ***TORMENTA DE IDEAS (BRAINSTORMING):***

Es una técnica grupal que sirve para generar ideas originales en un ambiente relajado. Es un proceso interactivo no estructurado de búsqueda de ideas que genera mas y mejores ideas que las que los individuos pueden generar de forma independiente (Sociedad latinoamericana para la calidad, 2000).

Se utiliza para:

- a) Liberar la creatividad de los equipos.
- b) Generar un número extenso de ideas.
- c) Involucrar a todos en el proceso.
- d) Identificar oportunidades de mejora.

Las ideas deben ser enlistadas y ninguna por simple que parezca debe ser excluida, deben ser criticadas, editadas y clasificadas a consenso del grupo con el

objetivo de obtener soluciones creativas basadas en las contribuciones hechas por todos los miembros del grupo. Por lo general esta técnica es afín a la realización de los diagramas causa-efecto y el diagrama de Pareto.

### **DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (ISHIKAWA):**

El diagrama causa efecto corresponde a una representación gráfica de varios elementos (causas) que pueden contribuir a un efecto. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y llevar a cabo la planeación para la recolección de la información necesaria en el proceso. Es una herramienta cualitativa que permite identificar las posibles causas de un problema específico. Para ello es necesario:

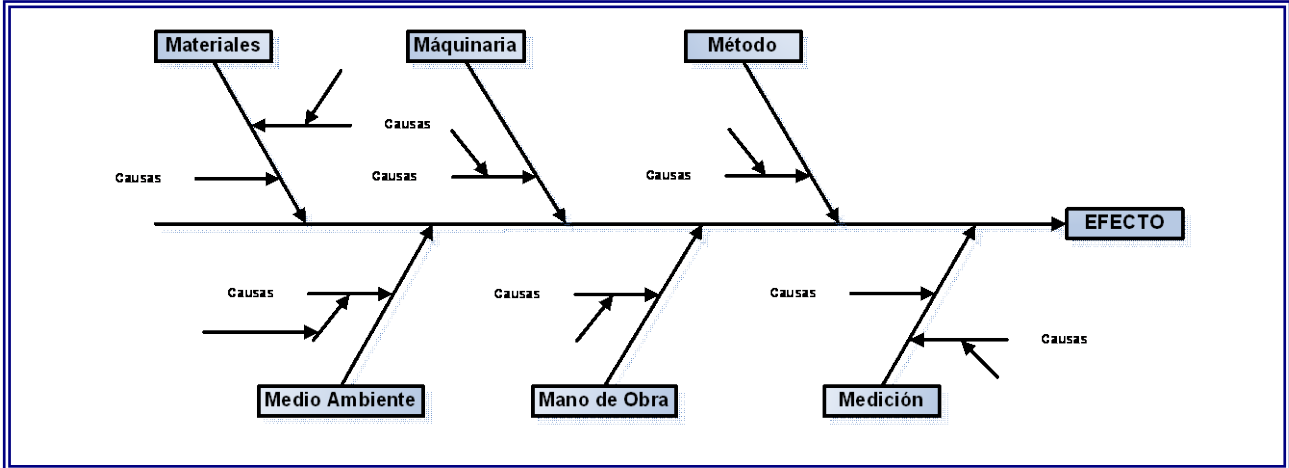
- ◆ Identificar las causas principales del problema.
- ◆ Generar ideas y opiniones acerca de las causas del problema.

Las causas de un problema se organizan en seis categorías:

1. Materiales
2. Maquinaria
3. Métodos
4. Mano de obra
5. Medición
6. Medio ambiente

El diagrama permite exhibir gran cantidad de información referidas a las causas de un problema en un espacio compacto (véase figura 2.6). Establece las interacciones de las diversas causas sobre un efecto determinado u oportunidad de mejora, facilita su comprensión y la toma de acciones (Sociedad latinoamericana para la calidad, 2000).



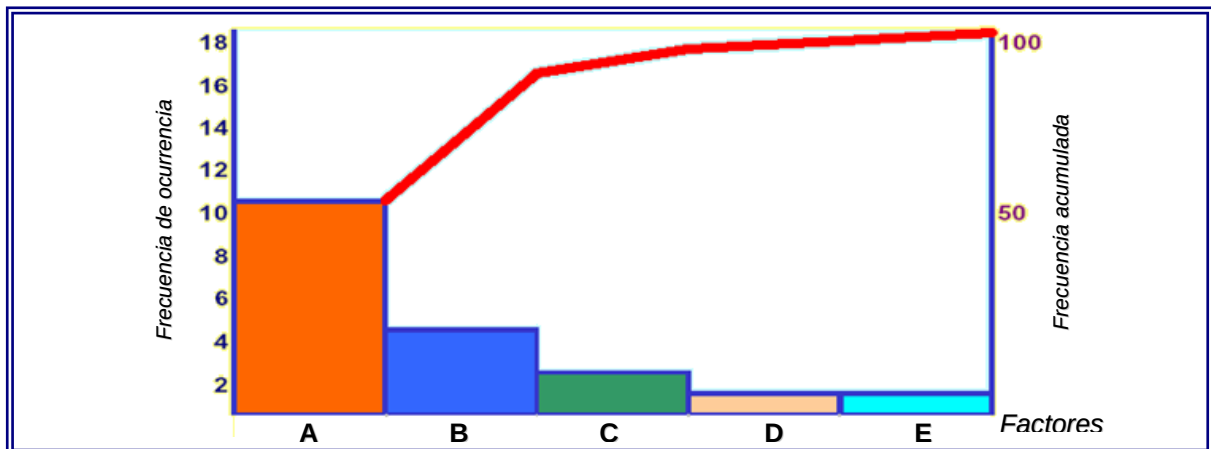


**Figura 2.6 Diagrama causa-efecto (DIAGRAMA ISHIKAWA).**

Fuente: Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000

### DIAGRAMA DE PARETO:

Es una herramienta utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que el equipo dirija y oriente correctamente los esfuerzos para mejorar. Al reducir las causas más significativas se obtendrá una mejora general; dos a tres aspectos pueden equivaler sólo al ochenta por ciento del problema y corresponden, por lo general, al veinte por ciento de las causas que lo ocasionaron. Se emplea en la identificación de oportunidades de mejora, a partir de la agrupación de diferentes datos que permiten determinar las causas principales y establecer las prioridades a las soluciones. Es un tipo de histograma especial, en el cual se ordenan de mayor a menor la frecuencia de ciertos eventos (véase figura 2.7).



**Figura 2.7 Diagrama de Pareto.**

Fuente: Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000



**DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS:**

Las distribuciones de frecuencia ponen de manifiesto ciertas consideraciones sobre la característica a evaluar:

- a) El valor central aproximado: indica el punto de ajuste de la máquina.
- b) La dispersión de los valores: indica la variabilidad de la característica o de la operación de la máquina.
- c) La relación entre los valores observados y las tolerancias: sirve de guía importante en el caso de la toma de acciones correctivas.

El empleo de las distribuciones de frecuencias manifiesta la variación de las características de un producto. Dicha variación toma una forma definida; para ello se requiere del estudio de una muestra de tamaño adecuado, tomada del lote a que pertenecen. A nivel industrial, se tienen definidas medidas de tendencia central y medidas de dispersión, las cuales se definen a continuación:

**Medidas de tendencia central:**

**a) Media:** es la medida de tendencia central de mayor utilidad. Se obtiene dividiendo los valores observados en una serie entre el número de lecturas (Feingenbaum A., 1986):

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.12)$$

Donde:

$\bar{X}$  : valor medio de la serie

$X_1, X_2, \dots, X_n, X_i$  : valor de cada lectura

$n$  : número de lecturas practicadas

**b) Mediana:** corresponde a aquel valor que divide una serie en igual número de lecturas a cada lado de la misma, cuando las lecturas están arregladas en orden creciente de magnitudes.

**Medidas de dispersión:**

**a) Desviación estándar:** normalmente se calcula para muestras obtenidas de lotes mayores, denominada desviación estándar de la muestra. Se obtiene extrayendo la raíz cuadrada, a la suma de los cuadrados de las diferencias de cada lectura de una serie a la media, dividiendo entre el número de lecturas, menos una (Feingenbaum A., 1986):

$$s = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.13)$$

Donde:

s : desviación estándar de la muestra

La desviación estándar de una muestra se obtiene de una población mucho mayor, su desviación estándar se designa con la letra griega “ $\sigma$ ” (sigma). Por consiguiente para determinar la desviación estándar de la población es necesario aplicar un factor designado para su cálculo (Feingenbaum A., 1986):

$$\sigma = \frac{s}{C} \quad (2.14)$$

Donde:

$\sigma$  : desviación estándar de la población

C : factor de corrección estadístico

La exactitud de “s” como estimador de la desviación estándar de la población aumenta notoriamente cuando aumenta el tamaño de la muestra; por lo general es empleado sólo el valor de desviación estándar “s” ya que se considera un indicador práctico y útil (véase Tabla 2.5).

**TABLA 2.5**  
**FACTOR DE ESTIMACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE UNA POBLACIÓN**

| Número de Muestras (n) | Factor de ajuste (C) |  | Número de Muestras (n) | Factor de ajuste (C) |
|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|
| 2                      | 0,7979               |  | 32                     | 0,9920               |
| 3                      | 0,8862               |  | 34                     | 0,9925               |
| 4                      | 0,9213               |  | 36                     | 0,9929               |
| 5                      | 0,9400               |  | 38                     | 0,9933               |
| 6                      | 0,9515               |  | 40                     | 0,9936               |
| 7                      | 0,9594               |  | 42                     | 0,9939               |
| 8                      | 0,9650               |  | 44                     | 0,9942               |
| 9                      | 0,9693               |  | 46                     | 0,9945               |
| 10                     | 0,9727               |  | 48                     | 0,9947               |
| 11                     | 0,9754               |  | 50                     | 0,9949               |
| 12                     | 0,9776               |  | 52                     | 0,9951               |
| 13                     | 0,9794               |  | 54                     | 0,9953               |
| 14                     | 0,9810               |  | 56                     | 0,9955               |
| 15                     | 0,9823               |  | 58                     | 0,9956               |
| 16                     | 0,9835               |  | 60                     | 0,9958               |
| 17                     | 0,9845               |  | 62                     | 0,9959               |
| 18                     | 0,9854               |  | 64                     | 0,9960               |
| 19                     | 0,9862               |  | 66                     | 0,9962               |
| 20                     | 0,9869               |  | 68                     | 0,9963               |
| 21                     | 0,9876               |  | 70                     | 0,9964               |
| 22                     | 0,9882               |  | 72                     | 0,9965               |
| 23                     | 0,9887               |  | 74                     | 0,9966               |
| 24                     | 0,9892               |  | 76                     | 0,9967               |
| 25                     | 0,9896               |  | 78                     | 0,9968               |
| 26                     | 0,9901               |  | 80                     | 0,9968               |
| 27                     | 0,9904               |  | 84                     | 0,9970               |
| 28                     | 0,9908               |  | 88                     | 0,9971               |
| 29                     | 0,9911               |  | 92                     | 0,9973               |
| 30                     | 0,9914               |  | 96                     | 0,9974               |
| 31                     | 0,9917               |  | 100                    | 0,9975               |

Fuente: Feingenbaum A., 1986

**b) Amplitud o rango:** se define como la diferencia entre el mayor y menor de los valores obtenidos en una serie (Feingenbaum A., 1986):

$$R = X_M - X_m \quad (2.15)$$

Donde:

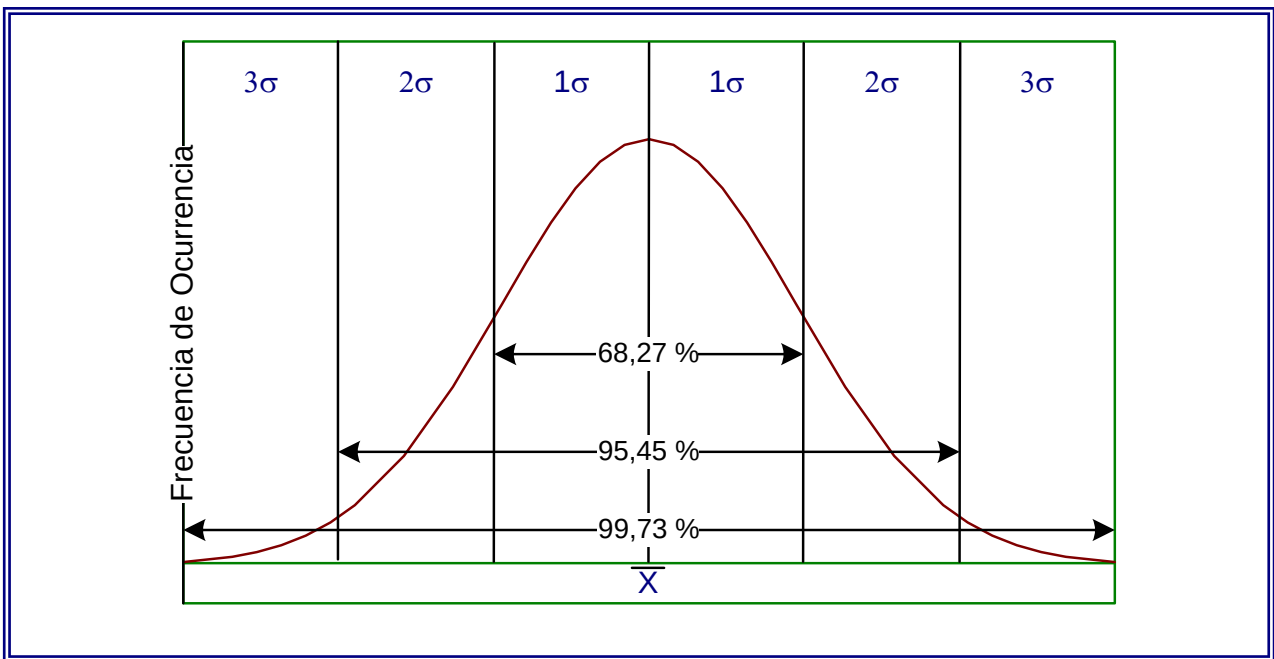
R : amplitud

$X_M$  : lectura mayor

$X_m$  : lectura menor

### FORMAS DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA:

Las medidas presentadas anteriormente se derivan de un tipo particular de distribución de frecuencias que se denomina curva normal. Es obtenida sólo cuando interviene causas al azar, tiene una forma particular acampanada y relaciona todas las lecturas en una distribución simétrica.



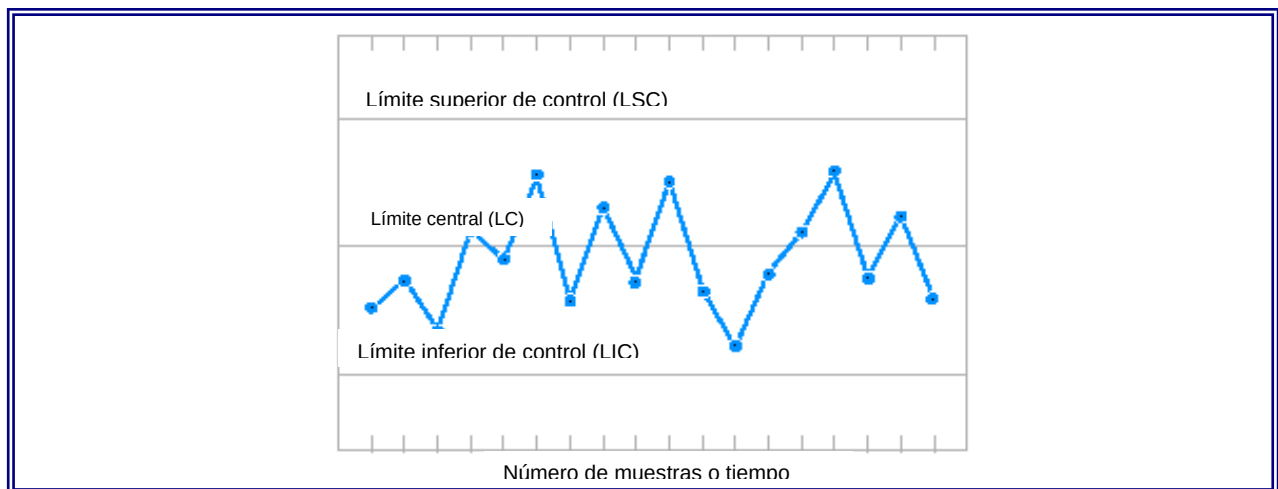
**Figura 2.8 Curva normal**  
Fuente: Feingenbaum A., 1986

Como se puede observar en la figura 2.8, se obtiene una representación gráfica de la media y la desviación estándar, así como el porcentaje de lecturas de acuerdo a la distancia medida en desviaciones estándar ( $\sigma$ ), y se establecen la zona donde todas las lecturas concurren comprendida entre más y menos tres desviaciones estándar a partir de la media ( $\bar{X} \pm 3\sigma$ ).

A nivel industrial, muchas de las distribuciones de frecuencia no siguen el comportamiento normal. Una distribución puede presentarse truncada en uno de sus extremos y extendida en el otro y aun así conservar los límites de especificación. La forma de una distribución ya sea aplanada, truncada o asimétrica, no es una indicación infalible de que el proceso sea inferior al indicado por una forma que se aproxime a una curva normal (Feingenbaum A., 1986).

### **CARTAS DE CONTROL:**

La carta de control es una representación gráfica de una característica de calidad que ha sido medida o calculada a partir de una muestra en número o tiempo (véase figura 2.9). Contiene una línea central (LC) que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control, dos líneas horizontales adicionales determinan el límite superior e inferior de control, y se escogen de modo que todos o casi todos los puntos muestrales se encuentren entre ellos. Un punto que este fuera de los límites de control se interpreta como evidencia de que el proceso está fuera de control, por lo que se debe tomar acciones correctivas para encontrar la causa o causas asignables responsables del comportamiento.



**Figura 2.9 Carta de control**  
Fuente: Montgomery D., 1996

Las gráficas de control pueden ser de dos tipos generales:

**I. Gráficas de control por variables:** describe la característica de calidad de acuerdo a las medidas de tendencia central y de variabilidad. La carta  $\bar{X}$  o de promedios, se emplea para vigilar la tendencia central, mientras que las cartas basadas en el rango de la muestra y la desviación estándar muestral se emplean en el control de la variabilidad del proceso.

**II. Gráficas de control por atributos:** corresponden a las cartas que describen el comportamiento de características no cuantificables y no medibles en escalas continuas, por lo general están basados en los requerimientos de cumplimiento sobre la base si poseen o no ciertos atributos, por ejemplo: el número de defectos por unidad de producto.

Es costumbre ubicar los límites control sobre una carta Shewhart a una distancia de dos a tres desviaciones estándar de la variable graficada desde la línea central. Shewhart establece el modelo general para la construcción de una carta de control; basados en un estadístico muestral que mide alguna característica de calidad, dadas la media ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), los límites de control se definen como (Montgomery D., 1996):

$$\begin{cases} \text{LSC} = \bar{X} + k\sigma \\ \text{LC} = \bar{X} \\ \text{LIC} = \bar{X} - k\sigma \end{cases} \quad (2.16)$$

“k” es la distancia de los límites de control a la línea central, expresada en unidades de desviación estándar. La constante dependerá del tipo de muestreo y la carta de control aplicada. Entre las cartas de control por variables mas empleadas se tienen:

a) **CARTAS DE CONTROL  $\bar{X}$  Y R:** El control sobre la calidad se ejerce mediante la carta de control para promedios ( $\bar{X}$ ) que vigila la tendencia de los valores medios muestrales, y la variabilidad del proceso se controla mediante la carta de rangos o desviación estándar (Montgomery D., 1996).

b) *CARTAS DE CONTROL PARA MEDICIONES INDIVIDUALES*: corresponde a situaciones donde el control de procesos tomando muestras unitarias ( $X_i$ ), y son utilizadas cuando (Montgomery D., 1996):

- 1) Existen tecnologías de inspección y medición automatizada, con lo que se analiza cada unidad producida.
- 2) Los ritmos de producción son lentos.
- 3) Las mediciones repetidas de un proceso difieren sólo debido a errores en el laboratorio o errores en el análisis, como sucede en muchos procesos químicos.
- 4) Las mediciones de algunos parámetros difieren muy poco y producen desviaciones estándar demasiado pequeñas.

Las gráficas de control de lecturas individuales emplean el rango móvil ( $MR_i$ ) de dos lecturas sucesivas para estimar la variabilidad del proceso, está definido como (Montgomery D., 1996):

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}| \quad (2.17)$$

La Tabla 2.6 muestra los valores de la constante “k” para la estimación de los límites de control de acuerdo al tipo de gráfica y el tamaño del subgrupo:

**TABLA 2.6**  
**CONSTANTES Y FÓRMULAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE**  
**GRÁFICOS DE CONTROL**

| GRÁFICOS ( $\bar{X}$ ) Y R                                                                                                                                                                                        |                              |                                    |                                |                                | LECTURAS INDIVIDUALES                                                                                                                                                                                             |                                    |                                |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Tamaño de la Muestra (Subgrupos)                                                                                                                                                                                  | PROMEDIO ( $\bar{X}$ )       |                                    | RANGO (R)                      |                                | PROMEDIO ( $\bar{X}$ )                                                                                                                                                                                            |                                    | RANGO (R)                      |                                |
|                                                                                                                                                                                                                   | Factor Ambos límites control | Factor Estimar Desviación Estándar | Factor Limite Control Inferior | Factor Limite Control Superior | Factor Ambos límites control                                                                                                                                                                                      | Factor Estimar Desviación Estándar | Factor Limite Control Inferior | Factor Limite Control Superior |
| <b>n</b>                                                                                                                                                                                                          | <b>A<sub>2</sub></b>         | <b>d<sub>2</sub></b>               | <b>D<sub>3</sub></b>           | <b>D<sub>4</sub></b>           | <b>E<sub>2</sub></b>                                                                                                                                                                                              | <b>d<sub>2</sub></b>               | <b>D<sub>3</sub></b>           | <b>D<sub>4</sub></b>           |
| 2                                                                                                                                                                                                                 | 1,880                        | 1,128                              |                                | 3,267                          | 2,660                                                                                                                                                                                                             | 1,128                              |                                | 3,267                          |
| 3                                                                                                                                                                                                                 | 1,023                        | 1,693                              |                                | 2,574                          | 1,772                                                                                                                                                                                                             | 1,693                              |                                | 2,574                          |
| 4                                                                                                                                                                                                                 | 0,729                        | 2,059                              |                                | 2,282                          | 1,457                                                                                                                                                                                                             | 2,059                              |                                | 2,282                          |
| 5                                                                                                                                                                                                                 | 0,577                        | 2,326                              |                                | 2,114                          | 1,290                                                                                                                                                                                                             | 2,326                              |                                | 2,114                          |
| 6                                                                                                                                                                                                                 | 0,483                        | 2,534                              |                                | 2,004                          | 1,184                                                                                                                                                                                                             | 2,534                              |                                | 2,004                          |
| 7                                                                                                                                                                                                                 | 0,419                        | 2,704                              | 0,076                          | 1,924                          | 1,109                                                                                                                                                                                                             | 2,704                              | 0,076                          | 1,924                          |
| 8                                                                                                                                                                                                                 | 0,373                        | 2,547                              | 0,136                          | 1,864                          | 1,054                                                                                                                                                                                                             | 2,547                              | 0,136                          | 1,864                          |
| 9                                                                                                                                                                                                                 | 0,337                        | 2,970                              | 0,184                          | 1,816                          | 1,010                                                                                                                                                                                                             | 2,970                              | 0,184                          | 1,816                          |
| 10                                                                                                                                                                                                                | 0,308                        | 3,073                              | 0,233                          | 1,777                          | 0,975                                                                                                                                                                                                             | 3,073                              | 0,233                          | 1,777                          |
| 11                                                                                                                                                                                                                | 0,285                        | 3,173                              | 0,256                          | 1,744                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 12                                                                                                                                                                                                                | 0,266                        | 3,258                              | 0,283                          | 1,717                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 13                                                                                                                                                                                                                | 0,249                        | 3,336                              | 0,307                          | 1,693                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 14                                                                                                                                                                                                                | 0,235                        | 3,407                              | 0,328                          | 1,672                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 15                                                                                                                                                                                                                | 0,223                        | 3,472                              | 0,347                          | 1,653                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 16                                                                                                                                                                                                                | 0,212                        | 3,532                              | 0,363                          | 1,637                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 17                                                                                                                                                                                                                | 0,203                        | 3,588                              | 0,378                          | 1,622                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 18                                                                                                                                                                                                                | 0,194                        | 3,640                              | 0,391                          | 1,608                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 19                                                                                                                                                                                                                | 0,187                        | 3,639                              | 0,403                          | 1,597                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| 20                                                                                                                                                                                                                | 0,180                        | 3,735                              | 0,415                          | 1,850                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                |                                |
| <b>Promedios:</b><br>$LCI(X) = \bar{X} - A_2(\bar{R})$<br>$LCS(X) = \bar{X} + A_2(\bar{R})$<br><b>Variabilidad:</b><br>$LCI(R) = D_3 * (\bar{R})$<br>$LCS(R) = D_4 * (\bar{R})$<br>$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$ |                              |                                    |                                |                                | <b>Promedios:</b><br>$LCI(X) = \bar{X} - E_2(\bar{R})$<br>$LCS(X) = \bar{X} + E_2(\bar{R})$<br><b>Variabilidad:</b><br>$LCI(R) = D_3 * (\bar{R})$<br>$LCS(R) = D_4 * (\bar{R})$<br>$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$ |                                    |                                |                                |

Fuente: Montgomery D., 1996



### ANÁLISIS DE LOS PATRONES EN CARTAS DE CONTROL:

Un gráfico de control indica una condición fuera de control cuando uno o mas puntos caen fuera de los límites o cuando exhiben un patrón no aleatorio de comportamiento. Todo patrón sistemático o no aleatorio debe ser identificado y debe determinarse la razón de su comportamiento. La interpretación correcta de un patrón en relación a las causas asignables requiere del conocimiento de los principios estadísticos y comprensión del proceso (Montgomery D., 1996). El Western Electric Handbook (1956), concluye que un proceso está fuera de control estadístico cuando:

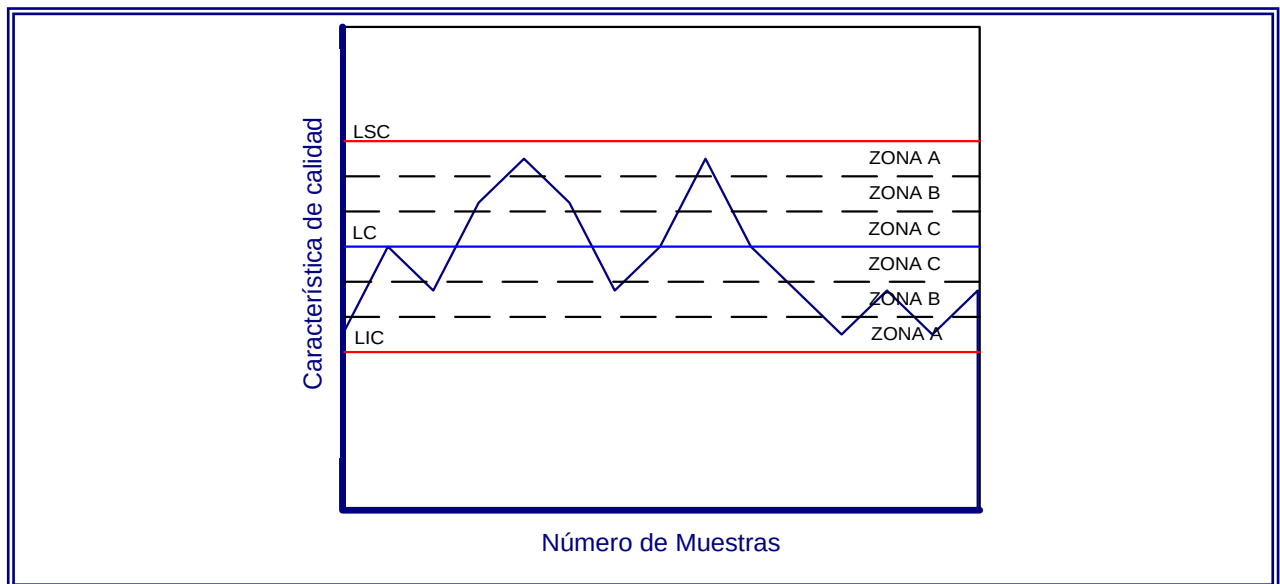
1. Un punto cae más allá de los límites de control 3-sigma.
2. Dos de tres puntos consecutivos caen más allá de un límite 2-sigma.
3. Cuatro de cinco puntos consecutivos están a una distancia de 1-sigma o mayor de la línea central.
4. Ocho puntos consecutivos de la gráfica del mismo lado de la línea central.

Las reglas anteriores delimitan la gráfica con límites de advertencia, los cuales dividen la distribución de puntos en tres zonas a cada lado de la línea central:

**Zona A:**  $[2\sigma; 3\sigma]$

**Zona B:**  $[1\sigma; 2\sigma]$

**Zona C:**  $[0\sigma; 1\sigma]$



**Figura 2.10 Patrones de cartas de control.**

Fuente: Montgomery D., 1996

## ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS

La capacidad de un proceso se define como el rendimiento que ofrece operando bajo control y esta directamente relacionada a la variabilidad inherente de un proceso en ausencia de cualquier causa especial indeseable. Generalmente, los procesos se ajustan a distribuciones normales de probabilidad. Es decir, gran porcentaje de las mediciones de los procesos se ajustan a  $\pm 3\delta$  de la media del proceso. Los límites de proceso se extienden desde  $-3\delta$  a  $+3\delta$ ; si se compara los límites de procesos con los límites de especificación, se presentan tres casos comunes:

a) Cuando los límites del proceso se encuentran dentro de los límites de especificación, se tiene (Montgomery D., 1996):

$$6\delta \leq [LSE - LIE] \quad (2.18)$$

La distancia  $6\sigma$  se conoce como capacidad básica del proceso, y los límites  $\pm 3\sigma$  reciben el nombre de límites naturales del proceso. Se define como índice de capacidad potencial, a la relación existente entre la capacidad básica y el rango definido por los límites de especificación (LSE: límite superior de especificación, LIE: límite inferior de especificación), según Montgomery D (1996):

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2.19)$$

Dada la relación anterior y la distribución normal, se establece:

$C_p = 1$  : proceso capaz de producir con un pequeño número de unidades defectuosas equivalente a 0,27 % o 2700 partes por millón.

$C_p < 1$  : el proceso no es capaz de producir dentro de las especificaciones.

$C_p > 1$  : el proceso es capaz de producir dentro de las especificaciones.

De acuerdo a lo anterior, el cálculo supone de manera implícita que el proceso está centrado en el valor nominal de especificación ( $\mu$ ), por consiguiente si existe corrimiento en el proceso es necesario determinar un coeficiente que represente la

capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ), el cual se determina según la ecuación (Montgomery D., 1996):

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{LIE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSE}{3\sigma} \right] \quad (2.20)$$

Dicho coeficiente mide la relación existente entre la media del proceso a los límites de especificación y la distancia  $3\sigma$ . Para el índice de capacidad real se establecen las siguientes relaciones:

$C_{pk} = C_p$  : el proceso está centrado.

$C_{pk} < C_p$  : corrimiento del proceso hacia uno de los lados de la media, siendo capaz de producir dentro especificación si  $C_p > 1$  y  $C_{pk} > 1$ .

$C_{pk} < 1$  : implica que en las condiciones actuales se está produciendo más de un 0,27 % defectivo, con corrimiento del proceso hacia uno de los lados de especificación.

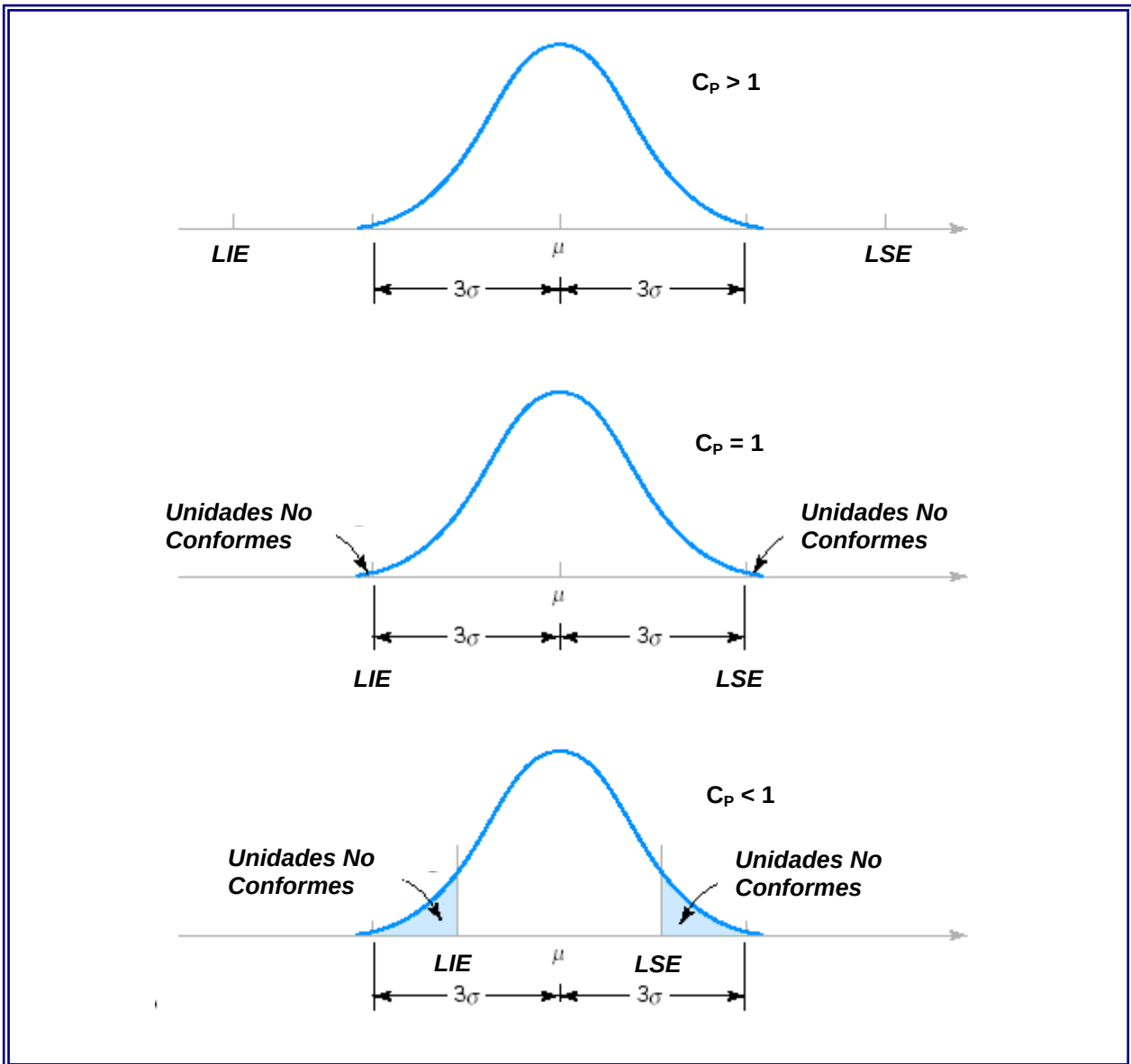
Cuando el proceso es capaz, se presentan situaciones atractivas por las siguientes razones:

1. Se pueden modificar los límites de especificación, haciéndolos mas estrechos y obtener productos mas uniformes y consistentes que los competidores.
2. Satisfacer sin dificultad las necesidades del cliente.
3. Disminución de reproceso y retrabado.
4. Mayor confiabilidad.
5. *Altos beneficios*

b) Si la variabilidad del proceso es mayor a los límites y tolerancias establecidas para una característica de calidad, es indicativo de la incapacidad del mismo de satisfacer las exigencias de manufactura. Es necesario llevar a cabo acciones correctivas inmediatas a fin generar las mejores alternativas, que en muchos casos corresponde a:

1. Cambiar el proceso a una alternativa tecnológica más confiable.
2. Estudiar el proceso minuciosamente con el objetivo de reducir la variabilidad.

3. Establecer un nuevo centro del proceso para minimizar el total de pérdidas fuera de los límites establecidos.
4. Finalizar la producción y salir del negocio.



**Figura 2.11 Estudio de capacidad de procesos**

Fuente: Montgomery D., 1996

Finalmente, para todas las herramientas de control estadístico de la calidad y de mejora continua existen disponibles software de procesamiento y análisis de datos, que facilitan la toma de decisiones y la ejecución de acciones correctivas inmediatas.

### 2.2.3.2 SOFTWARE ESTADÍSTICO MINITAB 13.1:

Es un paquete estadístico que abarca todos los aspectos necesarios para el aprendizaje y aplicación de la estadística general (ver figura 2.12):

1. La barra de **Menú** se utiliza para seleccionar el comando a utilizar para realizar las operaciones requeridas.
2. La barra de **Herramientas** permite realizar algunas funciones simplificando el acceso a las mismas.
3. La ventana de **Operaciones** muestra las salidas por pantalla de las operaciones estadísticas realizadas.
4. La ventana de **Datos** permite introducir los valores a procesar.
5. La ventana de **Información** resume la organización de los datos introducidos.
6. La ventana de **Historial** refleja los comandos que se han ejecutado.

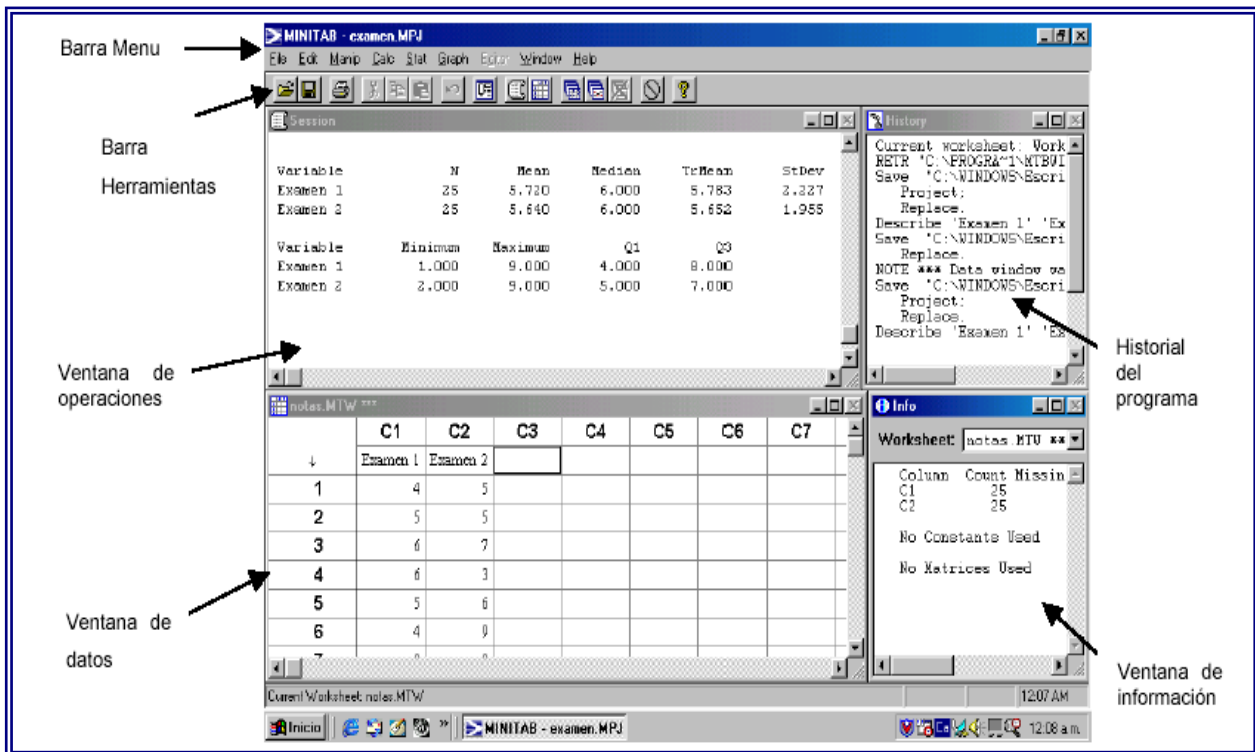


Figura 2.12 Software estadístico MINITAB 13.1. Entorno de trabajo  
1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA:

La ruta **Stat/Basis Statistics/Display Descriptive Statistics** permite obtener una Tabla que contiene las características y funciones estadísticas más simples de las

variables que se elijan. Pulsando sobre el botón Statistics se muestran los tipos disponibles, tal como se muestra en la figura 2.13

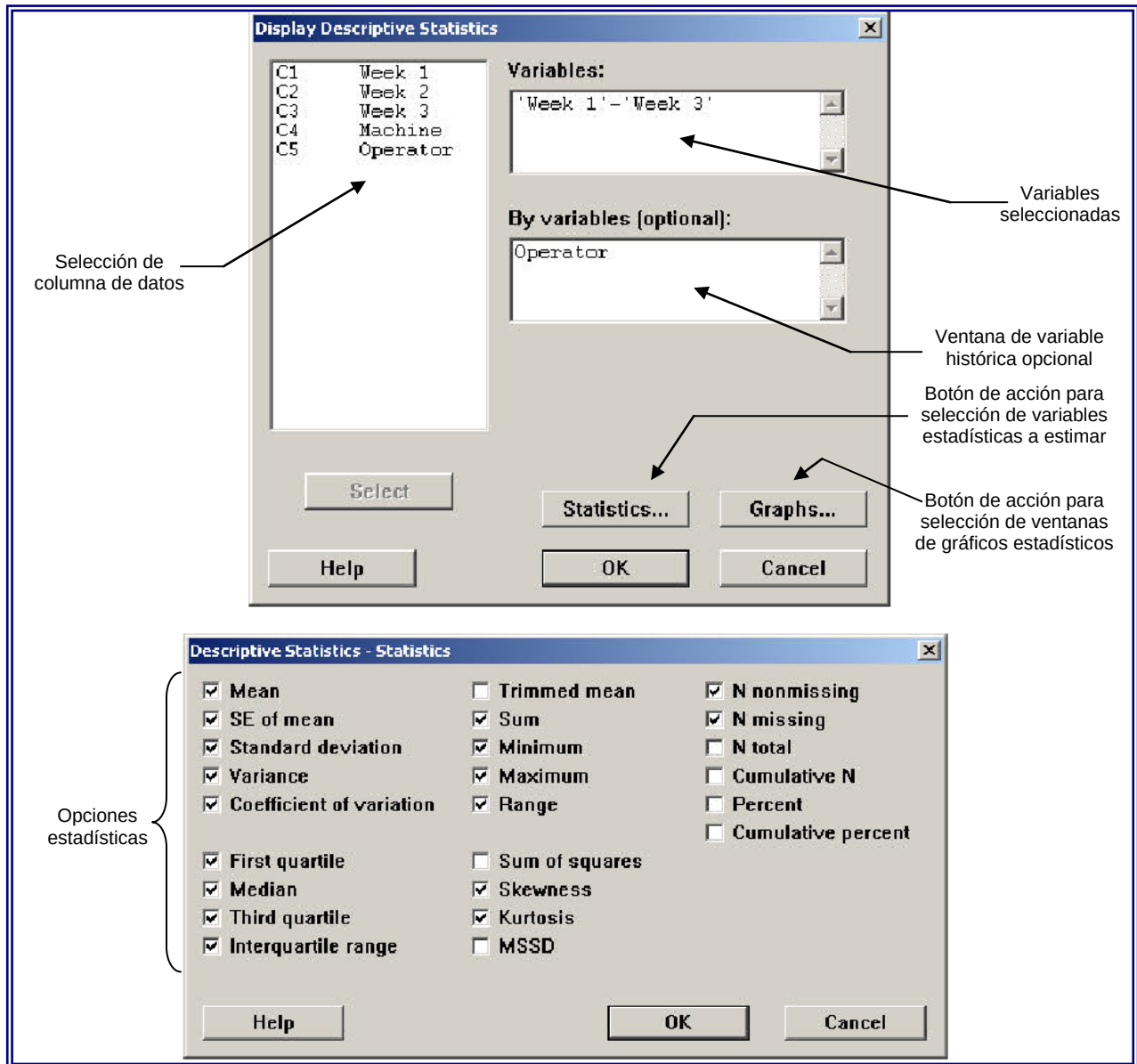


Figura 2.13 Ventana de selección de opciones de estadística descriptiva en MINITAB 13.1

### ÍNDICES CALCULADOS POR EL PROGRAMA:

#### a) Índices de posición ( valores percentiles)

**First quartile:** Calcula el valor que deja a la izquierda el 25% de los valores (Q1)

**Median:** Calcula el valor que deja a la izquierda el 50% de los valores (Q2 o mediana)

**Third quartile:** Calcula el valor que deja a la izquierda el 75% de los valores (Q1)

**Interquartile range:** Indica la diferencia entre el primer y tercer cuartil.

**b) Índices de tendencia central**

**Mean:** Media aritmética.

**Median:** Calcula el valor que deja a la izquierda el 50% de los valores (Q2 o mediana)

**Sum:** Suma de todos los valores

**c) Índices de dispersión (Dispersión)**

**SE of mean:** Error tipo de la media. Estimación de la variabilidad muestral de la media.

**Standard deviation:** Variabilidad de los valores con respecto a la media, expresada

en las mismas unidades que los datos.

**Variance:** Variabilidad de los valores con respecto a la media, expresada en unidades al cuadrado.

**Minimum:** Valor más pequeño.

**Maximum:** Valor más grande.

**Range:** Diferencia entre los valores máximo y mínimo.

**N nonmissing:** Número de entradas que no faltan.

**N missing:** Número de entradas que faltan, (\*).

**d) Índices de distribución**

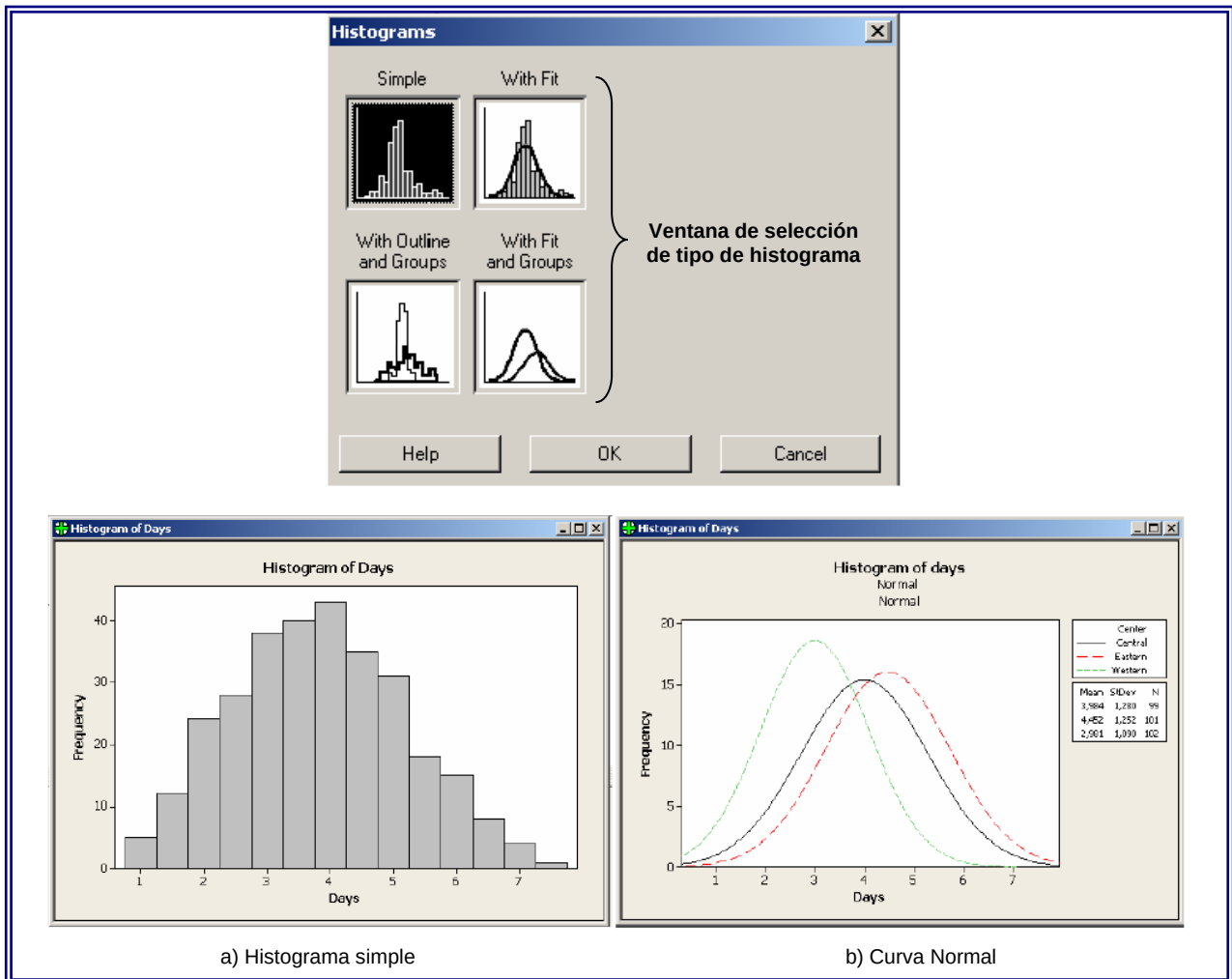
**Skewness:** Coeficiente de asimetría.

**Kurtosis:** Coeficiente de curtosis.

**2. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, TEST Y AJUSTE DE NORMALIDAD**

Se utilizan para representar la variabilidad de un conjunto de datos, utilizando como valores representativos del conjunto de datos, su valor medio y su desviación típica. Representan, por tanto, la frecuencia de los datos de una variable dividida en

diferentes intervalos. Se logran según la ruta **Graph/Histogram** y las opciones se muestran en la figura 2.14



**Figura 2.14 Ventanas de opción y representación gráfica de histogramas en MINITAB 13.1**

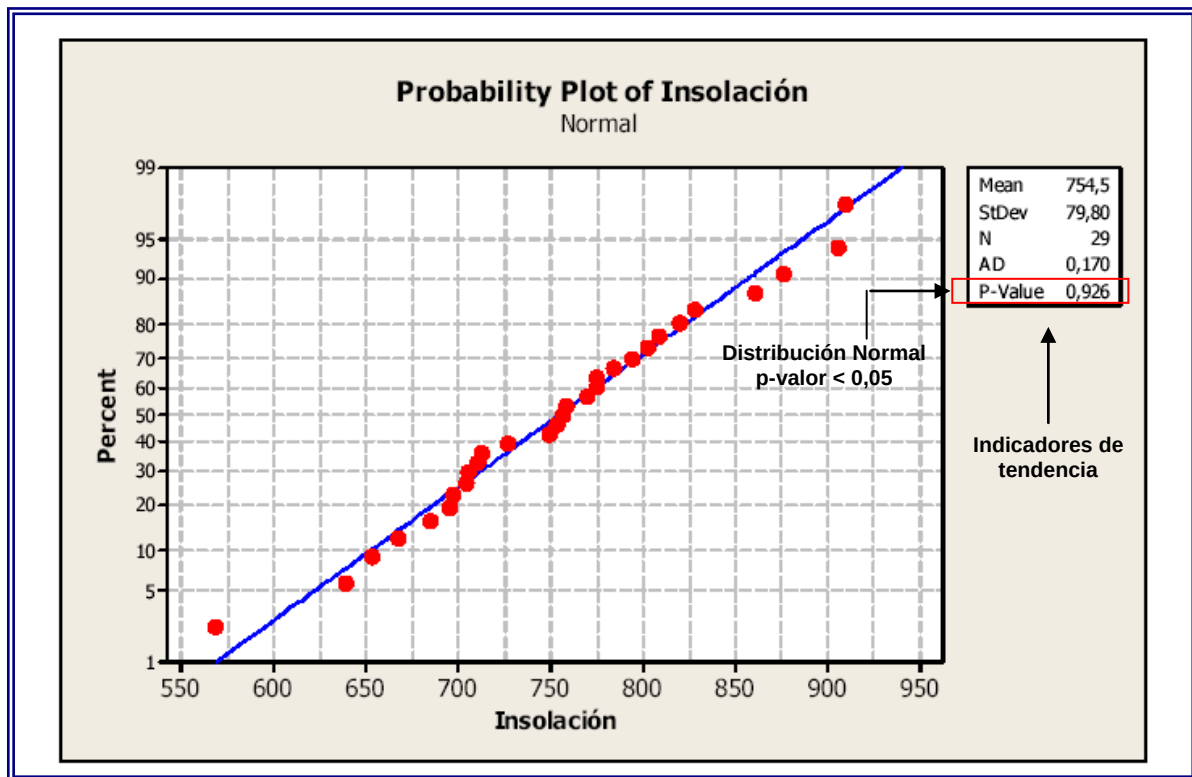
Con el objetivo de comprobar si los datos recopilados provienen de una distribución normal, el MINITAB permite desde **Stat/Basic Statistics/Normality Test**, determinar la distribución de frecuencias es normal. En la ventana de diálogo que aparece en este caso, se indica la variable y columna donde están los datos cuya normalidad se requiere comprobar y el programa permite elegir entre los siguientes tests de bondad de ajuste:

1. Test de Anderson-Darling, basado en comparaciones con la función de distribución.



2. Test de Kolmogorov- Smirnov.
3. Método de Shapiro-Wilks, basado en la correlación.

El p-valor en cada caso, indicará si se rechaza o no la hipótesis de normalidad, siendo no normal para un p-valor por debajo de 0,05. Adicionalmente, en la ventana resultante se presenta la estimación de la media y de la desviación típica, tal como se muestra en la figura 2.15



**Figura 2.15 Representación gráfica de la prueba de normalidad resultante al emplear el software MINITAB 13.1**

A fin de interpretar correctamente los gráficos, resulta imprescindible que las observaciones provengan de una distribución aproximadamente normal. Si los datos provienen de una distribución notablemente asimétrica, el software estadístico permite aplicar la transformación Box-Cox para inducir normalidad.

Dada una variable aleatoria  $Y$  asociada a una distribución asimétrica, se transformará en otra variable  $Y'$ , donde  $Y' = Y^\lambda$  ó  $Y' = \ln Y$ . El método de Box-Cox estima el valor de  $\lambda$  el cual minimiza la desviación estándar de  $Y'$ . Si  $\lambda \neq 0$ , entonces

$Y' = Y^\lambda$  ; en caso contrario,  $Y' = \ln Y$  . Si el valor obtenido para  $\lambda$  es próximo a la unidad el transformar la variable no se resulta ventajoso. La opción para el ajuste de datos se obtiene al ingresar en la barra de herramientas en: **Stat > Control Charts > Box-Cox Transformation**, tal como se indica en la figura 2.16

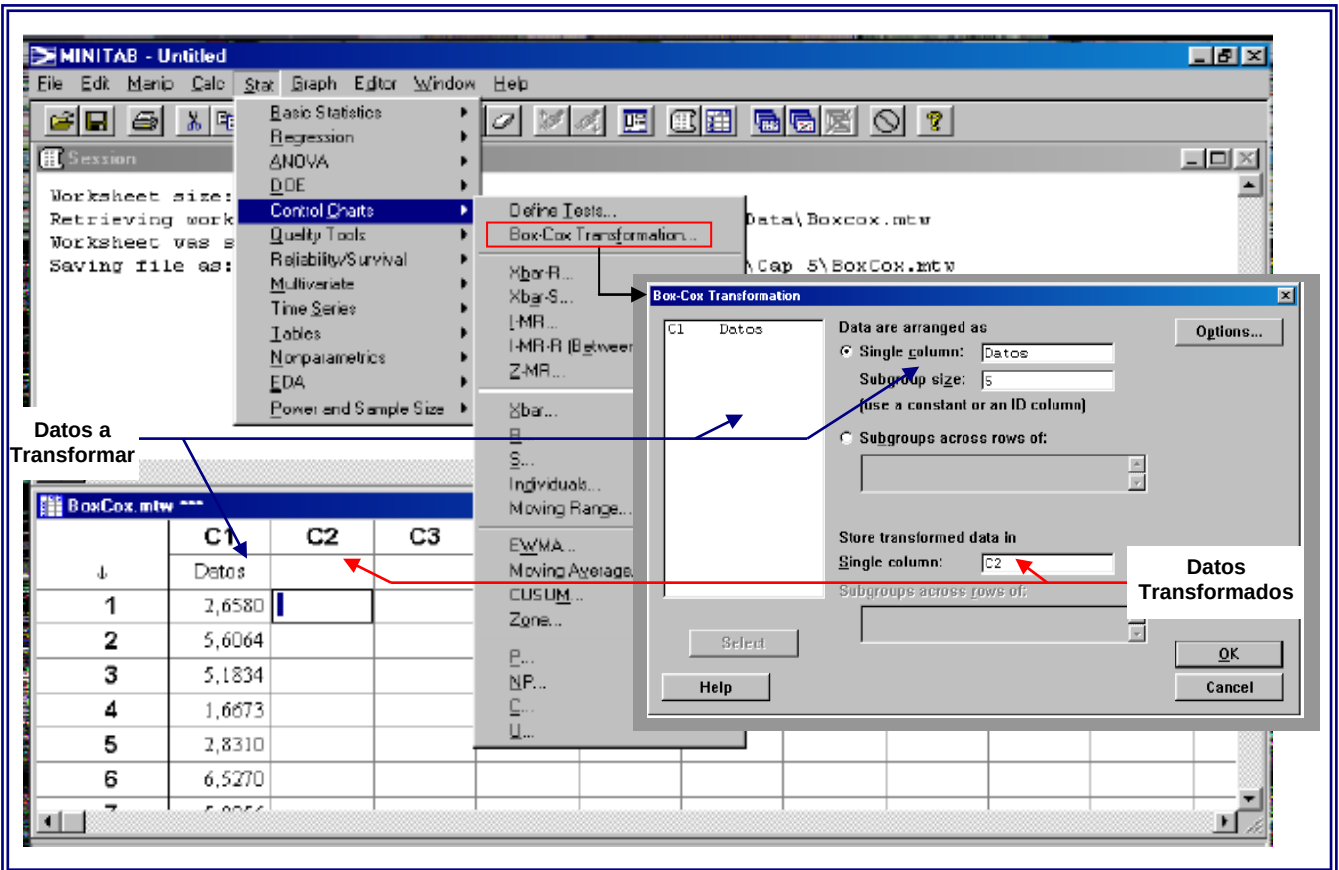
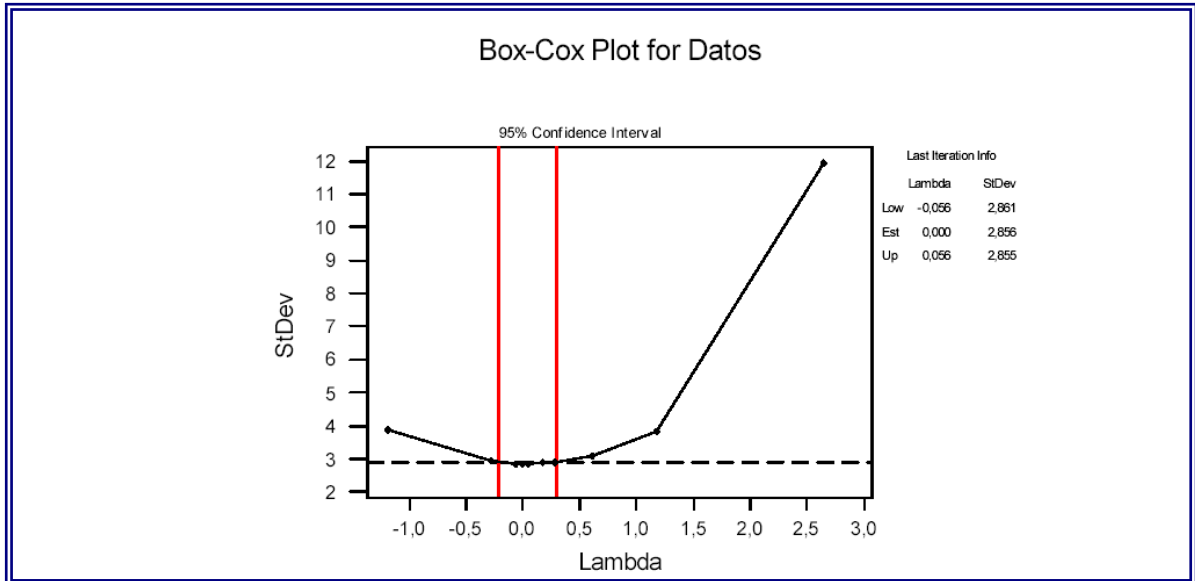


Figura 2.16 Ingreso y transformación de datos empleando la función BOX-COX de MINITAB 13.1

El software despliega una ventana con el gráfico resultante de la iteración, así como los valores de tendencia central y de dispersión, y el rango del coeficiente  $\lambda$  para el cual se minimiza la desviación estándar, tal como se muestra en la figura 2.17



**Figura 2.17 Gráfico Box-Cox de transformación de datos empleado por el software MINITAB 13.1**

Las dos líneas rojas del gráfico determinan un intervalo de confianza a nivel del 95% para el verdadero valor de  $\lambda$ . Para el ejemplo dado en la figura 2.17 el mejor estimador para  $\lambda$  es el cero, y la transformación resultante es la ecuación  $Y' = \ln Y$ .

### 3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD CON MINITAB

Los gráficos de control se agrupan según el tipo de datos que se disponga, tal como se presentan en la Tabla 2.7

**TABLA 2.7  
CLASIFICACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES PARA EL USO DEL SOFTWARE MINITAB 13.1**

| TIPO DE DATOS                     | ESTADÍSTICOS A REPRESENTAR                                                                                                                                                                                                     | NOMBRE DEL GRÁFICO                              |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Datos en subgrupos</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Medias de subgrupos, X-barra</li> <li>Rangos de subgrupos, R</li> <li>Desviaciones estándar de subgrupos, S</li> <li>X-barra y R</li> <li>X-barra y S</li> </ul>                        | X-barra<br>R<br>S<br>X-barra y R<br>X-barra y S |
| <b>Observaciones individuales</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Observaciones individuales</li> <li>Rangos móviles</li> <li>Obs. Individuales y rangos móviles</li> </ul>                                                                               | Individual<br>Rangos móviles<br>I – MR          |
| <b>Combinaciones de subgrupos</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Medias móviles con peso exponencial</li> <li>Medias móviles</li> <li>Sumas acumuladas</li> <li>Obs. Individuales o medias de subgrupos según su distancia a la línea central</li> </ul> | EWMA<br>Medias móviles<br>CUSUM<br>Zona         |
| <b>Series cortas</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Obs. Individuales estandarizadas y rangos móviles</li> </ul>                                                                                                                            | Z - MR                                          |

Se selecciona en la barra de herramientas la opción para el caso de medias de subgrupos: **Stat > Control Charts > Xbar**, para la cual se desplegará la ventana de opciones que se muestra en la figura 2.18

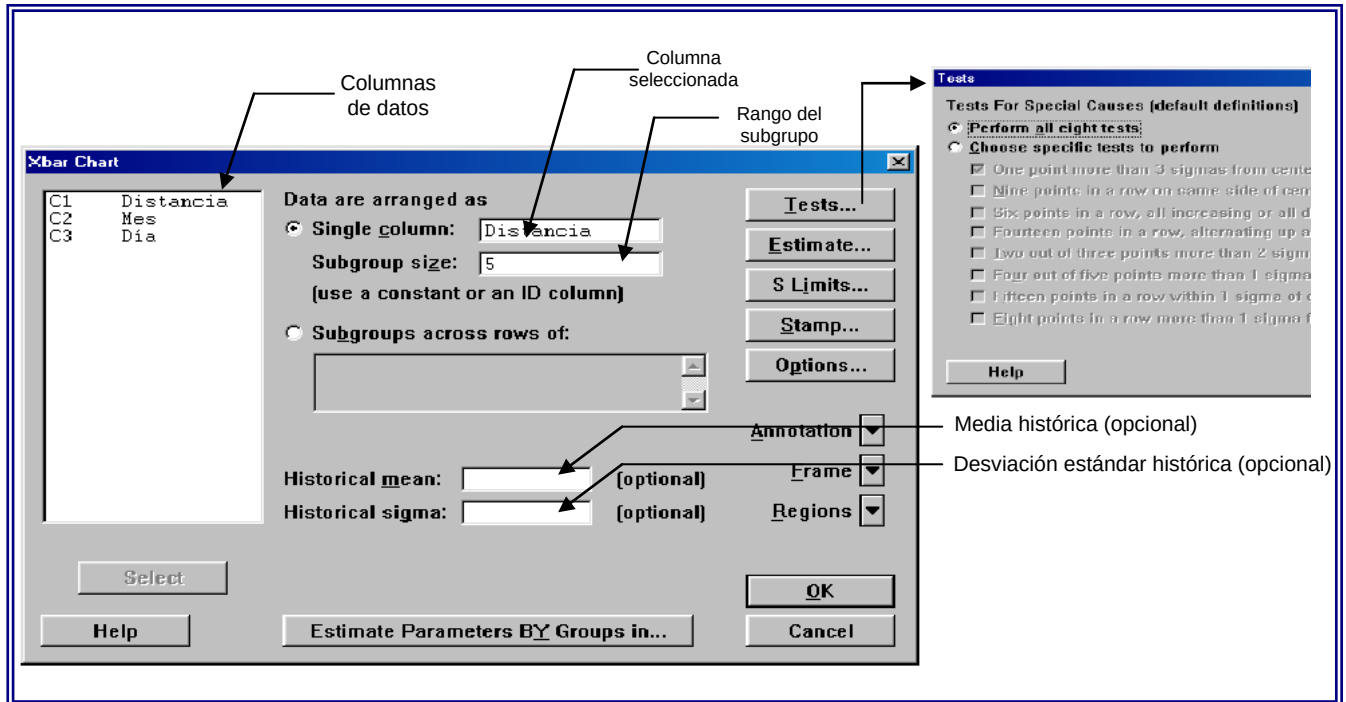


Figura 2.18 Ingreso de datos y selección de gráficos de control en MINITAB 13.1

Al ser ingresado los datos y seleccionado el tipo de gráfico de control, el software presenta en una ventana adicional el gráfico de control resultante así como los resultados de las pruebas de causas especiales, tal como se indica en la figura 2.19

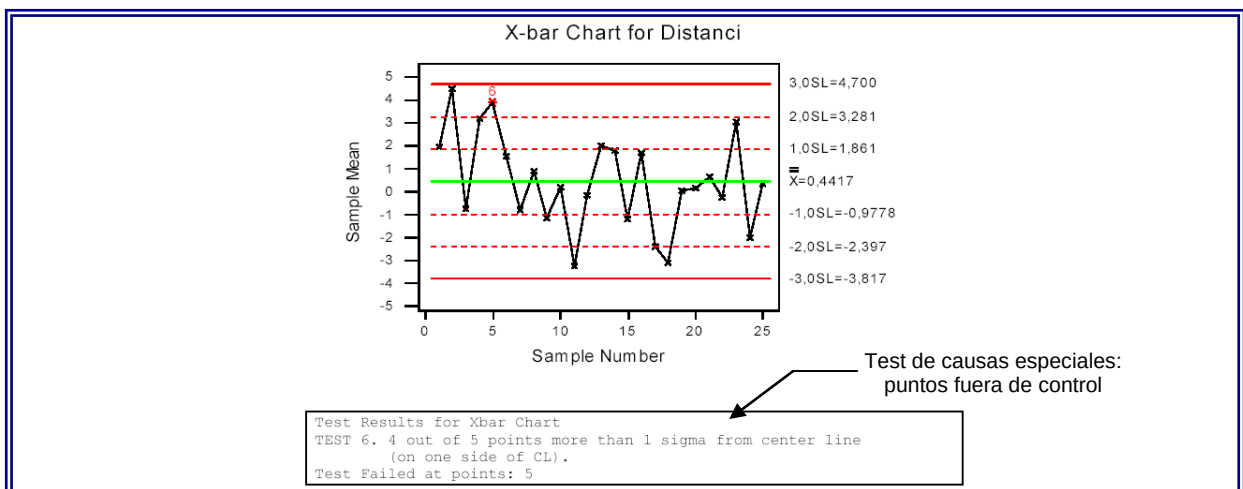


Figura 2.19 Ejemplo de gráfico de control X-bar en MINITAB 13.1

Las pruebas de causas especiales pueden ser configuradas seleccionando una a una; y cada uno de los tests detecta un determinado comportamiento no aleatorio en los datos. La figura 2.21 presenta los ejemplos de comportamientos positivos para cada test de causas especiales

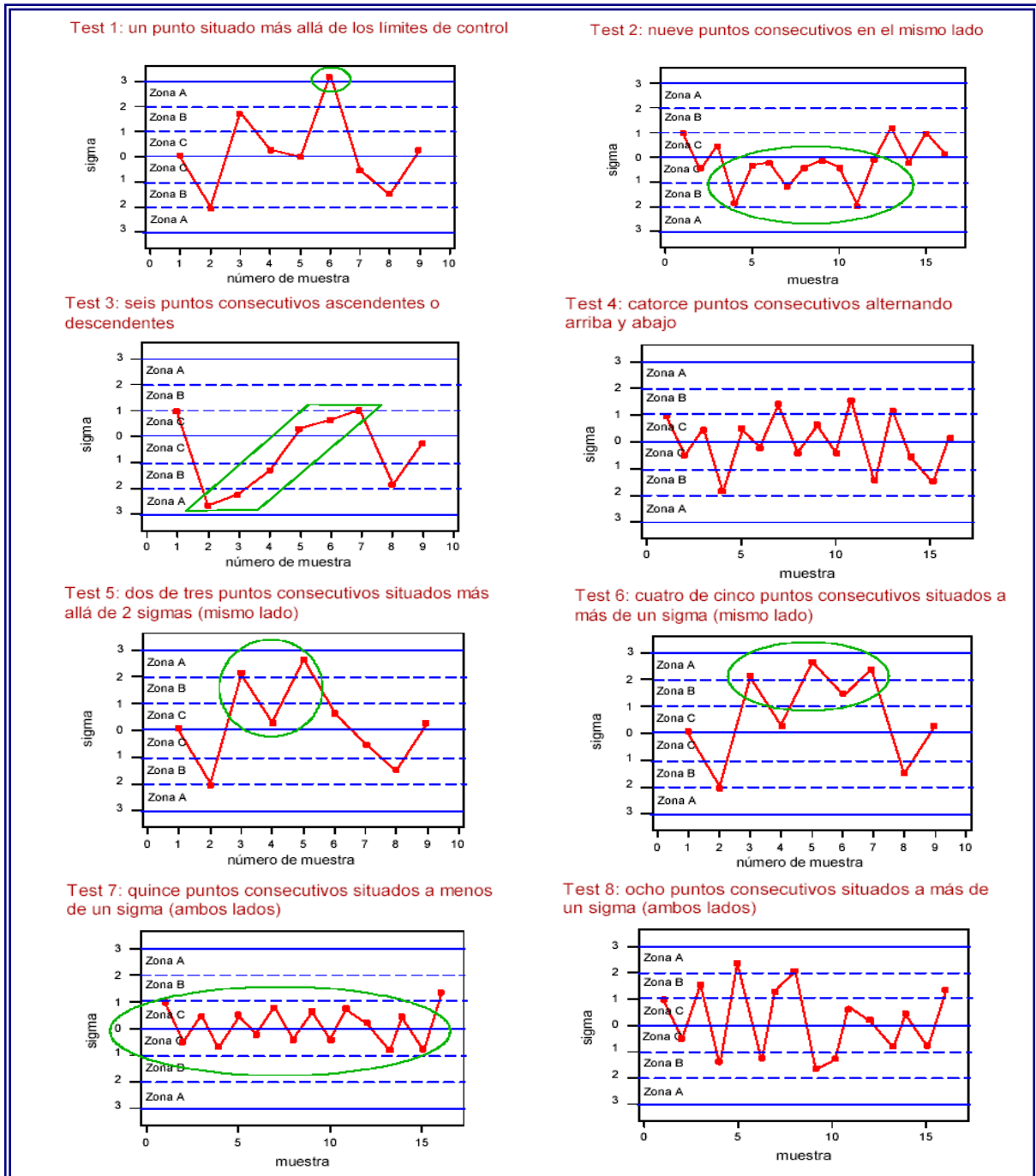


Figura 2.20 Test de causas especiales de variación positivos en MINITAB 13.1

## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

A continuación se describe cada etapa del proceso productivo llevado a cabo en AJEVEN C.A. para la producción de bebidas gaseosas.

#### 3.1 PROCESO PRODUCTIVO:

El componente base de las bebidas gaseosas es el agua la cual constituye más del 85% en volumen de la composición total, seguido del azúcar, gas carbónico y sustancias acidificantes, conservantes y emulsiones de los jarabes de preparación. En función de los componentes de preparación y las materias primas para el envasado de la bebida, el proceso se divide en las siguientes etapas:

1. Extracción y tratamiento del agua de pozo.
2. Recepción de materias primas.
3. Preparación de jarabes.
4. Preparación de bebidas gaseosas.
5. Soplado de preformas de Polietileno Tereftalato (PET).
6. Etiquetado de botellas de Polietileno Tereftalato (PET).
7. Envasado de bebidas gaseosas.
8. Empaquetado y paletizado.
9. Almacenamiento, despacho y distribución.

Se puede observar cada etapa de producción en el diagrama presentado en la Figura 3.1 y la Figura 3.2:

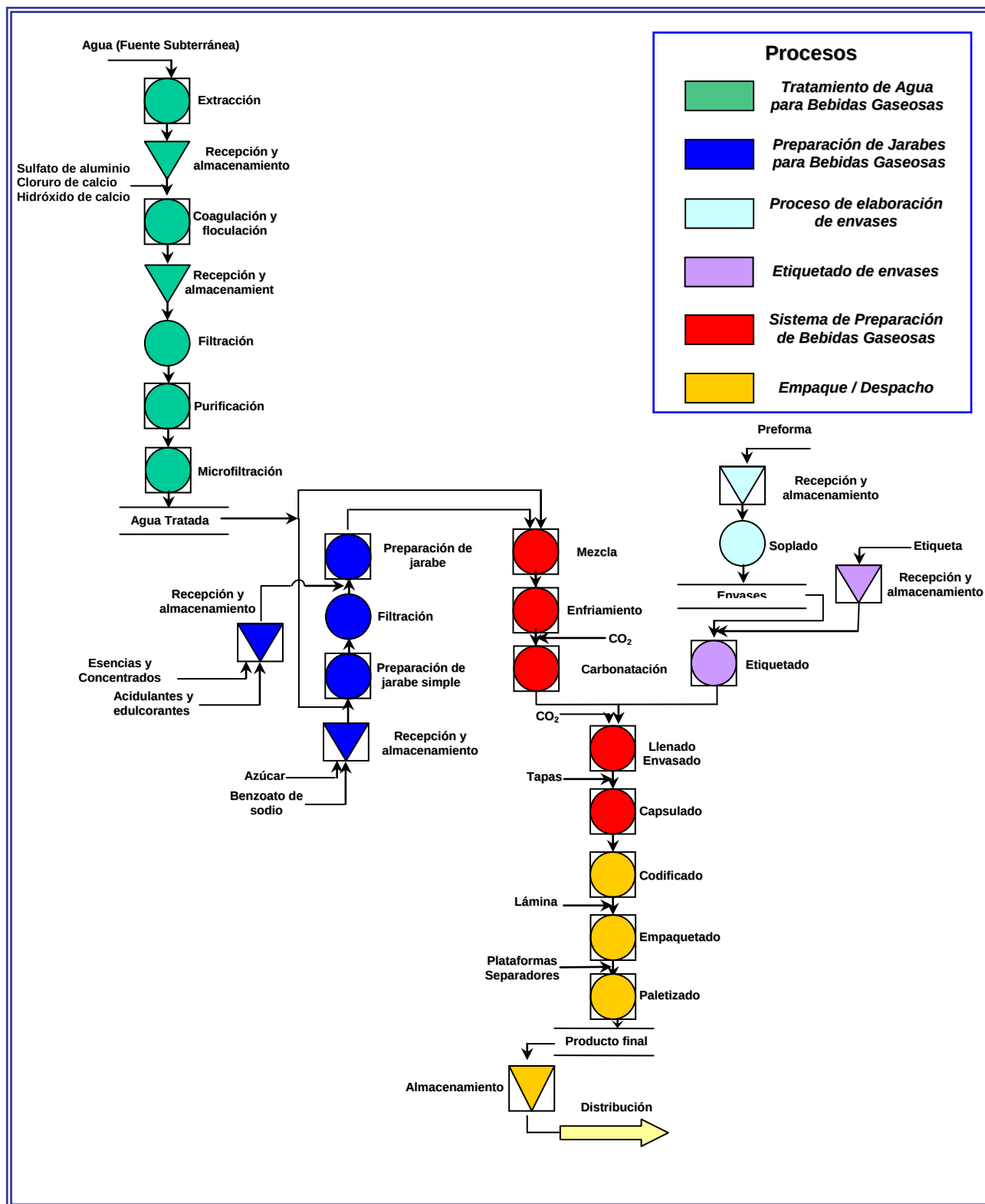


Figura 3.1. Diagrama de Flujo del Proceso Productivo

Fuente: AJEVEN MEJORA CONTINUA 2005

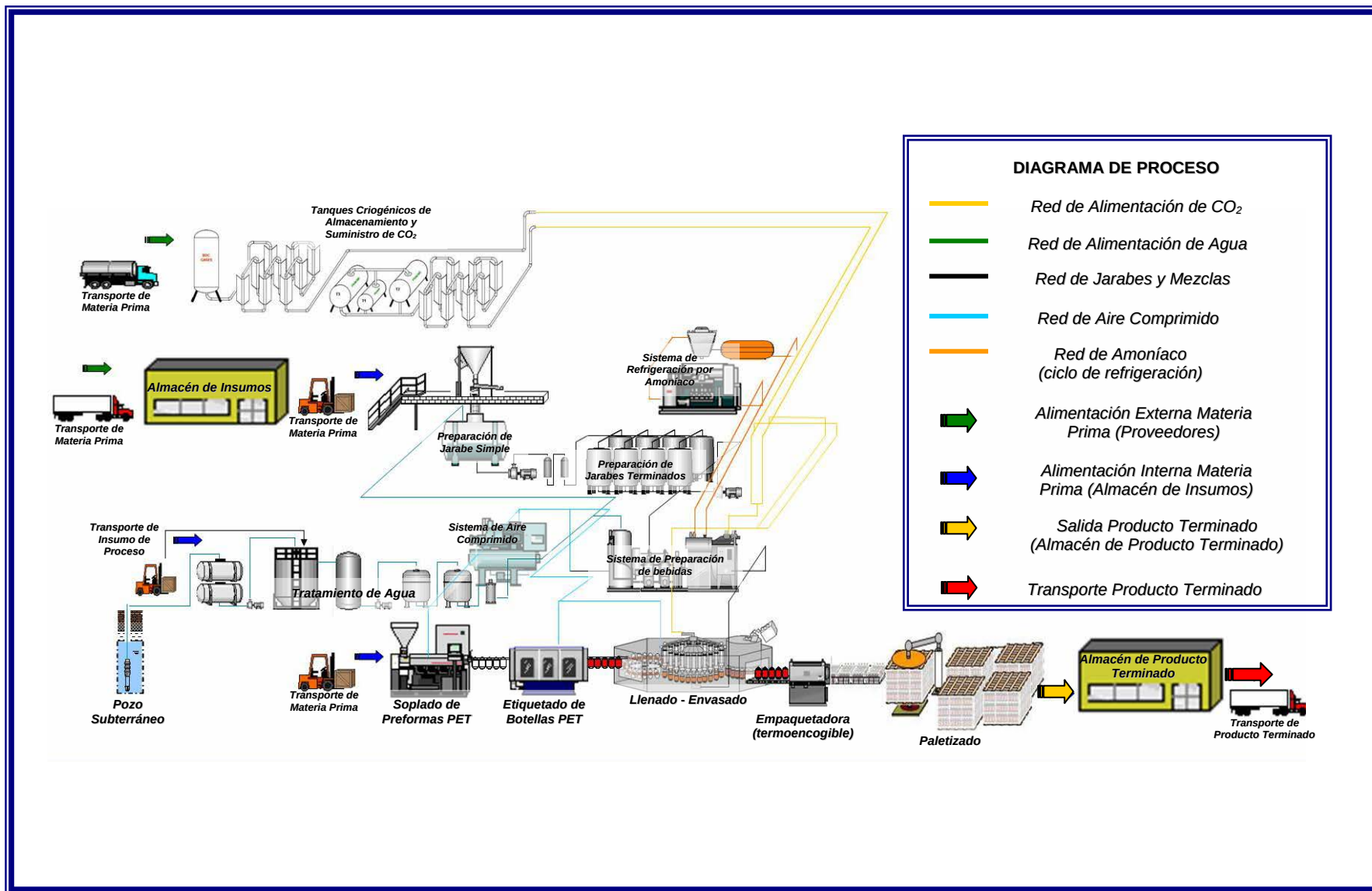


Figura 3.2 Distribución y secuencia del proceso de producción de Bebidas Gaseosas empleado en AJEVEN C.A.

Fuente: AJEVEN MEJORA CONTINUA 2005



El proceso inicia con la extracción de agua de pozo, la cual es tratada por medio de operaciones de separación para la remoción y ajustes de las características físico-químicas del agua referidas a:

- a) Sólidos disueltos y en suspensión
- b) Alcalinidad total
- c) Dureza total
- d) Turbidez
- e) Impurezas orgánicas e inorgánicas

El proceso de tratamiento se lleva a cabo en las siguientes unidades:

**I. Tanques mellizos:**

Almacenaje y alimentación del agua a tratar

**II. Tanques reactores:**

Control y ajuste de alcalinidad, coagulación y floculación de material sólido en suspensión y soluble. Dispone de tres zonas de control de parámetros del agua de alimentación.

- a) *Zona de fondo:* sedimentación de los flóculos.
- b) *Zona de reacción:* zona de agitación, mezclado y reacción del agua bruta con las sustancias químicas coagulantes, floculantes y neutralización del agua.
- c) *Zona clara:* zona de rebose y alimentación del tanque pulmón por acción gravitatoria

**III. Tanques pulmones:**

Almacenaje y alimentación de las baterías de filtrado

**IV. Sistema de filtrado:**

Consta de tres baterías de filtro, cada una dispone de tres filtros en serie:

a) *Filtro de arena y grava*: Remoción de material sólido particulado; ajuste de sólidos en suspensión.

b) *Filtro de carbón activado*: Retención de partículas y sustancias orgánicas, gases disueltos, cloro, etc, que pueden proporcionar al agua olores y/o sabores indeseados.

c) *Filtro pulidor*: Remoción de impurezas pequeñas (hasta 5 micras); control y ajuste de sólidos en suspensión; salida del agua tratada.

Luego de ser tratada el agua, se procede a la preparación de los jarabes para las bebidas, los cuales son de dos tipos:

- 1) Jarabe simple: mezcla constituida por agua, azúcar y benzoato de sodio
- 2) Jarabe terminado: mezcla constituida por jarabe simple, emulsión saborizante, ácido fosfórico, sustancias estabilizantes, entre otras, en cantidades controladas

El jarabe terminado es altamente concentrado en sacarosa y es la base para la preparación de la bebida gasificada. Cada fase tiene un tiempo establecido de ejecución, el cual dependerá de la homogeneidad y características de la mezcla, las cuales comprenden:

*Fase 1*: Adición de los ingredientes

*Fase 2*: Mezclado

*Fase 3*: Estabilización y reposo

La tecnología empleada para la preparación de bebidas, corresponde al **Sistema Crown** de preparación, para el cual se presenta la descripción operacional del sistema en general y de cada unidad involucrada.

### 3.2 SISTEMA CROWN DE PREPARACIÓN DE BEBIDAS

Es un sistema de diseño modular de preparación de productos de forma simple y estable, para el sistema de llenado a bajas temperaturas. Esta compuesto por un

sistema de mezcla, unidad de enfriamiento y carbonatador. Al finalizar la preparación del jarabe terminado, ingresa al área de llenado conjuntamente con el agua previamente tratada, llevándose a cabo las siguientes procesos:

### 3.2.1. Sistema de Mezcla:

El agua tratada y el jarabe terminado son transferidos al sistema de mezcla, el cual está constituido por dos tanques de estabilización de agua y jarabe, los cuales ingresan al sistema de dosificación y bombeo en la relación volumétrica Agua/Jarabe deseada. Se basa en el principio de cabezal constante sobre un orificio para llevar a cabo la proporción de fluidos deseada (véase Figura 3.3).

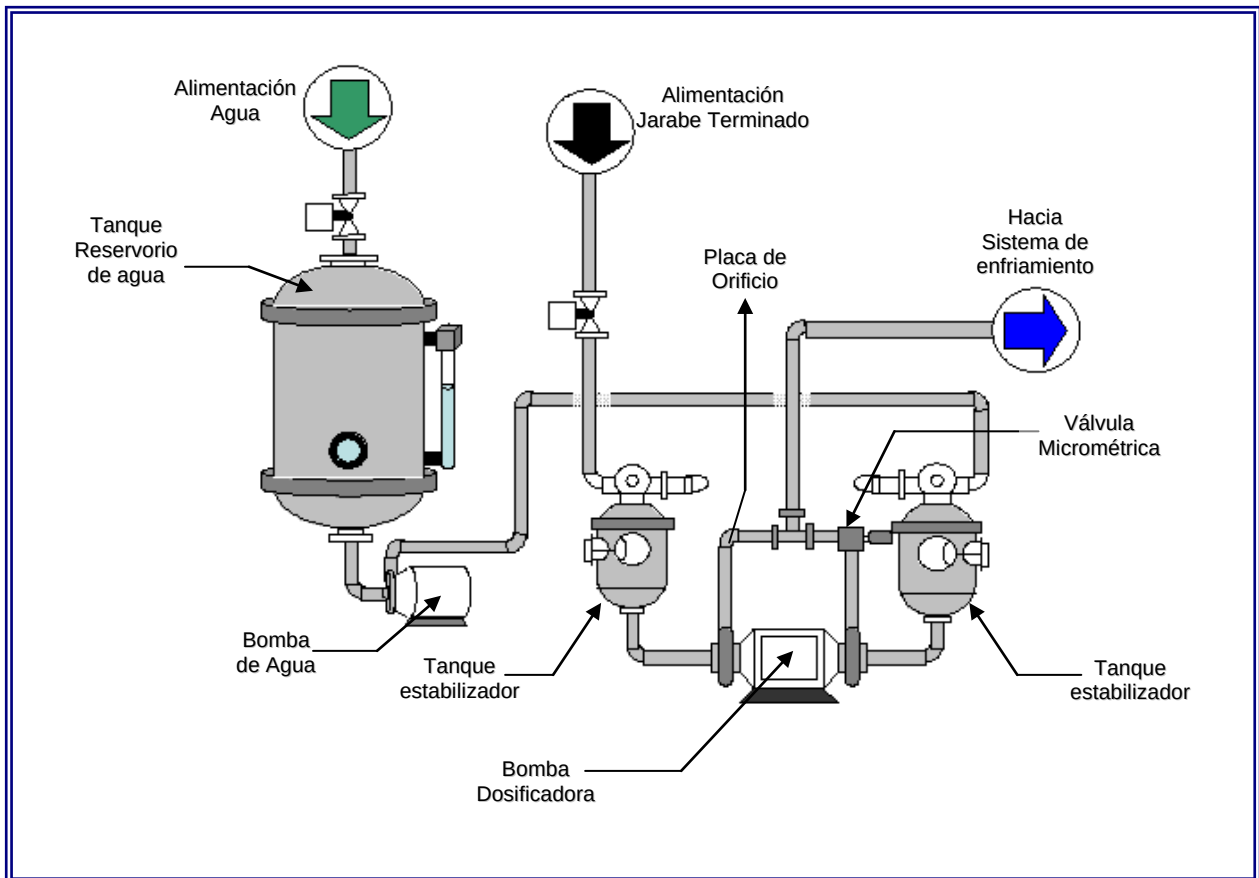
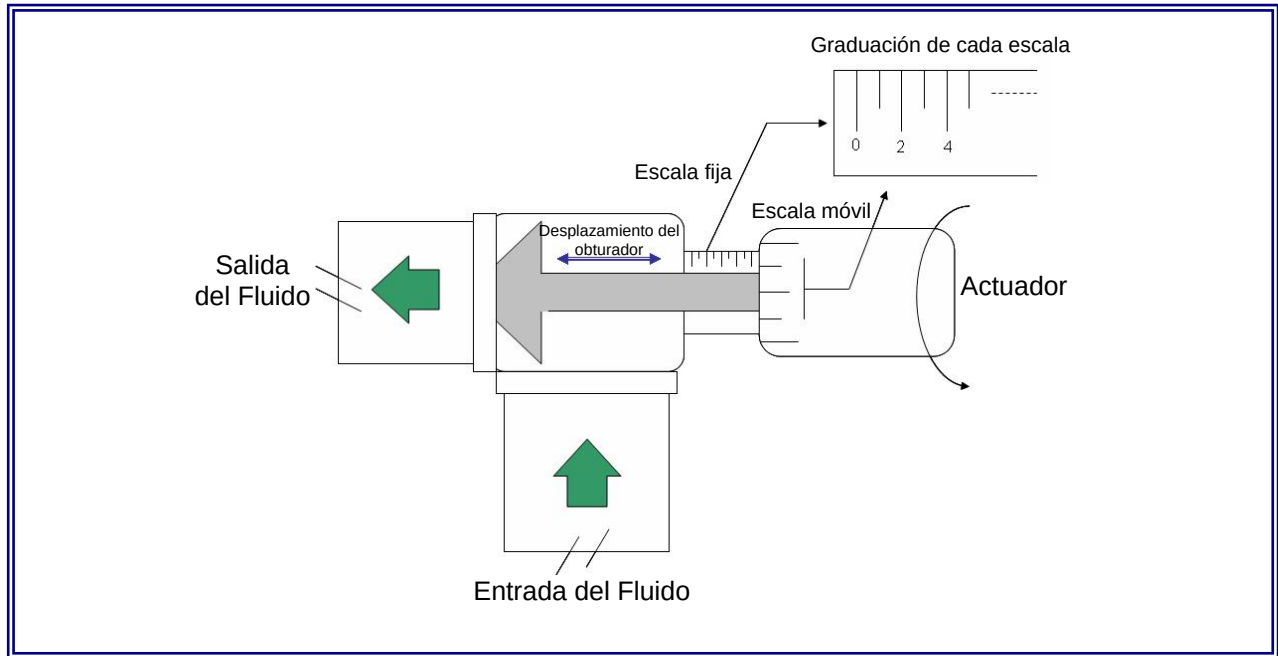


Figura 3.3 Sistema de dosificación y bombeo

Los tanques de estabilización están conectados a una bomba centrífuga de doble cabezal y motor de doble eje, el cual bombea los fluidos a la misma velocidad de succión. Dispone de una válvula micrométrica en la línea de descarga de agua, la cual

controla la rata de flujo de agua para un cabezal constante en la línea de descarga de jarabe. Está compuesta de una escala fija y una escala móvil que permiten la regulación del flujo (véase Figura 3.4)



**Figura 3.4 Válvula micrométrica de ángulo**

Los tanques de estabilización se encuentran a presión ambiente y disponen de dos sistemas de válvulas; una válvula on/off actuada por aire comprimido permite el acceso de cada fluido al sistema y una válvula moduladora de flujo controla el caudal de ingreso a cada unidad de estabilización, la cual es actuada por un sistema de control de nivel en el tanque. Dicho sistema es activado por un sensor de nivel por desplazamiento (flotador) y un electrodo de inmersión para la activación el sistema de alarma y parada, que mantienen un nivel constante en cada tanque; adicionalmente cada uno se mantiene en una atmósfera a baja presión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para prevenir la corrosión por picadura (alto grado de acidez de la bebida y presencia de oxígeno disuelto) y mantener el cabezal constante de la unidad desde la succión hasta la descarga de la unidad, la cual esta compuesta por una placa de orificio, cuyo diámetro será determinante del cabezal de la bomba y por consiguiente del caudal de mezcla obtenido en la unidad.

Este sistema además de llevar a cabo la mezcla de jarabe y agua, proporciona la carga térmica del intercambiador de calor o cabina de enfriamiento, el cual corresponde al siguiente módulo del sistema de preparación de bebidas.

### 3.2.2 Sistema de Enfriamiento (cabina de enfriamiento):

La cabina de refrigeración está diseñada completamente en acero inoxidable; contiene internamente numerosas placas de enfriamiento dispuestas de forma vertical, diseñadas con una serie de corrugaciones horizontales que forman internamente conductos por los cuales circula el fluido refrigerante (Amoníaco). Un contenedor de distribución del jarabe se encuentra ubicado sobre los platos de enfriamiento y presenta una serie de aberturas que distribuyen y permiten el flujo homogéneo del líquido en forma de cascada a través de las placas (véase Figura 3.5)

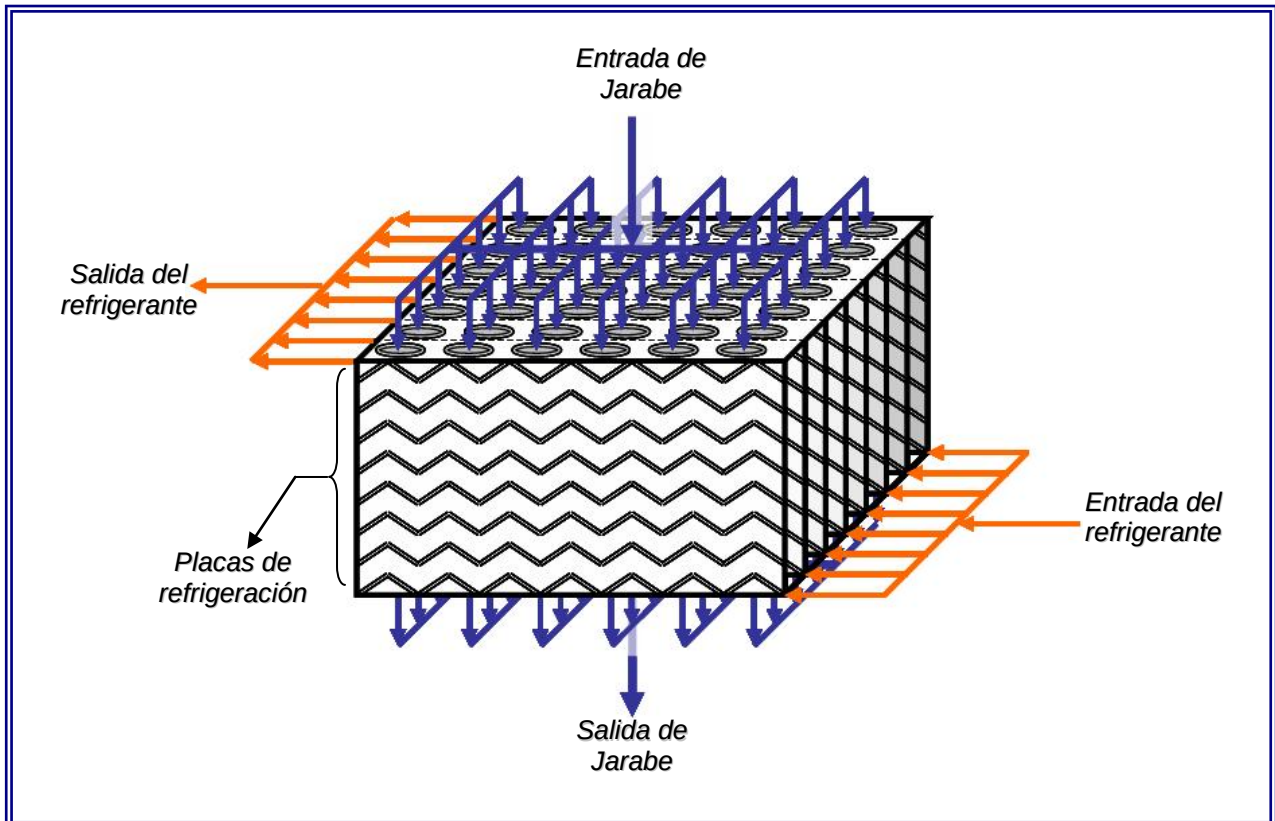
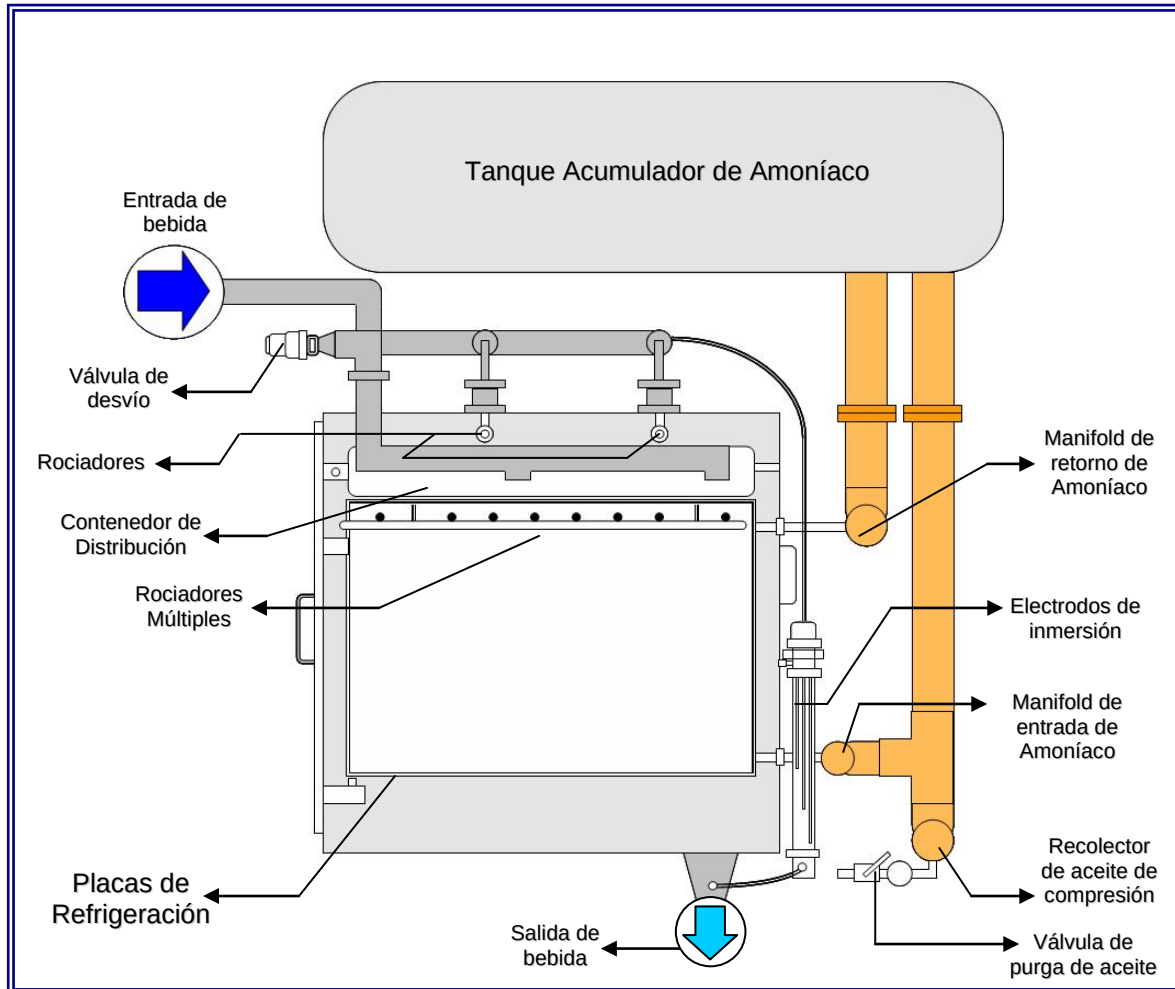


Figura 3.5 Sistema de intercambio térmico en cascada y placas

La entrada principal de la unidad se encuentra por el tope de la misma, donde ingresa el fluido (jarabe), el cual transfiere calor al refrigerante y luego es almacenado en la parte inferior de la unidad, la cual sirve de reservorio del líquido refrigerado.



**Figura 3.6 Sistema de refrigeración empleando amoníaco**

El nivel de líquido en el reservorio es controlado por medio de una serie de sensores de nivel, específicamente electrodos de inmersión ubicados dentro de un cilindro acrílico transparente, que a su vez permite el control visual del mismo. Consta de tres unidades: el electrodo de corta longitud, permite desactivar el flujo de entrada y define la máxima capacidad del reservorio, correspondiente a la altura desde el fondo hasta las proximidades de la salida del fluido de las placas; el electrodo de longitud media activa el suministro de jarabe desde la unidad de mezclado, a niveles de líquido por debajo de su longitud y en conjunto con el electrodo de corta longitud definen los

niveles normales de líquido en operación. La longitud del tercer electrodo previene el bajo nivel de líquido y detiene la operación del sistema, evitando la entrada de aire a la unidad de bombeo siguiente o su cavitación, así como la generación de presión de vacío dentro de la unidad. El intercambiador de calor opera aproximadamente a presión atmosférica, a partir de una presión positiva de  $\text{CO}_2$  en el interior de la cabina de 15 a 20 psig, que permite el desplazamiento del aire contenido en el interior y permite un grado de carbonatación bajo en el fluido.

La eficiencia del sistema dependerá de la carga térmica (flujo másico y temperatura de entrada), la cual a su vez debe definirse en función de la demanda de producto envasar. La extracción de calor se lleva a cabo mediante un ciclo de refrigeración por compresión de amoníaco, compuesto por cuatro elementos esenciales:

**1. Evaporador:** esta compuesto por las placas de enfriamiento y es el elemento donde el calor es extraído del fluido (bebida) por el refrigerante, el cual cambia de estado de líquido a vapor, llevándose a cabo un proceso evaporativo (ebullición) a presión de saturación.

**2. Compresor:** lleva a cabo la compresión del vapor de amoníaco hasta vapor sobrecalentado, para luego ser condensado a presión constante.

**3. Condensador:** funciona por un sistema de intercambio térmico de aire-agua (torre de enfriamiento), el cual condensa el vapor sobrecalentado a líquido comprimido.

**4. Válvula de expansión:** expande el líquido comprimido hasta la región de saturación y retorna hasta el sistema del evaporador.

El ciclo de refrigeración se muestra a continuación en la Figura 3.7

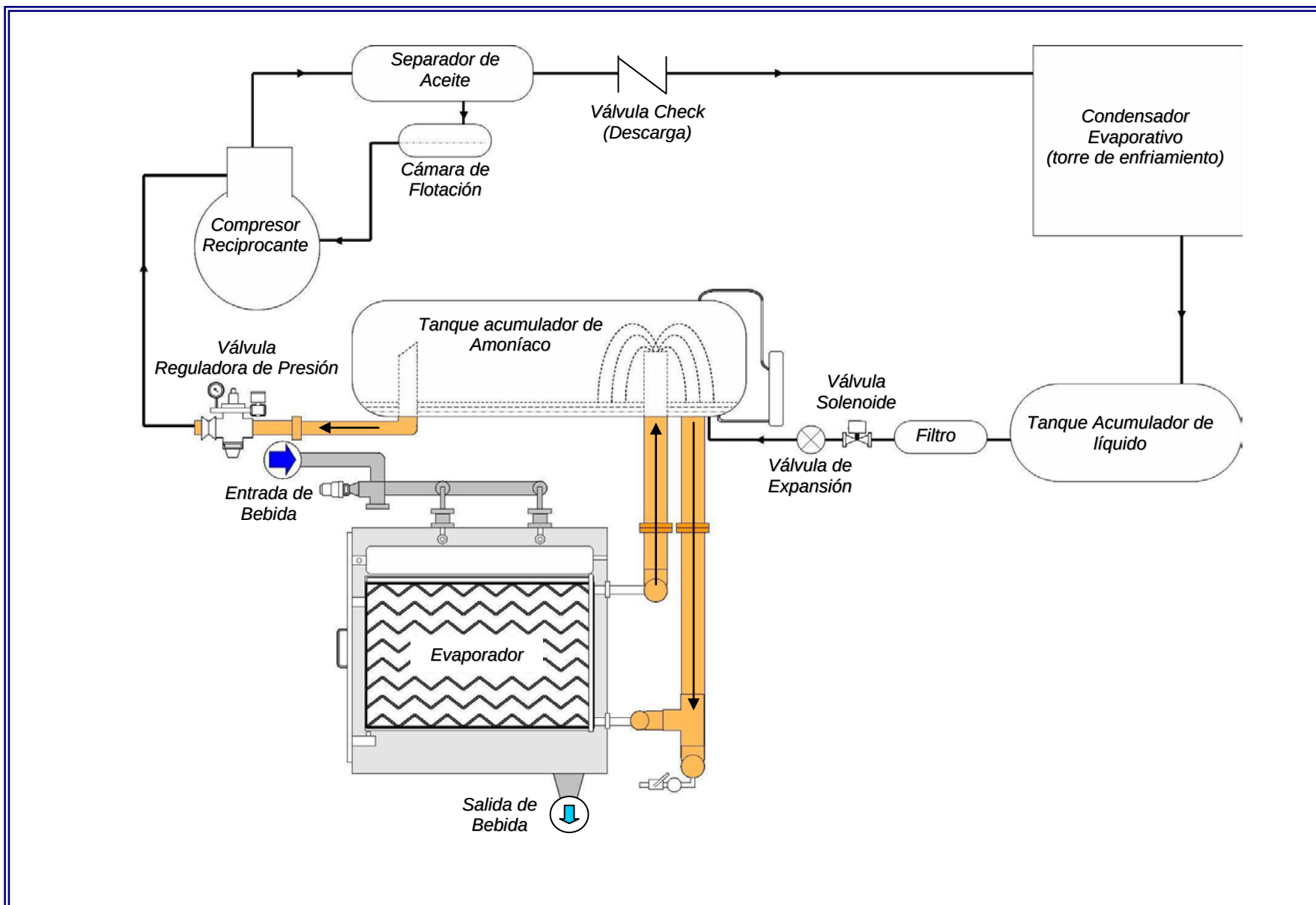


Figura 3.7 Ciclo de refrigeración de Amoniaco



El ciclo de enfriamiento inicia en el compresor, el cual remueve el vapor del evaporador e ingresa a los pistones de compresión y eleva la presión hasta 150 psig de vapor sobrecalentado; posteriormente se lleva a cabo la separación del aceite de compresión, el cual tiende a ser arrastrado por el flujo del sistema y puede ser acumulado en los conductos del evaporador disminuyendo la eficiencia del intercambio térmico. La separación se lleva a cabo en una cámara horizontal, la cual expande el vapor sobrecalentado disminuyendo su velocidad de transporte; las partículas líquidas son removidas por acción gravitatoria y diferencia de densidades y se acumulan en el fondo del recipiente. Un controlador de nivel por desplazamiento regula la cantidad de líquido y permite el retorno del aceite hacia la zona de baja presión del compresor. El vapor sobrecalentado libre de impurezas se descarga a través de una válvula check y alimenta al condensador evaporativo.

El condensador evaporativo, es una torre de enfriamiento Agua-Aire de tiro forzado, que incorpora un serpentín de condensación interno; el agua es suministrada por el tope de la unidad en forma de rocío y entra en contacto con la superficie del serpentín, absorbiendo el calor del refrigerante hasta su condensación.

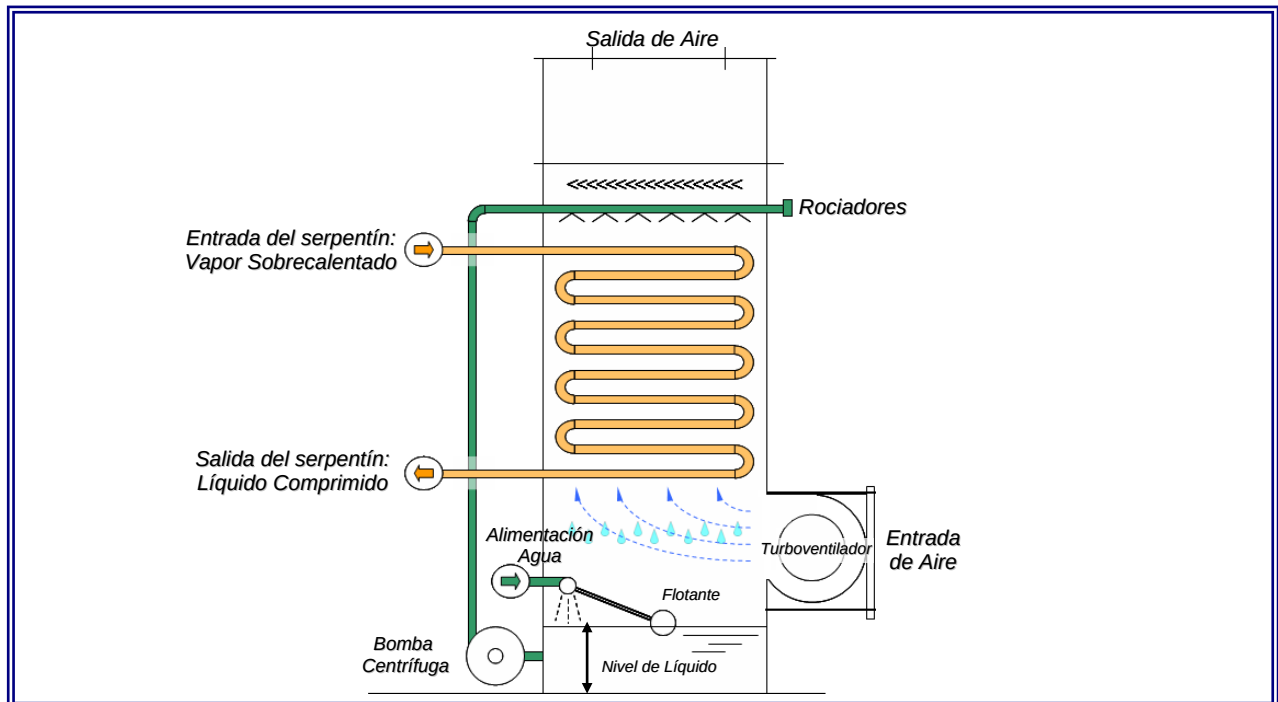


Figura 3.8 Condensador evaporativo del sistema de refrigeración

En el proceso de transferencia de calor parte del agua es evaporada y arrastrada con el flujo de aire en la unidad, por lo cual un controlador de nivel regula la cantidad de agua requerida en el sistema.

El refrigerante condensado es acumulado en un tanque de almacenamiento horizontal, el cual debe ser llenado hasta un 90% de su capacidad, siendo el 10% restante empleado en la expansión del líquido. La carga de amoníaco líquido en condiciones normales de operación es  $\frac{1}{3}$  del visor de nivel del contenedor y no debe ser inferior a  $\frac{1}{4}$  de su capacidad, ya que puede repercutir en la eficiencia de enfriamiento. El refrigerante es distribuido por diferencia de presión entre los diversos evaporadores de cada línea de producción.

Los evaporadores (Figura 3.6) disponen de un tanque acumulador de amoníaco líquido en el tope de la unidad, el cual alimenta y distribuye el líquido por acción gravitatoria a las diferentes placas de enfriamiento. El proceso evaporativo ocurre en el interior de los conductos de las placas y el vapor obtenido es retornado nuevamente al tanque. Las condiciones operacionales controladas son el nivel de líquido y la presión interna del acumulador, las cuales cumplen dos funciones importantes: evitar la entrada de líquido a la succión del compresor y mantener el nivel de líquido regulado, a fin de garantizar el llenado de los canales de las placas con refrigerante.

El control de nivel se lleva a cabo por un sensor, el cual en conjunto con la unidad de control permite configurar tres puntos de ajustes: bajo nivel, nivel de control y máxima capacidad. La unidad de control proporciona una señal digital en porcentaje de la altura de nivel de líquido que cubre al electrodo, empleando como referencia el diámetro del tanque de 20 pulg. Además, el sistema permite ajustar los rangos de variabilidad para cada punto de ajuste. El control de presión se lleva a cabo por medio de una válvula reguladora; al elevarse la presión en el tanque y alcanzar la presión de ajuste, la válvula abre y regula la salida de vapor al compresor completando el ciclo de refrigeración.

En la Tabla 3.1 se muestran las temperaturas y presiones de operación del evaporador y la temperatura obtenida de la bebida a la salida del intercambiador:

**TABLA 3.1**  
**CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EVAPORADOR Y TEMPERATURA DE**  
**BEBIDA OBTENIDA**

| <b>Condiciones de operación<br/>(Amoniaco Saturado)</b>        |                                                                       | <b>Estado del sistema</b>                                              | <b>Temperatura<br/>de la bebida<br/>(<math>T_b \pm 1</math>)°C</b> |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Presión de<br/>succión<br/>(<math>P_s \pm 1</math>)psig</b> | <b>Temperatura de<br/>saturación<br/>(<math>T_s \pm 0,1</math>)°C</b> |                                                                        |                                                                    |
| 43                                                             | -2,2                                                                  | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 0,0                                                                |
| 44                                                             | -1,7                                                                  | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 1,1                                                                |
| 45                                                             | -1,1                                                                  | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 2,2                                                                |
| 47                                                             | -0,3                                                                  | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 4,0                                                                |
| 53                                                             | 2,2                                                                   | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 5,6                                                                |
| 60                                                             | 5,0                                                                   | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 8,3                                                                |
| 68                                                             | 8,0                                                                   | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 11,1                                                               |
| 75                                                             | 10,0                                                                  | <i>Línea de succión del Compresor</i>                                  | 13,9                                                               |
| 121                                                            | 23,0                                                                  | <i>Bomba de Agua apagada<br/>(Evaporador condensativo)</i>             | > 15,0                                                             |
| 138                                                            | 26,7                                                                  | <i>Turboventilador de Aire apagado<br/>(Evaporador condensativo)</i>   | > 15,0                                                             |
| 172                                                            | 33,0                                                                  | <i>Turboventilador de Aire encendido<br/>(Evaporador condensativo)</i> | > 15,0                                                             |
| 181                                                            | 35,0                                                                  | <i>Bomba de Agua encendida<br/>(Evaporador condensativo)</i>           | > 15,0                                                             |
| 185                                                            | 36,0                                                                  | <i>Máxima presión de operación<br/>(Evaporador condensativo)</i>       | > 15,0                                                             |

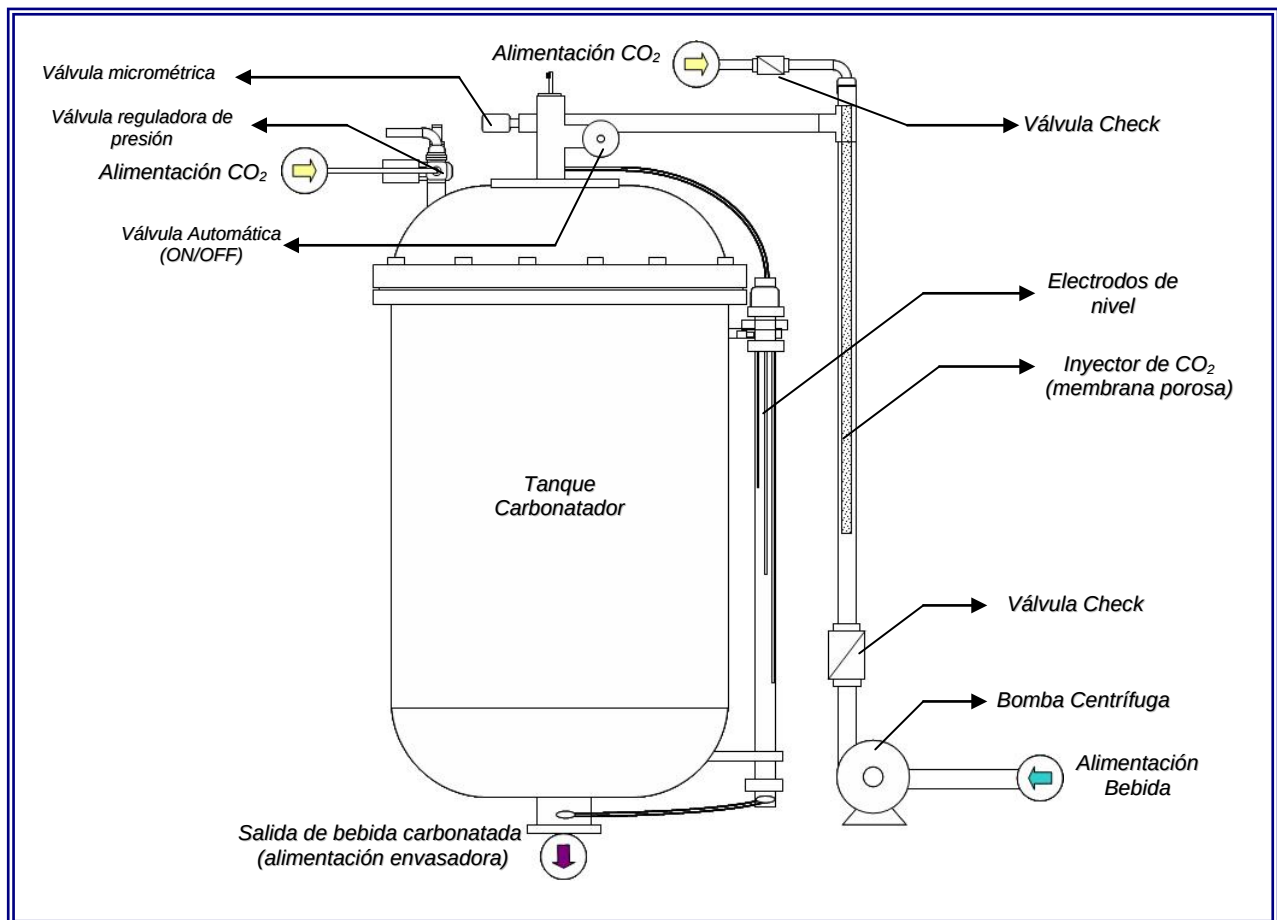
Fuente: Sistema Crown de preparación de bebidas – Manual de operación

### **3.2.3 Sistema Carbonatador:**

La unidad de carbonatación está constituida por tres elementos básicos:

1. *Bomba centrífuga.*
2. *Unidad de Inyección de CO<sub>2</sub>.*
3. *Tanque hermético presurizado.*

La línea de salida de la cabina de enfriamiento alimenta la bomba centrífuga, cuya tubería de descarga se extiende de forma vertical y se acopla a la unidad de inyección de  $\text{CO}_2$ , la cual consta de una tubería de diámetro inferior a la tubería del sistema de bombeo, y está construida de un material poroso (apertura por orificio de 2 micrones), acoplada concéntrica e internamente a la descarga de la bomba. La salida de la unidad de inyección ingresa al tanque carbonatador presurizado, tal como se muestra en la Figura 3.9:



**Figura 3.9 Sistema carbonatador de bebidas**

La carbonatación se lleva a cabo en la unidad de inyección de gas, la cual combina bebida y  $\text{CO}_2$  a condiciones controladas de presión y temperatura, llevándose a cabo un proceso de absorción. El líquido a baja temperatura y la alta presión permiten que el gas sea absorbido y retenido. El grado de carbonatación dependerá de la rata de flujo de  $\text{CO}_2$  que ingresa a la unidad, la bebida a baja temperatura se desplaza a través

de la superficie del inyector sobre la cual se crea una película externa de gas, el cual se absorbe y es arrastrado por el flujo de líquido impulsado por la bomba centrífuga. La presión interna del inyector debe ajustarse en el rango de 100-125 psig, y el grado de carbonatación se debe definir de acuerdo al caudal circulante de bebida en la unidad. La válvula micrométrica ubicada en el tope del tanque carbonatador permite regular el caudal de líquido a procesar y la presión generada por el CO<sub>2</sub> en el inyector debe ser superior a la presión de descarga de la bomba, de manera tal que la presión diferencial se encuentre en el rango de 4 – 12 psig. De acuerdo a la demanda de jarabe requerida y el volumen de carbonatación deseado, se puede definir el flujo de CO<sub>2</sub> a partir de la relación volumétrica de Jarabe/CO<sub>2</sub>. La Tabla 3.2 indica la relación de flujos de acuerdo al volumen de CO<sub>2</sub> requerido:

**TABLA 3.2**  
**CARTA DE SELECCIÓN DE REQUERIMIENTO DE CO<sub>2</sub>**

| Demanda de jarabe (gal/h) | Requerimiento de CO <sub>2</sub> (pie <sup>3</sup> /min) |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | 0,2 volumen                                              | 1,5 volumen | 2,0 volumen | 3,0 volumen | 3,5 volumen | 3,8 volumen | 4,0 volumen |
| 100                       | 0,05                                                     | 0,22        | 0,50        | 0,67        | 0,78        | 0,85        | 0,89        |
| 200                       | 0,09                                                     | 0,67        | 0,90        | 1,30        | 1,60        | 1,70        | 1,80        |
| 300                       | 0,13                                                     | 1,00        | 1,30        | 2,00        | 2,30        | 2,50        | 2,70        |
| 500                       | 0,22                                                     | 1,70        | 2,20        | 3,40        | 3,90        | 4,30        | 4,40        |
| 700                       | 0,31                                                     | 2,30        | 3,10        | 4,60        | 5,40        | 5,90        | 6,20        |
| 900                       | 0,40                                                     | 3,00        | 4,00        | 6,00        | 7,00        | 7,60        | 8,00        |
| 1000                      | 0,53                                                     | 3,30        | 4,40        | 6,60        | 7,80        | 8,50        | 8,90        |
| 1200                      | 0,62                                                     | 4,00        | 5,30        | 8,00        | 9,30        | 10,20       | 10,60       |
| 1400                      | 0,67                                                     | 4,70        | 6,20        | 9,40        | 11,00       | 12,00       | 12,00       |
| 1500                      | 0,67                                                     | 5,00        | 6,70        | 10,00       | 12,00       | 13,00       | 13,00       |
| 1600                      | 0,71                                                     | 5,30        | 7,10        | 10,00       | 12,00       | 13,00       | 14,00       |
| 1800                      | 0,80                                                     | 6,00        | 8,00        | 12,00       | 14,00       | 15,00       | 16,00       |
| 2000                      | 0,90                                                     | 6,70        | 9,00        | 13,00       | 16,00       | 17,00       | 18,00       |
| 3000                      | 1,30                                                     | 10,00       | 13,00       | 20,00       | 23,00       | 25,00       | 27,00       |
| 4000                      | 1,80                                                     | 13,00       | 18,00       | 26,00       | 31,00       | 34,00       | 35,00       |
| 5000                      | 2,20                                                     | 17,00       | 22,00       | 34,00       | 39,00       | 42,00       | 44,00       |
| 6000                      | 2,60                                                     | 20,00       | 26,00       | 40,00       | 46,00       | 51,00       | 53,00       |
| 8000                      | 3,50                                                     | 27,00       | 35,00       | 54,00       | 62,00       | 68,00       | 71,00       |
| 10000                     | 4,40                                                     | 33,00       | 44,00       | 66,00       | 77,00       | 85,00       | 88,00       |

Condición estándar: 1 atm @ 0 °C

Fuente: Sistema Crown de preparación de bebidas – Manual de operación

Las especificaciones de los equipos de proceso se muestran a continuación en la tabla 3.3:

**TABLA 3.3**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DE LOS EQUIPOS DE PROCESO**  
**ESTABLECIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BEBIDA\***

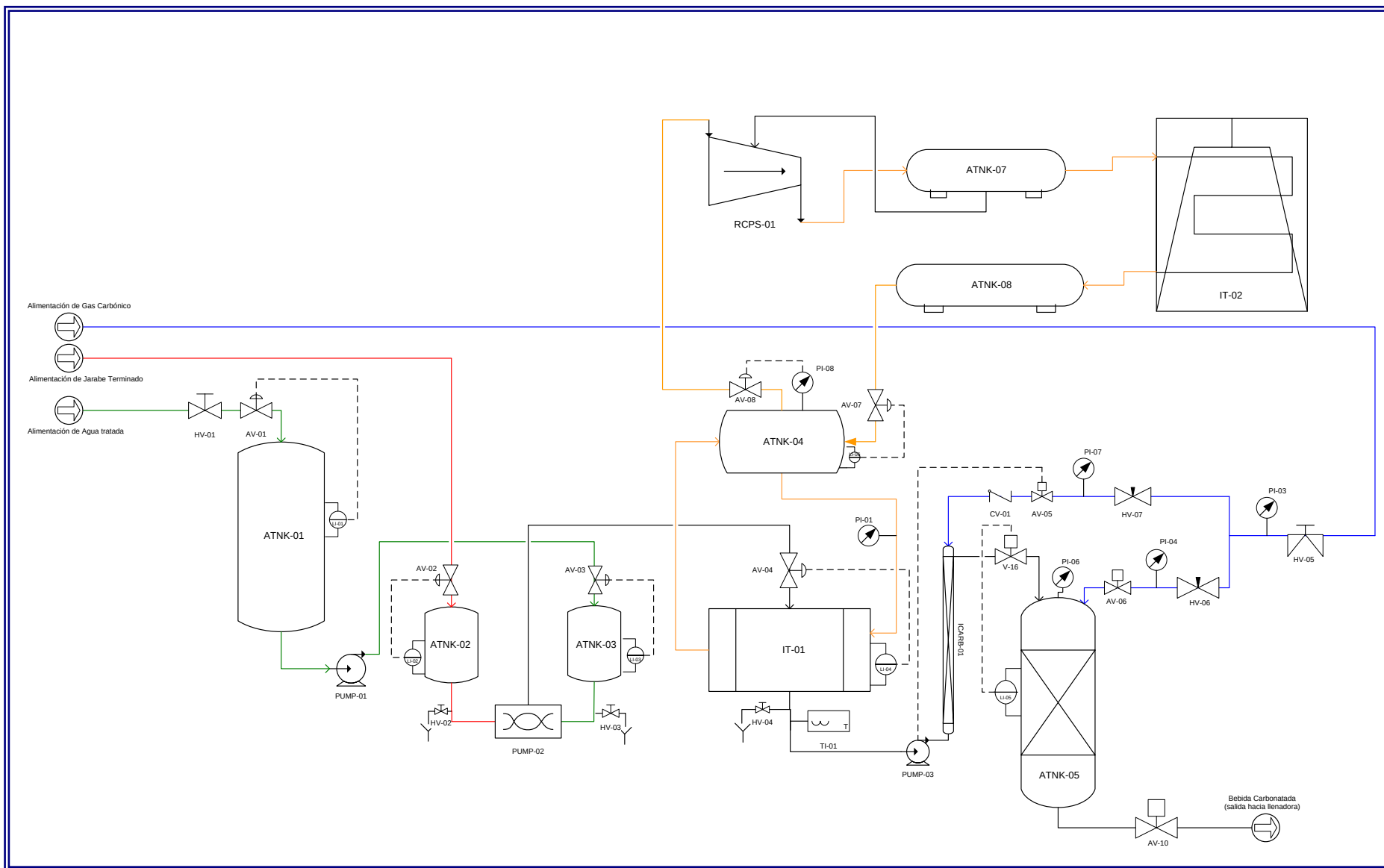
| <b>Variable</b>                                                   | <b>Instrumento de medición</b> | <b>Especificación</b>             |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Presión de alimentación de CO <sub>2</sub>                        | Manómetro Bourdon              | [130 ;180]psig                    |
| Presión de inyección de CO <sub>2</sub>                           | Manómetro Bourdon              | [110 ;115]psig                    |
| Presión del tanque carbonatador                                   | Manómetro Bourdon              | [75 ; 78]psig                     |
| Presión del tanque de llenado                                     | Sensor electromagnético        | [4 ;5]bar                         |
| Temperatura de la bebida a la salida de la cabina de enfriamiento | Termómetro Bimetálico          | [5 ;10]°C                         |
| Posición de válvula micrométrica                                  | Escala fija – Escala móvil     | [6 - 5]adim **<br>[1 - 4]adim *** |
| Diámetro del orificio de descarga de jarabe                       | -----                          | 9,5 mm **<br>10,5 mm ***          |

\* Solo aplica a producción de sabor Cola en líneas de producción 3 y 4

\*\* Línea de producción 3

\*\*\* Línea de producción 4

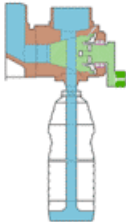
En la Figura 3.10 se presenta el diagrama de instrumentación del área de llenado:



**Figura 3.10 Diagrama de instrumentación y tuberías del sistema de preparación de bebidas Crown**

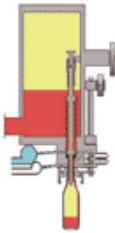
Al establecer cada parámetro de proceso de acuerdo a su influencia directa en las especificaciones de calidad y obtener la mayor eficiencia y aprovechamiento de cada unidad, se procede a llevar a cabo el proceso de envasado de producto. La bebida carbonatada se transporta hasta la unidad de envasado por diferencia de presión desde el tanque carbonatador. Actualmente en el mercado existen diferentes tecnologías de llenado, en la Tabla 3.4 se presenta un breve resumen de los sistemas generalmente empleados.

**TABLA 3.4**  
**TECNOLOGÍAS DE ENVASADO DE BEBIDAS**

| <b>Tecnología</b>       | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Sistema</b>                                                                        |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Gravimétrico            | El llenado gravimétrico se lleva a cabo por control de peso del producto. Se efectúa por medición del peso en escala electrónica y control de la apertura y cierre de la válvula de llenado, empleando un actuador electro-neumático o electromagnético. Se emplea generalmente en el envasado de fluidos de baja viscosidad. |   |
| Mecánico Volumétrico    | El volumen de líquido está definido por un cilindro y un pistón móvil, el cual al desplazarse permite succionar el líquido de la cámara contigua y posteriormente descargar directamente sobre el recipiente el volumen deseado. Generalmente utilizado en fluidos densos o con trozos de alimentos.                          |  |
| Electrónico Volumétrico | El volumen de líquido está definido por un cilindro y un pistón móvil, el cual se activa por un sistema motorizado controlado por una interfaz electrónica (el líquido es extraído y vaciado directamente sobre el recipiente). Aplica a líquidos densos y que contienen pequeños trozos sólidos                              |  |
| Flujométrico            | Se lleva a cabo por gravedad; el volumen es medido empleando un flujómetro que controla la apertura y cierre de la válvula de llenado (actuador de la válvula electroneumático o electromagnético). Aplicable a fluidos puros o de baja viscosidad.                                                                           |  |



**TABLA 3.4 (continuación)**  
**TECNOLOGÍAS DE ENVASADO DE BEBIDAS**

| <b>Tecnología</b>     | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Sistema</b>                                                                       |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Gravitatorio          | El nivel de llenado está definido de acuerdo a la altura de los tubos de venteo o tubos de descarga de fluido y dependerá de la capacidad de la botella. Se emplea en el llenado en frío o caliente de bebidas.                                                                                                                                                                                                  |   |
| Isobárico             | Se lleva cabo por presurización y estabilización del envase a las condiciones del tanque contenedor de bebida empleando un tubo de venteo de gas. El volumen contenido en el recipiente es definido por la capacidad de la botella y la altura del tubo de descarga, el cual fluye por efecto de gravedad y diferencia de densidades entre el líquido y el gas. Empleado en el envasado de bebidas carbonatadas. |   |
| Isobárico Volumétrico | Se lleva a cabo por contrapresión del nivel de líquido contenido dentro de una cámara volumétrica. El líquido fluye por gravedad y es controlado de acuerdo a la altura del anillo electromagnético que define la capacidad de la cámara volumétrica y controla el volumen a descargar, manteniendo el sistema a presión constante. Aplica a bebidas carbonatadas.                                               |  |

Fuente: Tecnologías Sidel de envasado 2005

Actualmente son empleadas las tecnologías de llenado isobárico e isobárico volumétrico en las líneas de producción de bebidas gaseosas, tal como se muestra en la tabla 3.5.

**TABLA 3.5**  
**TECNOLOGÍAS DE ENVASADO DE BEBIDAS POR LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

| <i>Línea de Producción</i> | <i>Tecnología de Envasado</i> | <i>Proveedor</i>       | <i>Número de Válvulas de llenado</i> | <i>Velocidad de procesamiento establecida (bpm)*</i> | <i>Formatos de producción (mL)*</i> |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                          | Isobárico Volumétrico         | SIDEL<br>ALSIM/ASMOJET | 60                                   | 200                                                  | 1500                                |
| 2                          | Isobárico                     | KHS                    | 45                                   | 120                                                  | 1500                                |
| 3                          | Isobárico Volumétrico         | SIDEL<br>ALSIM/ASMOJET | 63                                   | 110                                                  | 3100                                |
| 4                          | Isobárico Volumétrico         | SIDEL<br>ALSIM/ASMOJET | 63                                   | 110                                                  | 3100                                |
| 5                          | Isobárico                     | Zimonazzi              | 100                                  | 300                                                  | 500                                 |

\*Actualizado al año en curso 2006

bpm: botellas por minuto

### **3.3 TECNOLOGÍA DE ENVASADO ALSIM – ASMOJET**

El estudio está directamente enfocado en el proceso productivo de las líneas de producción 3 y 4, cuya tecnología de envasado es de tipo isobárico volumétrico. A continuación se presenta la descripción operacional del sistema.

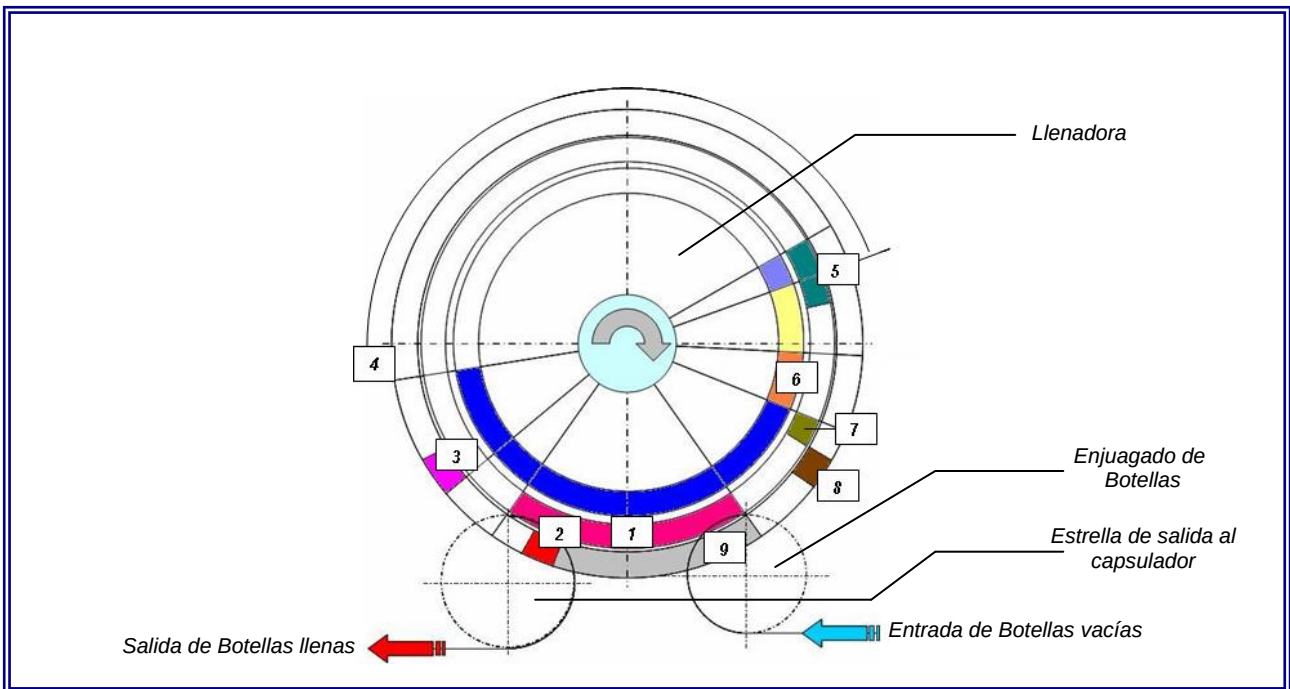
La tecnología basada en llenado isobárico volumétrico se distingue por las siguientes características y funciones:

1. Llenado volumétrico con ajuste mediante imán interno al cilindro de la válvula
2. Regulación centralizada del volumen de llenado (Panel de control)
3. Procesamiento en botellas de plástico (PET, PRB) con anillo en el cuello
4. Llenado de bebidas gaseosas o naturales
5. Llenado en contrapresión con CO<sub>2</sub> o aire estéril
6. Descompresión por etapas
7. Horquilla de soporte de botellas para elaborar distintos formatos con las mismas dimensiones del cuello

El ciclo de llenado (véase Figura 3.11) es ejecutado en fases sucesivas a partir del ingreso de botellas vacías en el carrusel de llenado, hasta la salida de las botellas llenas. Está dividido en sectores y fases de llenado. El inicio de cada fase, normalmente

está determinado por un comando correspondiente; la distancia entre los distintos mandos determina la duración de cada fase y su posición es establecida durante el proceso. El ciclo de procesamiento de la máquina se realiza de acuerdo a la siguiente secuencia de pasos:

- 1) Entrada en llenadora
- 2) Elevación y puesta en centro
- 3) Presurizado
- 4) Llenado
- 5) Descompresión
- 6) Estabilización
- 7) Descompresión
- 8) Descenso
- 9) Salida de llenadora



**Figura 3.11 Ciclo de llenado de Botellas**

Seguidamente, las cámaras volumétricas o válvulas de llenado están formadas por el siguiente conjunto de partes (véase Figura 3.12):

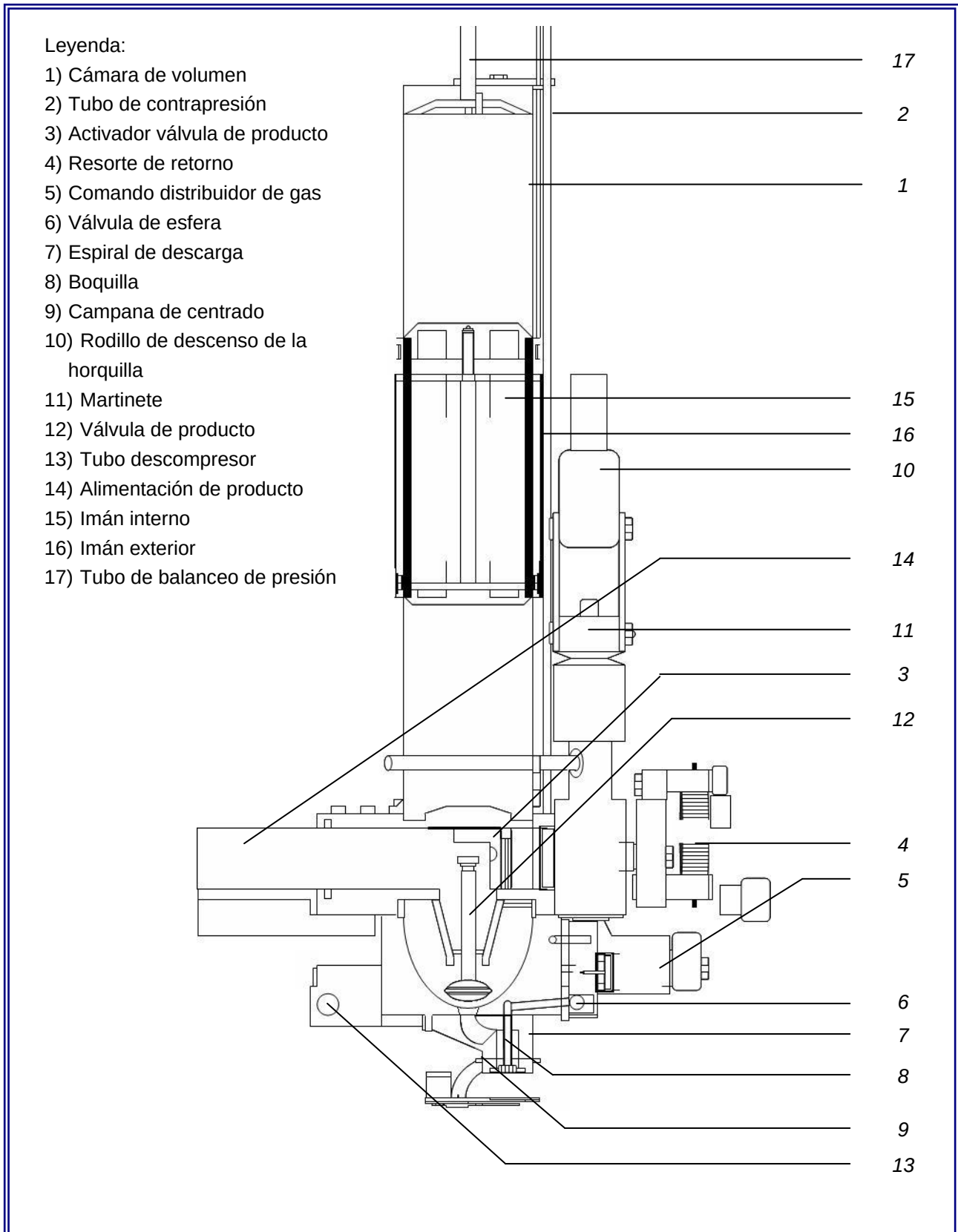


Figura 3.12 Partes constituyentes de la válvula de llenado

Dentro de cada válvula de llenado se llevan a cabo nueve fases (véase Figura 3.13) para llevar a cabo la descarga estable del producto a envasar:

*Fase 1 (entrada a la llenadora):* La válvula de producto se encuentra en posición de descarga, pero permanece en posición baja debido al empuje causado por la presión interna de la cámara de volumen, cuyo llenado se completa en esta fase.

*Fase 2 (elevación y puesta en centro):* La cámara de volumen se encuentra llena de producto; la botella es arrastrada por la estrella de entrada y se coloca debajo de la horquilla de sujeción; la botella es elevada por el pistón y centrada por la campana en la posición de contacto con la guarnición. La presión del pistón asegura la adhesión entre la boca de la botella y la guarnición.

*Fase 3 (presurización):* Es desplazada la palanca del distribuidor de gas hacia la posición de puesta en presión de la botella, comunicando a partir del tubo de contrapresión, la presión interna de la máquina con la botella, estableciendo la presión de llenado.

*Fase 4 (llenado):* Se estabilizan las presiones y la válvula de descarga de producto se abre automáticamente y comienza a fluir hacia la botella. La palanca de distribución de gas se coloca en posición de retorno y el gas atraviesa la válvula de esfera y regresa al tanque central. El producto desciende en la botella por medio de la espiral con movimiento circular y se adhiere a la pared de la botella.

*Fase 5 (cierre):* La cámara de volumen es vaciada completamente; la válvula de descarga de producto se coloca en posición de cierre y se coloca en posición de llenado de la cámara de volumen. La entrada de producto se encuentra abierta y la cámara de volumen comienza a llenarse nuevamente.

*Fase 6 (primera descompresión):* La palanca de distribución de gas se coloca en posición de descarga, comunicando el interior de la botella con el tubo de entrega de gas, descargando la presión restante en el cuello después del llenado.

*Fase 7 (estabilización):* La palanca de distribución de gas es colocada en posición de cierre. Todos los circuitos permanecen cerrados y el interior de la botella se encuentra aislado del resto de la máquina; el producto en el interior de la botella libera parte del gas, creando una presión en la zona del cuello y se estabiliza.

*Fase 8 (segunda descompresión):* La palanca de distribución de gas es colocada en posición de descompresión, y es descargada la presión generada en el cuello después de la estabilización y se libera el producto a presión ambiente.

*Fase 9 (descenso y salida de la llenadora):* La botella llena es descendida de la horquilla y es transportada a la estrella de salida, hacia el capsulador.

Cada una de estas fases se ilustra a continuación, culminando de esta forma el proceso de envasado de bebidas:

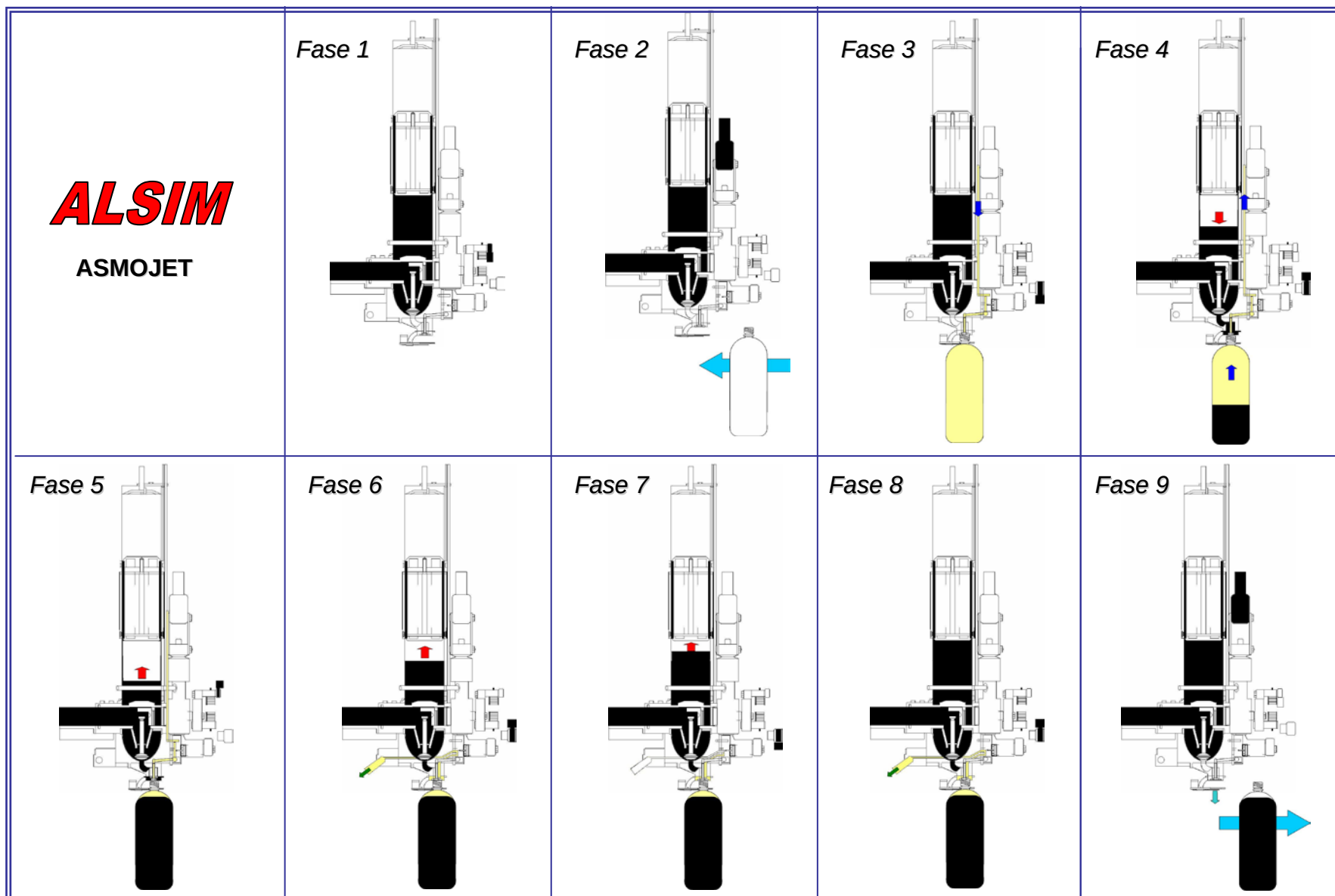


Figura 3.13 Fases de llenado de botella

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El siguiente capítulo define el tipo de investigación según el grado de profundidad y diseño empleado, incluye estrategias, técnicas y procedimientos para el logro de los objetivos planteados.

La investigación de acuerdo al nivel de profundidad es de tipo evaluativa, ya que se pretende establecer las relaciones existentes entre las condiciones de proceso y las especificaciones de calidad del producto terminado y la generación de desperdicios, evaluando cada una de las etapas del proceso de preparación, llenado y capsulado de bebidas gaseosas, hasta obtener las mejores condiciones que aseguren la calidad del producto y el aumento de la eficiencia de las unidades del proceso.

La estrategia metodológica o diseño de la investigación empleado es de tipo experimental, ya que se sometió el proceso a diferentes condiciones operacionales, evaluando la situación actual por medio del control estadístico y seguimiento del proceso para establecer la mejor combinación de variables que aseguren la menor variabilidad de las especificaciones de calidad en las etapas del proceso involucradas en el área de llenado. Las técnicas, procedimientos y métodos correspondientes al desarrollo sistemático de la investigación y el plan de acción para el cumplimiento de los objetivos, se establecen a continuación.

#### **4.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE LLENADO DE BEBIDAS GASEOSAS.**

El diagnóstico de la situación actual del proceso requirió inicialmente de las siguientes etapas:



#### ***4.1.1 Reconocimiento y comprensión del proceso de producción***

Se recopiló la información específica del proceso de manufactura de bebidas, constituida concretamente por:

a) Revisión de manuales de instalación y operación de máquinas correspondientes al sistema de preparación Crown de bebidas y al sistema de envasado SIDEL – ALSIM – ASMOJET.

b) Entrevistas y reuniones periódicas con el personal del área productiva (Producción-Calidad-Mantenimiento), para la obtención de información referente a estándares organizacionales, condiciones operacionales, fallas recurrentes, métodos de evaluación de parámetros de calidad, tipos de defectos y acciones en caso de desviaciones.

c) Revisión de trabajos previos y bibliografía especializada en materias afines a la industria de bebidas, tanto nacionales como internacionales, constituidos por trabajos de grado, tesis de doctorado, publicaciones de revistas, libros de procesos químicos y alimentos y material disponible en internet.

#### ***4.1.2 Inducción y capacitación en los métodos de muestreo y evaluación de materias primas y producto terminado***

Se llevó a cabo la revisión de instructivos de trabajo y procedimientos, estándares organizacionales y métodos de evaluación de materias primas y producto terminado, así como estándares legales y normatividad oficial para llevar a cabo la comparación entre ambos aspectos, y de esta forma definir y establecer los criterios de evaluación, aceptación y rechazo.

#### ***4.1.3 Construcción del diagrama de Pareto de rechazos en centros de distribución (CEDIS)***

Una vez identificados, clasificados y cuantificados los tipos de rechazo se procede a elaborar el diagrama de Pareto, organizando de mayor a menor la frecuencia de rechazos obtenidos en el producto de acuerdo a la desviación detectada.

Se establecieron equipos de trabajo por área productiva con la finalidad de realizar las actividades necesarias en las áreas de soplado-etiquetado de botellas y en el área de llenado-ensvasado. De acuerdo al alcance del trabajo de grado y la diferencia existente entre los procesos de ambas áreas, sólo se evaluará la generación de productos no conformes en el área de llenado-ensvasado.

#### ***4.1.4 Aplicación de la “tormenta de ideas” como medio de detección de causas preliminar***

El siguiente paso en el diagnóstico de la situación actual corresponde a la determinación de las causas de rechazo de producto terminado. Para ello fue necesario emplear la “tormenta de ideas” como método cualitativo de detección de causas, los pasos que se llevaron a cabo se presentan a continuación:

1. Reunión de un equipo multidisciplinario de los tres ejes productivos producción-calidad-mantenimiento en conjunto con el departamento de mejora continua.
2. Establecimiento de espacio físico acorde con el objetivo a seguir; ambiente informal, cómodo para garantizar la interacción del equipo.
3. Establecimiento del instrumento de recolección de la información, empleando rotafolios, papel y libretas de anotaciones.
4. Generación de ideas por parte del equipo, a partir de rondas individuales donde cada miembro expone su idea y es plasmada en el rotafolio, de manera que este a la vista y legible por todos los miembros del equipo.
5. Se llevo a cabo el número de rondas que el grupo consideró necesarias; las ideas fueron editadas, clasificadas y enumeradas.

#### ***4.1.5 Elaboración del diagrama causa-efecto***

Posteriormente se procedió a clasificar los productos no conformes en el área de llenado-ensvasado de acuerdo a la categoría que corresponden, llevando a cabo la

representación gráfica de las causas de desviación en un diagrama Ishikawa. Las categorías se presentan a continuación:

1. *Materiales.*
2. *Maquinaria.*
3. *Métodos.*
4. *Mano de obra.*
5. *Medio ambiente.*
6. *Medición.*

Luego se procedió a elaborar un plan de acción en el área de llenado-ensado, el cual cubrió los siguientes puntos:

- a) *Establecer período de evaluación y revisión de los datos suministrados por el departamento de aseguramiento de la calidad.*

Para ello se fijó un período de evaluación de cinco meses de producción, desde el mes de abril hasta agosto tomando en cuenta las inspecciones de los lotes de las líneas 3 y 4 de producción de Big Cola 3100 mL.

- b) *Determinar la cantidad de productos no conformes por líneas de producción de 3100 mL detectados en proceso (Diagrama de Pareto).*

Cada no conformidad generada en el área productiva fue evaluada, procesada, cuantificada y registrada, específicamente en las líneas en evaluación.

- c) *Seleccionar las variables críticas del proceso que influyen directamente sobre los parámetros de calidad.*

Se seleccionaron las características de calidad de mayor importancia de acuerdo a su influencia directa en la apreciación del cliente, rendimientos de materias primas y costos; se establecieron criterios de influencia de variables sobre dichas características de acuerdo a los fenómenos y procesos involucrados.

## 4.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

Se establecieron las siguientes actividades:

### ***4.2.1 Capacitación en el área de control total de la calidad y control estadístico de procesos***

- 1. Consulta a personal especializado en planta así como revisión de literatura específica en control estadístico de procesos.*

Se realizaron consultas sobre métodos de evaluación y muestreo, determinación de tamaños de muestras y estadísticos muestrales.

- 2. Determinación de los estadísticos muestrales que permitan caracterizar productos y procesos (media, desviación estándar, distribuciones de frecuencias).*

De acuerdo a los parámetros críticos de calidad seleccionados, se procedió a definir los estadísticos muestrales que caracterizaran la producción y que permitieron establecer patrones de comparación entre ambas líneas de producción de Big Cola 3100 mL.

### ***4.2.2 Análisis estadístico de las variables críticas del proceso.***

Se realizó el procesamiento de información secundaria obtenida del departamento de aseguramiento de la calidad estableciendo un período de evaluación de cuatro meses, durante los cuales se procesó semanalmente la cantidad de información generada por turno de producción, referida a las características de calidad; el número de muestras procesadas por semana es aproximado a 136 muestras (24 por día) para Carbonatación y °Brix, y 153 muestras (27 por día) para el volumen de llenado. Debido a la característica continua del proceso y los métodos de inspección, se diseñaron los instrumentos de recolección de datos presentados en las Tablas 4.1 y 4.2.

**TABLA 4.1**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                            | Característica de calidad                              |                                                 |                                                                 |                                                        |                                                      |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                     | Prueba de carbonatación de bebidas                     |                                                 |                                                                 | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                            | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 0,5$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 0,5$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )VolCO <sub>2</sub> |                                                        |                                                      |
|                       | Semana del ____<br>al ____ |                                                        |                                                 |                                                                 |                                                        |                                                      |

**Línea de producción:** \_\_\_\_\_

**TABLA 4.2**  
**CONTROL DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN \_\_\_\_ POR**  
**MEDIO DEL MUESTREO EN SERIES HOMOGÉNEAS**

| Número de muestra | Masa del producto terminado ( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |           |           |           |           |
|-------------------|---------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   | Control 1                                         | Control 2 | Control 3 | Control 4 | Control 5 |
| 1                 |                                                   |           |           |           |           |
| 2                 |                                                   |           |           |           |           |
| 3                 |                                                   |           |           |           |           |
| 4                 |                                                   |           |           |           |           |
| 5                 |                                                   |           |           |           |           |
| 6                 |                                                   |           |           |           |           |
| 7                 |                                                   |           |           |           |           |
| 8                 |                                                   |           |           |           |           |
| 9                 |                                                   |           |           |           |           |
| 10                |                                                   |           |           |           |           |
| 11                |                                                   |           |           |           |           |
| 12                |                                                   |           |           |           |           |
| 13                |                                                   |           |           |           |           |
| 14                |                                                   |           |           |           |           |
| 15                |                                                   |           |           |           |           |
| 16                |                                                   |           |           |           |           |
| 17                |                                                   |           |           |           |           |
| 18                |                                                   |           |           |           |           |
| 19                |                                                   |           |           |           |           |
| 20                |                                                   |           |           |           |           |
| 21                |                                                   |           |           |           |           |
| 22                |                                                   |           |           |           |           |
| 23                |                                                   |           |           |           |           |
| 24                |                                                   |           |           |           |           |
| 25                |                                                   |           |           |           |           |
| 26                |                                                   |           |           |           |           |
| 27                |                                                   |           |           |           |           |
| 28                |                                                   |           |           |           |           |
| 29                |                                                   |           |           |           |           |
| 30                |                                                   |           |           |           |           |
| 31                |                                                   |           |           |           |           |
| 32                |                                                   |           |           |           |           |

La determinación del contenido debe realizarse a partir del peso del producto terminado, la masa del envase vacío y la densidad de la bebida. Su determinación esta en función de: (Himmelblau D, 1978)

$$V_{ll} = \left( \frac{m_{PT} - (m_B + m_T + m_e)}{\rho_b} \right) \quad (4.1)$$

Donde:

$V_{ll}$  : Volumen de llenado en (mL)

$m_{PT}$  : Masa del producto terminado en (g)

$m_B$  : Masa de la botella vacía (preforma de 62 g)

$m_T$  : Masa de la tapa (3 g)

$m_e$  : Masa de la etiqueta y pega (2,5 g)

$(m_B + m_T + m_e) = 67,5 \text{ g}$  : Masa del Envase total (g)

$\rho_b$  : Densidad de la Bebida (g/mL)

En las Tablas 4.3 y 4.4 se dispone de las tablas de comparación del volumen de llenado de acuerdo a las especificaciones de los proveedores y producto terminado

**TABLA 4.3**  
**TOLERANCIAS UNITARIAS POR FORMATOS DE PRODUCCIÓN**

| Formato de Producción | Volumen de llenado ( $V_{LL}$ )mL |               |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|
|                       | <i>Mínimo</i>                     | <i>Máximo</i> |
| 500 mL                | 480                               | 520           |
| 1500 mL               | 1470                              | 1530          |
| 3100 mL               | 3038                              | 3162          |

La Tabla anterior permite definir el rango de mayor amplitud para el cual una muestra es aceptada.

**TABLA 4.4**  
**TOLERANCIAS EN SERIES HOMOGÉNEAS POR FORMATOS DE PRODUCCIÓN**

| Sabor                                    | Formato | 500 mL<br>(L5) |        | 1500 mL<br>(L1 y L2) |        | 3100 mL<br>(L3 y L4) |        |
|------------------------------------------|---------|----------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|                                          |         | Mínimo         | Máximo | Mínimo               | Máximo | Mínimo               | Máximo |
| Cola<br>(Con Enhancer /<br>Sin Enhancer) |         | 498            | 502    | 1495                 | 1505   | 3089                 | 3111   |

A partir de las especificaciones anteriores, se establece el rango permitido de variación de la media de proceso, la cual es independiente de la formulación pero esta directamente relacionada al número de válvulas de llenado y a la tolerancia unitaria del parámetro de calidad.

**TABLA 4.5**  
**PESOS DE PREFORMAS Y TAPAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO PARA CADA PRESENTACIÓN Y FORMATOS**

| <b>Formato</b><br><b>Peso (g)</b> | <b>500 mL</b>            |                          |                             | <b>1500 mL</b>           |                          | <b>3100 mL</b>           |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                   | <b>Preforma<br/>22 g</b> | <b>Preforma<br/>23 g</b> | <b>Preforma<br/>24,65 g</b> | <b>Preforma<br/>44 g</b> | <b>Preforma<br/>45 g</b> | <b>Preforma<br/>62 g</b> |
| Tapa                              | 3,0                      | 3,0                      | 3,0                         | 3,0                      | 3,0                      | 3,0                      |
| Botella<br>Etiquetada             | 22,5                     | 23,5                     | 25,15                       | 45,0                     | 46,0                     | 64,5                     |
| Total                             | 25,5                     | 26,5                     | 28,15                       | 48,0                     | 49,0                     | 67,5                     |

La Tabla 4.5 establece los gramajes aprobados de las preformas utilizadas en la fabricación de envases, así como la tapa y el etiquetado del mismo los cuales son exigidos a los proveedores de materias primas y son previamente inspeccionados y evaluados.

La Tabla 4.6 relaciona la concentración de sólidos solubles y la densidad de la bebida de acuerdo al rango de variación de las especificaciones que conjunto con las demás variables permiten determinar el volumen contenido en la muestra.

**TABLA 4.6**  
**DENSIDAD DE LA BEBIDA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE AZUCARES DISUELTOS**

| <b>SABOR</b><br><b>DENSIDAD</b> |                     | <b>°Brix</b>  |               |              | <b>Densidad (g/mL)</b> |               |              |
|---------------------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|--------------|
|                                 |                     | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> | <b>Mínimo</b>          | <b>Máximo</b> | <b>Media</b> |
| Cola                            | <i>Con Enhancer</i> | 9,0           | 9,4           | 9,2          | 1,0344                 | 1,0363        | 1,0354       |
|                                 | <i>Sin Enhancer</i> | 10,3          | 10,7          | 10,5         | 1,0407                 | 1,0426        | 1,0417       |
| Piña                            | <i>Con Enhancer</i> | 9,2           | 9,6           | 9,4          | 1,0354                 | 1,0373        | 1,0363       |
|                                 | <i>Sin Enhancer</i> | 10,3          | 10,7          | 10,5         | 1,0407                 | 1,0426        | 1,0417       |
| Naranja                         | <i>Con Enhancer</i> | 9,2           | 9,6           | 9,4          | 1,0354                 | 1,0373        | 1,0363       |
|                                 | <i>Sin Enhancer</i> | 10,3          | 10,7          | 10,5         | 1,0407                 | 1,0426        | 1,0417       |
| Limón                           |                     | 11,2          | 11,6          | 11,4         | 1,0451                 | 1,0470        | 1,0460       |



El procesamiento de cada característica de calidad fue realizado empleando el software estadístico MINITAB 13.1 y consistió en:

a) *Determinación de las medidas de tendencia central y de dispersión:* se calculó como medida de tendencia central la media de las observaciones y como medidas de dispersión el rango y la desviación estándar muestral.

b) *Distribución de frecuencias y estadística descriptiva de la característica de calidad:* se construyeron histogramas de frecuencias, diagramas de cajas y pruebas de normalidad para el conjunto de datos.

c) *Construcción de cartas de control:* el conjunto de observaciones fue graficado en cartas de control, a fin de determinar la variabilidad y control del conjunto de observaciones.

Se seleccionó el tipo de gráficos de control para lecturas individuales y rango móvil de acuerdo a los procedimientos de evaluación e inspección de muestras, los cuales emplean la medición de los parámetros fisicoquímicos en una frecuencia de una muestra por cada hora y línea de producción. Se analizó el comportamiento de acuerdo a ocho criterios de detección de causas especiales de variación (MINITAB 13.1):

1. Un punto a más de  $3\sigma$  de la línea central.
2. Nueve puntos consecutivos del mismo lado de la línea central.
3. Seis puntos consecutivos en incremento o decrecimiento.
4. Catorce puntos alternados de arriba hacia abajo.
5. Dos de tres puntos consecutivos a más de  $2\sigma$  de la línea central.
6. Cuatro de cinco puntos consecutivos a más de  $1\sigma$  de la línea central.
7. Quince puntos consecutivos a  $1\sigma$  de la línea central.
8. Ocho puntos consecutivos a más de  $1\sigma$  de la línea central.

Posteriormente, se llevó a cabo el estudio de capacidad de procesos para el cual fue necesario (FEINGENBAUM A., 1986):

- a) Ajustar las distribuciones de frecuencias a distribuciones normales.
- b) Considerar el proceso bajo control, por consiguiente se suprimieron los puntos fuera de control en casos no críticos.

- c) Realizar comparaciones entre las desviaciones estándar muestrales, apreciaciones instrumentales y variables secundarias, así como de las tolerancias de las especificaciones.
- d) Calcular los índices de capacidad potencial y capacidad real del proceso.
- e) Analizar los resultados obtenidos.

#### ***4.2.3 Determinación de la relación existente entre las variables de proceso y el producto terminado.***

Se procedió a evaluar en el tiempo el comportamiento de las condiciones operacionales para determinar su variabilidad y posible generación de causas especiales de variación. Se estableció un período de evaluación entre los meses de julio a diciembre del año 2005, llevando a cabo mediciones de las condiciones de operación correspondientes a:

##### ***1. Condiciones de operación de los sistemas de mezcla, enfriamiento, carbonatación y envasado.***

Se estableció un período de evaluación de tres semanas a finales de julio y principios del mes de agosto. Se realizaron mediciones periódicas cada hora durante ocho horas continuas cada día de producción para un total de 108 mediciones, sin considerar las paradas del proceso, a fin de comparar el comportamiento observado con las especificaciones de proceso de cada línea. Se estimaron sólo los estadísticos de tendencia central y de dispersión para cada parámetro y se construyeron gráficos de comportamiento.

Se establecieron como volúmenes de control cada unidad que conforma el sistema de preparación y envasado (Figura 4.1), llevando a cabo las mediciones en cada punto de medición y registrando cada dato en la Tabla 4.7, que se presenta a continuación

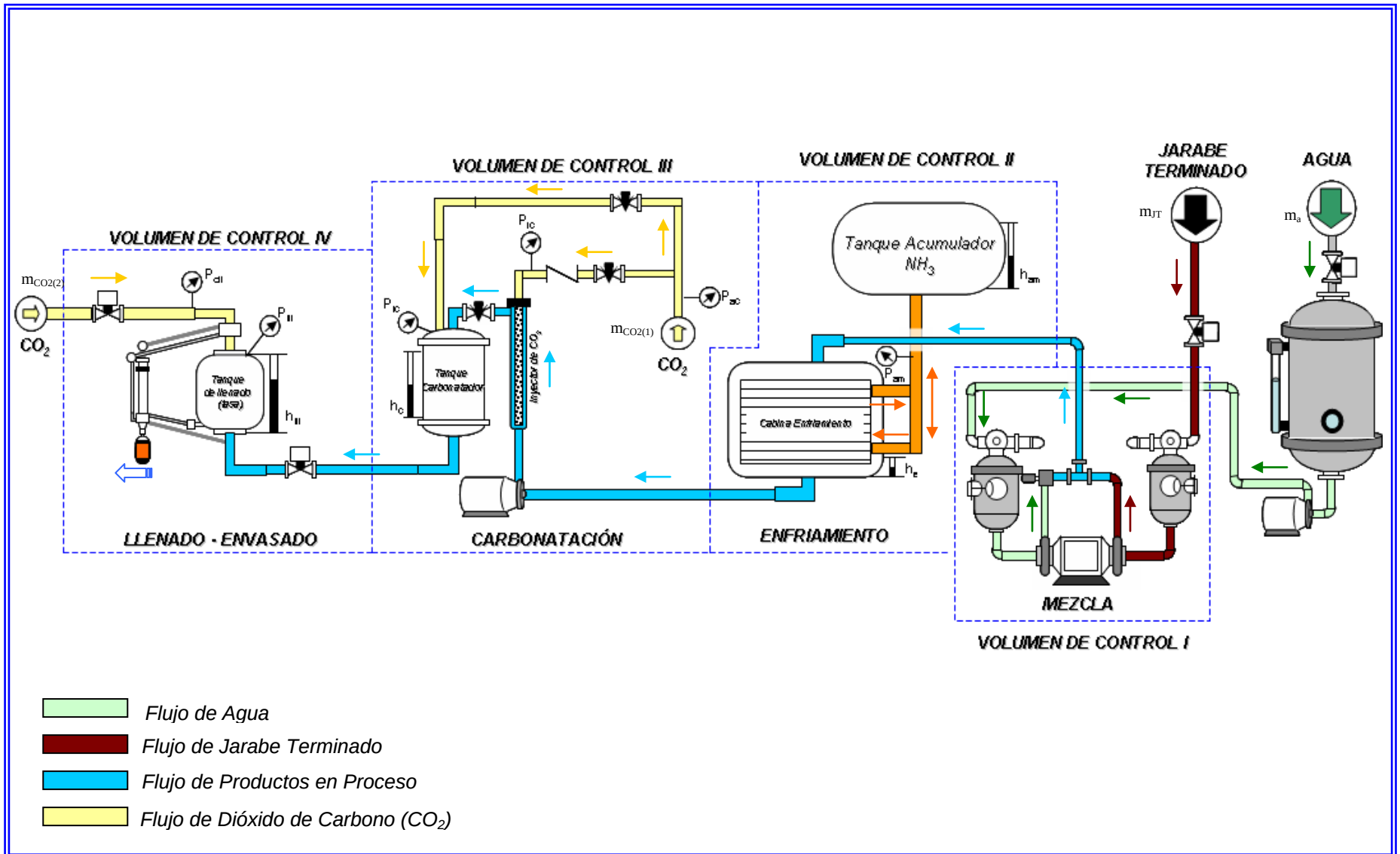


Figura 4.1 Volúmenes de control establecidos en el sistema de preparación y envasado

**TABLA 4.7**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN \_\_\_\_\_**

| Fecha | Hora | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|-------|------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|       |      |                                                                |                                                                              |                                                                       |                                                                     |                                                              |                                                            |                                                                        |
|       |      |                                                                |                                                                              |                                                                       |                                                                     |                                                              |                                                            |                                                                        |
|       |      |                                                                |                                                                              |                                                                       |                                                                     |                                                              |                                                            |                                                                        |

2. *Variación teórica del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> a las condiciones de operación del proceso.*

De acuerdo a las condiciones de operación establecidas en la actividad previa, se procedió a determinar la sensibilidad de la característica de calidad de carbonatación evaluando el comportamiento del coeficiente absorción de CO<sub>2</sub> a las condiciones actuales del proceso. Basados en el coeficiente experimental determinado por Rammer M. se seleccionaron como parámetros críticos: la presión parcial de CO<sub>2</sub> en equilibrio, la concentración de azúcares disueltos y la temperatura. Se realizaron tres gráficos comparativos, cada uno a dos condiciones fijas y una variable, correspondientes a los patrones observados en el proceso.

**TABLA 4.8**  
**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO<sub>2</sub> A PRESIÓN CONSTANTE**  
**(TEMPERATURA VARIABLE)**

| Condición de evaluación | Concentración de azúcares | Presión | Temperaturas                        |
|-------------------------|---------------------------|---------|-------------------------------------|
| Presión constante       | 9,2°Brix                  | P1      | T1<br>T2<br>T3<br>.<br>.<br>.<br>Tn |
|                         |                           | P2      | T1<br>T2<br>T3<br>.<br>.<br>.<br>Tn |
|                         |                           | P3      | T1<br>T2<br>T3<br>.<br>.<br>.<br>Tn |

**TABLA 4.9**  
**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO<sub>2</sub> A TEMPERATURA CONSTANTE**  
**(PRESIÓN VARIABLE)**

| Condición de evaluación | Concentración de azúcares | Temperatura | Presión |
|-------------------------|---------------------------|-------------|---------|
| Temperatura constante   | 9,2°Brix                  | T1          | P1      |
|                         |                           |             | P2      |
|                         |                           |             | P3      |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | Pn      |
|                         |                           | T2          | P1      |
|                         |                           |             | P2      |
|                         |                           |             | P3      |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | Pn      |
|                         |                           | T3          | P1      |
|                         |                           |             | P2      |
|                         |                           |             | P3      |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | .       |
|                         |                           |             | Pn      |

**TABLA 4.10**  
**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CO<sub>2</sub> A TEMPERATURA CONSTANTE**  
**(°BRIX VARIABLE)**

| Condición de evaluación | Presión | Temperatura | Concentración de azúcares |
|-------------------------|---------|-------------|---------------------------|
| Temperatura constante   | P       | T1          | C1                        |
|                         |         |             | C2                        |
|                         |         |             | C3                        |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | Cn                        |
|                         |         | T2          | C1                        |
|                         |         |             | C2                        |
|                         |         |             | C3                        |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | Cn                        |
|                         |         | T3          | C1                        |
|                         |         |             | C2                        |
|                         |         |             | C3                        |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | .                         |
|                         |         |             | Cn                        |

### 3. Caracterización de productos en proceso.

Se llevaron a cabo mediciones de propiedades fisicoquímicas de los jarabes de preparación y producto terminado, con respecto a:

*a) Mediciones de densidad y viscosidad de los jarabes de preparación y producto terminado:* Se tomaron muestras de cinco tanques de preparación y dos de producto terminado de cada una de las líneas en evaluación. Se empleó como equipo de medición de densidad el picnómetro, el cual permite determinar la densidad del fluido a partir de la diferencia de masa existente entre el envase vacío y completamente lleno a volumen constante: (Perry, 1992)

$$\rho = \frac{m_{pll} - m_{pv}}{V_p} \quad (4.2)$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del fluido [g/mL]

$m_{pll}$ : Masa del picnómetro lleno [g]

$m_{pv}$ : Masa del picnómetro vacío [g]

$V_p$ : Volumen del picnómetro [mL]

Luego, se empleó el viscosímetro de Brookfield como instrumento de medición de la viscosidad absoluta de los jarabes. Su principio de funcionamiento se basa en aplicar una velocidad de giro constante y medir la resistencia (par de torsión) que ofrece la muestra al giro del rotor. Para ambos parámetros se elaboraron las siguientes tablas de recolección de datos:

**TABLA 4.11**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO**

| Fluido de referencia | Masa del picnómetro lleno<br>( $m_{pll} \pm 0,0001$ )g | Temperatura del fluido<br>( $T_f \pm 0,5$ )°C |
|----------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Agua destilada       |                                                        |                                               |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Masa del Picnómetro seco y vacío: \_\_\_\_\_ g

Volumen del Picnómetro: \_\_\_\_\_ mL

**TABLA 4.12**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE**  
**LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO**

| Fluido                                       | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del picnómetro lleno<br>( $m_{pl} \pm 0,0001$ )g | Temperatura del fluido<br>( $T \pm 0,5$ )°C |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° |                                                        |                                                       |                                             |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° |                                                        |                                                       |                                             |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° |                                                        |                                                       |                                             |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° |                                                        |                                                       |                                             |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° |                                                        |                                                       |                                             |
| Producto terminado de la línea de producción |                                                        |                                                       |                                             |
| Producto terminado de la línea de producción |                                                        |                                                       |                                             |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Masa del Picnómetro seco y vacío: \_\_\_\_\_ g

Volumen del Picnómetro: \_\_\_\_\_ mL

**TABLA 4.13**  
**MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD ABSOLUTA DE DIFERENTES MUESTRAS DE**  
**JARABE SIMPLE, JARABE TERMINADO Y PRODUCTO TERMINADO**  
**EMPLEANDO EL VISCOSÍMETRO DE BROOKFIELD**

| Producto | Spindler | Revoluciones por minuto del equipo<br>( $RPM \pm 1$ )rpm | Esfuerzo Cortante (Torque)<br>( $\tau \pm 0,1$ )% | Viscosidad absoluta<br>( $\mu \pm 0,1$ )cP | Temperatura del fluido<br>( $T \pm 0,1$ )°C |
|----------|----------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |
|          |          |                                                          |                                                   |                                            |                                             |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_



*b) Curvas de dilución de jarabes terminados en función de la relación volumétrica agua/jarabe a temperatura controlada de 20 °C:* Se tomó una muestra de 5 L de jarabe terminado de °Brix estándar (50,7 °Brix) y se procedió a refrigerar durante un día a 4°C. Posteriormente, se llevaron a cabo diluciones en relación volumétrica agua/jarabe de 0,9 a 0,5 de agua, de acuerdo a la concentración de azúcares de 9,2% en el producto final y 90,8% constituido en su mayor parte por agua:

9/1: 900 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a una fracción volumétrica de 0,1 en jarabe terminado

8/1: 800 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,1111 de fracción volumétrica de jarabe terminado

7/1: 700 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,1250 de fracción volumétrica de jarabe terminado

6/1: 600 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,1429 de fracción volumétrica de jarabe terminado

5/1: 500 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,1667 de fracción volumétrica de jarabe terminado

4/1: 400 mL de agua a 100 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,2000 de fracción volumétrica de jarabe terminado

3/1: 600 mL de agua a 200 mL de jarabe terminado, equivalente a 0,2500 de fracción volumétrica de jarabe terminado

2/1: 600 mL de agua a 300 mL de jarabe terminado, equivalente 0,3333 de fracción volumétrica de jarabe terminado

1/1: 500 mL de agua a 500 mL de jarabe terminado, equivalente 0,5000 de fracción volumétrica de jarabe terminado

Cada mezcla fue homogeneizada y refrigerada antes de su evaluación. A cada muestra le fue extraída una alícuota de 100 mL y transvasada a un beaker de 250 mL al cual le fue introducido un termómetro de alcohol para registrar la temperatura del fluido. De la alícuota se tomó el equivalente a 68 mL correspondiente al volumen aproximado del picnómetro, el cual dispone de un termómetro que registra la temperatura del fluido al ser pesado; al alcanzar los 20°C se procedió a medir la masa del picnómetro lleno y

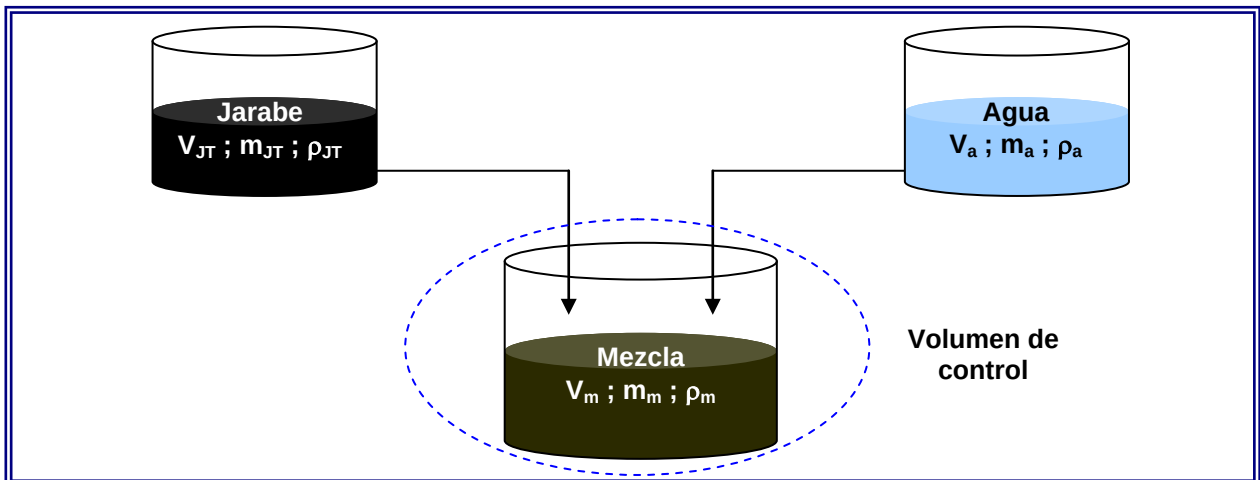
el índice de azúcares disueltos empleando un refractómetro óptico manual. Se registraron los datos obtenidos en el formato de la Tabla 4.14:

**TABLA 4.14**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA DILUCIÓN DE JARABES Y LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD REFERIDAS A DENSIDADES Y CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES DISUELTOS**

| Relación de dilución<br>( $V_a : V_{JT}$ )<br>adim | Volumen de agua<br>( $V_a \pm 5$ )<br>mL | Volumen de jarabe<br>( $V_{JT} \pm 5$ )<br>mL | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del picnómetro lleno<br>( $m_{pl} \pm 0,5$ )g | Temperatura del fluido<br>( $T \pm 0,5$ )°C |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                    |                                          |                                               |                                                        |                                                    |                                             |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_  
Masa del Picnómetro seco y vacío: \_\_\_\_\_ g  
Volumen del Picnómetro: \_\_\_\_\_ mL  
Temperatura de referencia: 20 °C

De los datos obtenidos, se procede a determinar la densidad de acuerdo a la ecuación 4.1, y se construye la curva de Índice de azúcares disueltos como una función de la relación de dilución. El volumen de solución diluida fue determinado por balance de masa, estableciendo un volumen de control en el recipiente donde se realizó la mezcla, tal como se muestra en la Figura 4.2:



**Figura 4.2 Volumen de control establecido para el sistema de mezcla y determinación de la relación de dilución.**

La ecuación resultante del balance de masa es (Himmelblau D., 1978):

$$m_m = m_a + m_{JT} \quad (4.3)$$

Donde:

$m_m$ : masa de mezcla obtenida  
 $m_a$ : masa de agua  
 $m_{JT}$ : masa de jarabe terminado

Dada la relación de densidad,  $\rho = m/V$  y expresando el balance de masa en función del volumen, se obtiene (Himmelblau D., 1978):

$$V_m = \frac{(V_{JT} * \rho_{JT} + V_a * \rho_a)}{\rho_m} \quad (4.4)$$

Donde:

$V_m$ : Volumen de mezcla  
 $V_{JT}$ : Volumen de jarabe terminado  
 $V_a$ : Volumen de agua  
 $\rho_m$ : Densidad de la mezcla  
 $\rho_{JT}$ : Densidad del jarabe terminado  
 $\rho_a$ : Densidad del agua (@ 20 °C = 998,23 kg/m<sup>3</sup>)

Los volúmenes de mezcla determinados por balance de masa, y los valores de densidad obtenidos para cada relación de dilución, así como la densidad del jarabe terminado y la ecuación 4.3, permiten calcular la concentración en °Brix resultante de la dilución de forma teórica.

$$C_D = \frac{m_{JT}}{m_{JT} + m_a} * 100 = \frac{V_{JT} * C_{JT} * \rho_{JT}}{V_{JT} * C_{JT} * \rho_{JT} + V_a * (100 - C_{JT}) * \rho_a} * 100 \quad (4.5)$$

Donde:

$C_D$ : concentración de la solución diluida (°Brix - % p/p)  
 $C_{JT}$ : concentración del jarabe terminado (°Brix - % p/p)

Cada resultado obtenido, experimental y teórico, es graficado y comparado ajustando los datos a curvas potenciales de acuerdo al tipo de ecuación teórica usada.

*c) Relación de la densidad del producto a los índices de azúcares disueltos a nivel experimental y teórica:* Se realizó la representación gráfica de los resultados

obtenidos a partir de la Tabla 4.10 respecto al °Brix y la densidad de la bebida, en relación a la norma COVENIN 762-95, la cual indica en tabla anexa los grados Brix como una función de la gravedad específica a 20 y 4 °C (Himmelblau D., 1978).

$$g_e = \frac{\rho_f}{\rho_{H_2O}(T=T_{ref})} \quad (4.6)$$

Donde:

$g_e$  : gravedad específica (adim)

$\rho_f$  : densidad del fluido

$\rho_{H_2O}(T=T_{ref})$  : densidad del agua pura a temperatura de referencia (4 o 20°C)

#### *4. Tiempos de ciclos de los sistemas de bombeo y respuestas del sistema de refrigeración a tres velocidades de llenado.*

Las evaluaciones realizadas para esta actividad corresponden al volumen de control (I-II) de la Figura 4.1. Consisten en determinar las relaciones existentes entre las variables de cada uno de los volúmenes de control individuales, referentes a la carga térmica suministrada por la bomba de mezcla y la respuesta del sistema de enfriamiento en cada línea de producción de Big Cola 3100 mL. Para ello se estableció el siguiente conjunto de actividades:

*a) Definir tres velocidades de procesamiento en el equipo de envasado para establecer los patrones de flujo en la bomba de mezcla y la bomba de carbonatación:*

Las velocidades seleccionadas fueron:

**Mínimo:** 100 bpm, caudal de procesamiento = 310,0 L/min

**Valor estándar:** 110 bpm, caudal de procesamiento = 341,0 L/min

**Máximo:** 115 bpm, caudal de procesamiento = 356,5 L/min

*“bpm = botellas por minuto”*

Las velocidades corresponden a condiciones de operación habituales en el equipo y son fácilmente ajustadas desde el panel de control. Los caudales fueron definidos asumiendo llenado de producto a volumen estándar de 3100 mL (3,1 L) y corregido luego al volumen de llenado para la fecha de realización de las pruebas.

Los patrones de flujo se definieron como los ciclos realizados de encendido-apagado en los sistemas de bombeo a velocidad de producción constante y estable; para ello se estableció como tiempo mínimo de prueba la duración de tres ciclos completos de encendido y apagado en cada bomba del sistema. El instrumento de recolección de datos diseñado se muestra en la Tabla 4.15:

**TABLA 4.15**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO PARA LA**  
**ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CICLO DE LA LÍNEA DE**  
**PRODUCCIÓN** \_\_\_\_\_

[illegible]

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Velocidad de producción: \_\_\_\_\_

Los tiempos operativos y no operativos de cada bomba se determinaron por diferencia de los tiempos recopilados en la Tabla 4.15, y los patrones de flujo se establecen de acuerdo a la coincidencia entre los tiempos de encendido y apagado de cada sistema. De acuerdo a lo anterior se obtiene:

$$t_{OP(i)} = t_{off(i)} - t_{on(i)} \quad (4.7)$$

$$t_{NOP(i)} = t_{on(i+1)} - t_{off(i)} \quad (4.8)$$

Donde:

$t_{OP(i)}$  : tiempo de operación de la bomba para el instante “i”

$t_{NOP(i)}$  : tiempo de inactividad para el instante “i”

$t_{off(i)}$  : tiempo de apagado para el instante (i)

$t_{on(i)}$  : tiempo de encendido para el instante (i)

$t_{on(i+1)}$  : tiempo de encendido para el instante (i + 1)

Se determinaron los tiempos de operación e inactividad a la tres velocidades de producción establecidas, en un intervalo de quince a cuarenta minutos de medición en la línea de producción 3, y de diez a veinticinco minutos en la línea de producción 4. Cada tiempo fue promediado como sigue:

$$t_{OP} = \frac{\sum t_{OP(i)}}{n} \quad (4.9)$$

$$t_{NOP} = \frac{\sum t_{NOP(i)}}{n} \quad (4.10)$$

Donde “n” es igual al número de ciclos para cada bomba durante el tiempo de medición.

El tiempo de ciclo (TC) se define como la suma del tiempo de operación y el tiempo de inactividad para cada velocidad de llenado:

$$TC = t_{OP} + t_{NOP} \quad (4.11)$$

Posteriormente se procedió a estimar los caudales de cada sistema empleando balances de masa a cada unidad y en base a los tiempos de ciclo obtenidos. Se emplearon los volúmenes de control I y III de la Figura 4.1 y se tomó como base de cálculo el tiempo de ciclo de cada bomba, tanto para el sistema de mezcla como para el sistema carbonatador. La base de cálculo seleccionada permite establecer la demanda de producto requerido durante dicho tiempo a una velocidad de llenado constante:

Para una base de cálculo de tiempo de ciclo “ $TC_0$ ” en minutos, se establecen las siguientes relaciones:

- Velocidad de llenado (j):  $v_{ll(j)}$  [bpm]
- Caudal de llenado:  $Q_{ll(j)}$  [L/min] (Sistema Crown de Preparación de Bebidas)

$$Q_{ll(j)} = \overline{V_{PT}} * v_{ll(j)} \quad (4.12)$$

*Donde:*

$Q_{ll(j)}$  : caudal demandado por la envasadora a la velocidad “j” [L/min]

$\overline{V_{PT}}$  : volumen por botella en la envasadora [L/bot]  $\rightarrow 3,1$  L

- Volumen requerido de bebida ( $V_{BR(j)}$ ) durante el tiempo de ciclo:

$$V_{BR(j)} = Q_{ll(j)} * TC_{(j)} \quad (4.13)$$

- Caudal de los sistemas de bombeo ( $Q_{B(ij)}$ ):

$$Q_{B(ij)} = \frac{V_{BR(j)}}{t_{OP(i)}} \quad (4.14)$$

Para todo “i” referente a la unidad de bombeo y “j” equivalente al número de corrida.

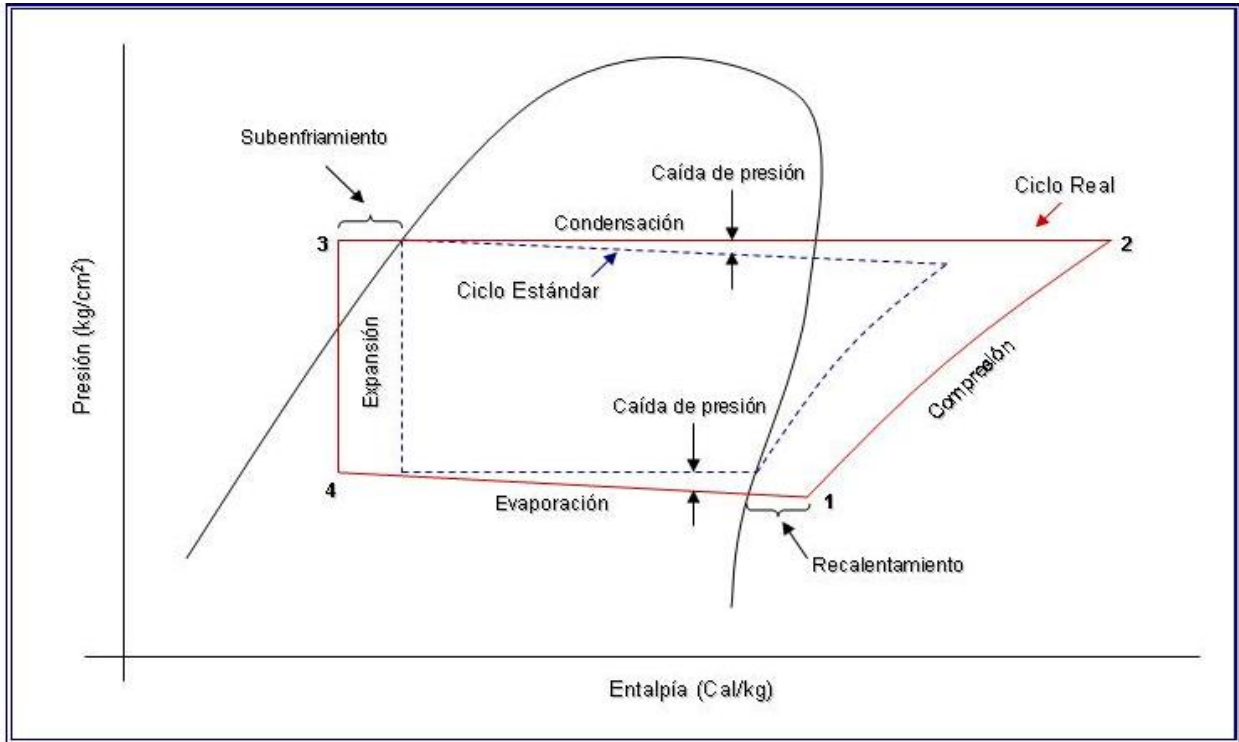
*b) Observar, medir y analizar la respuesta del sistema de enfriamiento a tres velocidades de procesamiento:* se empleó el volumen de control III, estableciendo como variable de respuesta la altura de nivel de líquido en el tanque acumulador de amoníaco. Las variaciones de nivel permiten determinar los ciclos de requerimiento de refrigerante por cada evaporador; están directamente relacionados con los ciclos de los compresores recíprocos, así como a la apertura y cierre de la válvula de expansión. Se estableció como período de evaluación de cinco a diez minutos de producción a velocidad constante, a intervalos de medición de cada cinco segundos registrando los valores indicados por el medidor digital de porcentaje de nivel de líquido en el tanque acumulador.

Los datos fueron recopilados como se muestra en la Tabla 4.16 y 4.17





El ciclo de refrigeración por compresión de amoníaco se lleva a cabo por etapas, tal como se muestra en la Figura 4.3



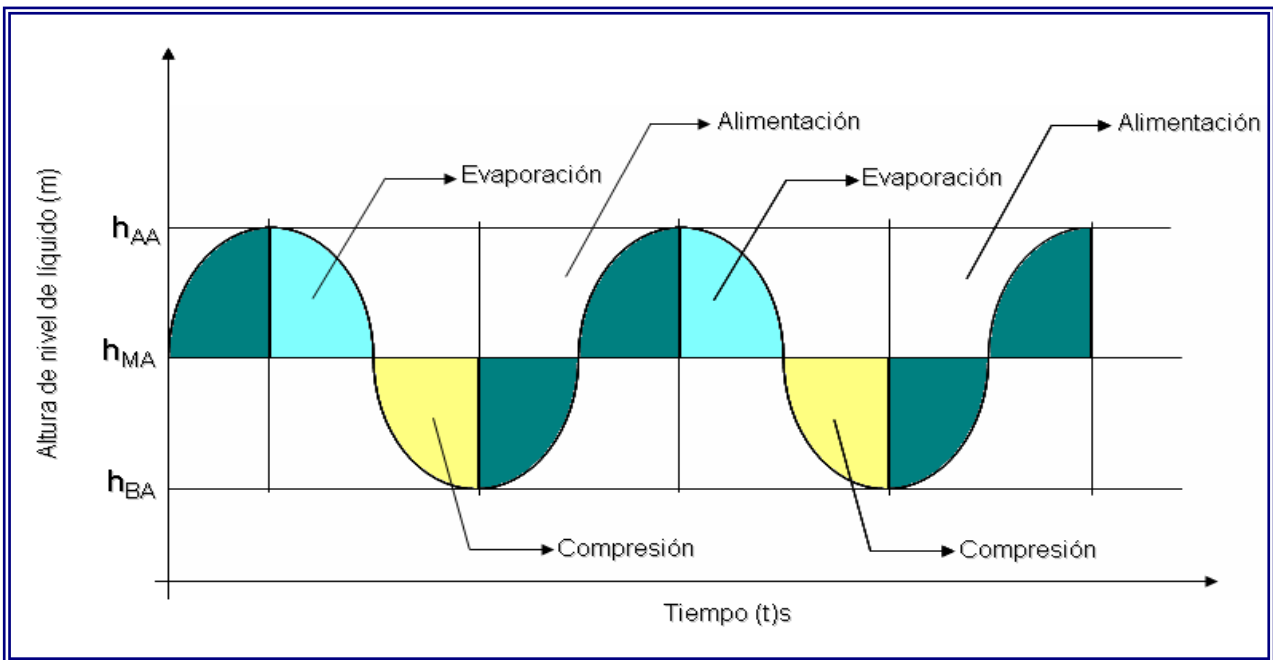
**Figura 4.3 Ciclo estándar y real de compresión de vapor en el diagrama presión-entalpía**  
**FUENTE: Stoecker 1965**

El ciclo estándar de compresión de vapor comprende los siguientes procesos (Stoecker 1965):

- 1 – 2: compresión adiabática reversible, desde vapor saturado hasta la presión del condensador
- 2 – 3: cesión reversible de calor a presión constante en la zona de recalentamiento y posterior condensación
- 3 – 4: expansión irreversible a entalpía constante desde líquido saturado hasta la presión del evaporador
- 4 – 1: adición reversible de calor a presión constante durante la evaporación del vapor saturado

El funcionamiento del sistema instalado (Manual de Operación del Sistema Crown de Preparación), asocia cada etapa a fases de regulación de presión del vapor

en el evaporador (véase Figura 4.3, Fase 4 - 1), y apertura de la válvula de expansión e ingreso de líquido saturado a dicho equipo, lo cual corresponde al volumen de reposición del tanque acumulador de amoníaco; por consiguiente se esperó obtener de los datos recopilados en las Tablas 4.17 una respuesta oscilatoria, la cual debe indicar los períodos de alimentación y reposición de amoníaco líquido, evaporación y compresión dentro del tanque acumulador, tal como se muestra en la Figura 4.4



**Figura 4.4 Respuesta esperada para el controlador de nivel en el sistema de enfriamiento**

De la figura anterior y la obtenida del comportamiento real del proceso, se extrajo el número de oscilaciones observadas en el período de evaluación. El número de oscilaciones o ciclos, el rango de variación de la respuesta de nivel y el tiempo de operación de la bomba se definieron como los estimadores del caudal requerido de amoníaco en el sistema; para ello se determinaron:

- Número de ciclos ( $NC_a$ ) y tiempo de duración ( $t_p$ ) para cada velocidad de llenado: fueron extraídos visualmente del gráfico de comportamiento. El tiempo de duración de cada ciclo se estima como el tiempo de prueba dividido entre el número de repeticiones registradas:

$$NC_a = \frac{NC}{t_p} \quad (4.15)$$

Donde:

$NC_a$  : número de ciclos de alimentación por minutos (ciclos/min)

$t_p$  : tiempo de duración de la prueba (min)

$NC$  : número de ciclos de alimentación durante el tiempo de prueba (ciclos)

• Estimación del volumen de reposición de refrigerante alimentado en cada ciclo: se definió como la diferencia o rango entre el volumen máximo y mínimo de la corrida. Dado que el tanque es cilíndrico horizontal y el medidor de nivel indica una lectura en porcentaje del líquido que cubre el electrodo, se tiene que:

**- Dimensiones del tanque acumulador:**

*Diámetro:* 20 plg (0,508 m)

*Largo:* 2 m

*Capacidad:* 0,4054 m<sup>3</sup>

**- Altura de nivel de líquido en el tanque:**

$$h_{L_{NH_3}} = D_{AC} * \frac{\%h_{NH_3}}{100} \quad (4.16)$$

Donde:

$h_{L_{NH_3}}$  : altura de nivel de líquido (m)

$D_{AC}$  : diámetro del tanque acumulador (m)

$\%h_{NH_3}$  : lectura del indicador de nivel (%)

**- Volumen del tanque cilíndrico horizontal en función del nivel de líquido**

(Perry R., 1992):

$$V_{|h} = \frac{L * D^2}{4} * \left( \frac{\text{ARCCOS}\left(1 - \frac{2h}{D}\right)}{57,3} - \left(1 - \frac{2h}{D}\right) \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2h}{D}\right)^2} \right) \quad (4.17)$$

Donde:

$V_{|h}$  : volumen del líquido en el tanque parcialmente lleno (m<sup>3</sup>)

$L$  : longitud del tanque (m)

$D$  : diámetro del tanque (m)

$h$  : altura de nivel de líquido en el tanque

El volumen de refrigerante alimentado será aproximado a la diferencia entre el volumen a la altura máxima y mínima alcanzada por el nivel de líquido:

$$V_{\text{NH}_3(\text{alm})} = V_{\text{NH}_3|_{h \max}} - V_{\text{NH}_3|_{h \min}} \quad (4.18)$$

Donde:

$V_{\text{NH}_3(\text{alm})}$  : volumen de refrigerante alimentado en cada ciclo  
 $V_{\text{NH}_3|_{h \max}}$  : volumen de refrigerante máximo obtenido en la corrida  
 $V_{\text{NH}_3|_{h \min}}$  : volumen de refrigerante mínimo obtenido en la corrida

- Estimación del volumen de refrigerante utilizado en cada evaporador de las líneas en evaluación y cálculo de la eficiencia de la cabina de enfriamiento.

El método de estimación consistió en establecer un modelo para un proceso no continuo, considerando como instante de intercambio térmico a cada ciclo de alimentación, por consiguiente:

$$V_{\text{NH}_3(\text{T})} = V_{\text{NH}_3(\text{alm})} * \text{NC}_a|_{t_{\text{OPBM}}} \quad (4.19)$$

Donde:

$V_{\text{NH}_3(\text{T})}$  : volumen de amoníaco alimentado durante el período de operación de la bomba de mezcla ( $\text{m}^3$ )  
 $\text{NC}_a|_{t_{\text{OPBM}}}$  : número de ciclos de alimentación de amoníaco durante el período de operación de la bomba (adim)

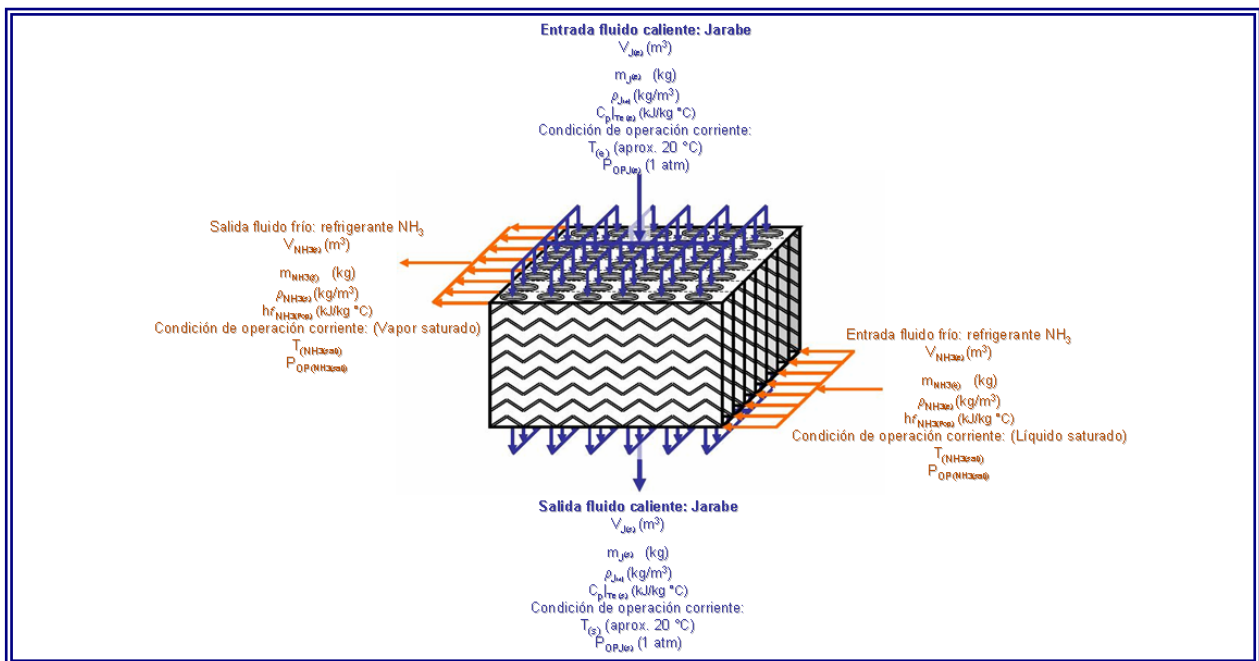


Figura 4.5 Volumen de control establecido para el sistema de enfriamiento.

El volumen de bebida requerido o carga térmica a procesar, fueron estimados en la actividad previa de los sistemas de bombeo a diferentes velocidades de llenado. La eficiencia de la unidad de intercambio térmico dependerá del diseño del equipo, las cargas y las capacidades caloríficas de cada fluido, las condiciones operacionales y la estabilidad del sistema, por lo tanto se realizó un balance energético, el cual se indica en la Figura 4.4

Dado que el jarabe o bebida transfiere calor y el refrigerante absorbe, se definen los siguientes balances energéticos:

*Fluido Caliente – Jarabe:* cede calor sensible, sin cambio de fase, por consiguiente (Himmelblau D., 1978).

$$Q_C = m_B * C_{p|T_e;T_s} * (T_s - T_e) \quad (4.20)$$

Donde:

$Q_C$  : calor cedido (kJ)

$m_B$  : requerimiento másico de jarabe (kg)

$C_{p|T_e;T_s}$  : capacidad calorífica promedio a la temperatura de entrada y salida del fluido, estimada mediante el simulador de procesos químicos “HYSYS 3.1” (kJ/kg°C)

$T_e$  : temperatura de entrada (°C)

$T_s$  : temperatura de salida (°C)

*Fluido Frío – refrigerante:* absorbe calor de la bebida con cambio de fase, calor latente, por consiguiente (Himmelblau D., 1978).

$$Q_A = m_R * h_{fg|p_{op}} \quad (4.21)$$

Donde:

$Q_A$  : calor absorbido por el refrigerante (kJ)

$m_R$  : requerimiento másico de refrigerante (kg)

$h_{fg|p_{op}}$  : entalpía de saturación a la presión de operación del sistema (kJ/kg).

- Eficiencia del sistema de enfriamiento (%EFIC.) se define como la relación de calor cedido al calor absorbido:

$$\%EFIC = \frac{Q_C}{Q_A} * 100\% = \frac{m_B * C_{p|T_e;T_s} * (T_s - T_e)}{m_R * h_{fg|p_{op}}} * 100\% \quad (4.22)$$

Los valores obtenidos para cada línea de producción se compararon estableciendo criterios de aprovechamiento energético y estabilidad del sistema a diferentes condiciones de operación.

La eficiencia de la unidad de carbonatación está directamente relacionada al máximo aprovechamiento de utilización del dióxido de carbono alimentado al proceso, por consiguiente las actividades correspondientes a dicha fase de la investigación forman parte del desarrollo del siguiente objetivo.

### 4.3 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE DIÓXIDO DE CARBONO, JARABE TERMINADO Y AGUA EN EL PROCESO.

Cada etapa del proceso fue analizada previamente desde el punto de vista operacional, caracterizando cada unidad en base a las mediciones de las condiciones operacionales, productos en proceso y producto terminado; el siguiente paso consistió en determinar los consumos de las principales materias primas en proceso, aplicando balances de masa particulares a cada unidad y el balance global que delimitó las áreas en estudio.

#### 4.3.1 Identificación de los principales flujos de alimentación y salida del sistema.

En base al volumen de control mostrado en la Figura 4.1 se definió el balance global de masa para el proceso tal como se muestra a continuación (Himmelblau D., 1978):

$$m_{PT} = m_a + m_{JT} + m_{CO_2} \quad (4.23)$$

Donde:

$m_{PT}$  : masa de producto terminado a la salida de la llenadora (kg)

$m_a$  : masa de agua alimentada al proceso (kg)

$m_{JT}$  : masa de jarabe terminado alimentado al proceso (kg)

$m_{CO_2}$  : masa de dióxido de carbono alimentado al proceso (kg)

Tal ecuación equivale al estado de máximo aprovechamiento de materias primas, por lo cual se debe introducir un término que permita definir las pérdidas inherentes al proceso productivo. Dichas pérdidas equivalen a sistemas de purgas presentes en cada unidad y drenado de equipos que se dan consecuentemente mientras se lleva a cabo las operaciones habituales de producción. Por consiguiente:

$$m_{PT} = m_a + m_{JT} + m_{CO_2} - m_{Perd} \quad (4.24)$$

Donde:

$m_{Perd}$ : pérdida de masa en operación (kg)

Siendo las pérdidas en el sistema equivalentes a:

$$m_{Perd} = m_{CO_2(TC)} + m_{CO_2(TII)} + m_{B(TII)} + m_{D(i)} \quad (4.25)$$

Donde:

$m_{CO_2(TC)}$ : masa de  $CO_2$  en purga de tanque de carbonatación (kg)

$m_{CO_2(TII)}$ : masa de  $CO_2$  en purga de tanque de llenado (kg)

$m_{B(TII)}$ : masa de bebida en purga de envasadora (kg)

$m_{D(i)}$ : masa drenada en la unidad "i"

Las purgas indicadas con anterioridad corresponden a las más críticas actualmente. De acuerdo al alcance del trabajo de grado, se realizó una evaluación preliminar en función de establecer los principales puntos de mejora en cuanto a consumos másicos, ya que se dispone de equipos de trabajo que llevan a cabo estudios paralelos de los consumos y rendimientos de las materias primas empleadas en las líneas de producción.

#### ***4.3.2 Establecimiento de métodos de medición de los flujos por unidad y del proceso productivo.***

Se delimitó el proceso de acuerdo a la Figura 4.1, y se realizaron evaluaciones desde lo más específico (unidades) hasta lo más general (proceso integrado), llevando a cabo las siguientes actividades:

##### ***a) Determinación de los flujos volumétricos y másicos en el sistema de mezcla:***

Inicialmente se partió de la información previamente desarrollada en cuanto a la estimación de los flujos del sistema de acuerdo a los tiempos de operación de los sistemas de bombeo. Se empleó el volumen de control de la Figura 4.2 y las relaciones de dilución experimentales para determinar los caudales de jarabe terminado y agua, obteniendo la siguiente relación:

$$\frac{V_a}{V_{JT}} = \frac{Q_a}{Q_{JT}} \quad (4.26)$$

Donde:

$V_a$  : volumen de agua de dilución (L)

$V_{JT}$  : volumen de jarabe terminado a diluir (L)

$Q_a$  : caudal de agua de dilución (L/s)

$Q_{JT}$  : caudal de jarabe terminado a diluir (L/s)

Aplicando el balance de masa y la ecuación de continuidad en la unidad se obtiene:

$$m_M = m_a + m_{JT} \quad (4.27)$$

$$\rho_M * Q_M = \rho_a Q_a + \rho_{JT} Q_{JT} \quad (4.28)$$

Donde:

$m_M$  : flujo másico de mezcla obtenido en la unidad (kg/s)

$m_a$  : flujo másico de agua (kg/s)

$m_{JT}$  : flujo másico de jarabe terminado (kg/s)

$Q_M$  : caudal de mezcla obtenido (m<sup>3</sup>/s)

$\rho_M$  : densidad de la mezcla obtenida (kg/m<sup>3</sup>)

Dividiendo la ecuación 4.28 por  $Q_{JT}$  se obtiene:

$$\frac{\rho_M * Q_M}{Q_{JT}} = \rho_a * \left( \frac{Q_a}{Q_{JT}} \right) + \rho_{JT} \quad (4.29)$$

Despejando el caudal de jarabe terminado y colocando en función del caudal de mezcla  $Q_M$  y la relación de dilución  $Q_a/Q_{JT}$ , se obtiene:

$$Q_{JT} = \frac{\rho_M * Q_M}{\rho_a * \left( \frac{Q_a}{Q_{JT}} \right) + \rho_{JT}} = \frac{\rho_M * Q_M}{\rho_a * \left( \frac{V_a}{V_{JT}} \right) + \rho_{JT}} \quad (4.30)$$

La expresión anterior permite estimar el caudal de jarabe terminado a partir del caudal de mezcla ( $Q_M$ ), la relación de dilución ( $V_a/V_{JT}$ ) y la densidad de los fluidos. La



relación ( $V_a/V_{JT}$ ) debe introducirse de acuerdo a la concentración de azúcares deseada (°Brix). Los caudales de agua y jarabe terminado fueron comprobados por medio de los tiempos de vaciado y llenado de los tanques contenedores; las características de los tanques se presentan a continuación:

*Jarabe terminado:*

1. Forma: Tanque cilíndrico vertical de casco esférico o cónico en su parte inferior (véase Figura 4.5)
2. Diámetro externo: 1,5600 m
3. Diámetro interno: 1,5548 m
4. Altura: 0,1850 m de sección cónica o esférica; 2,5000 m de sección cilíndrica; aproximadamente 3,0000 m de altura total.
5. Capacidad: 2 Batch = 4200 L; sección cónica o esférica = 200 L (aprox.); sección cilíndrica = 4000 L (aprox.)

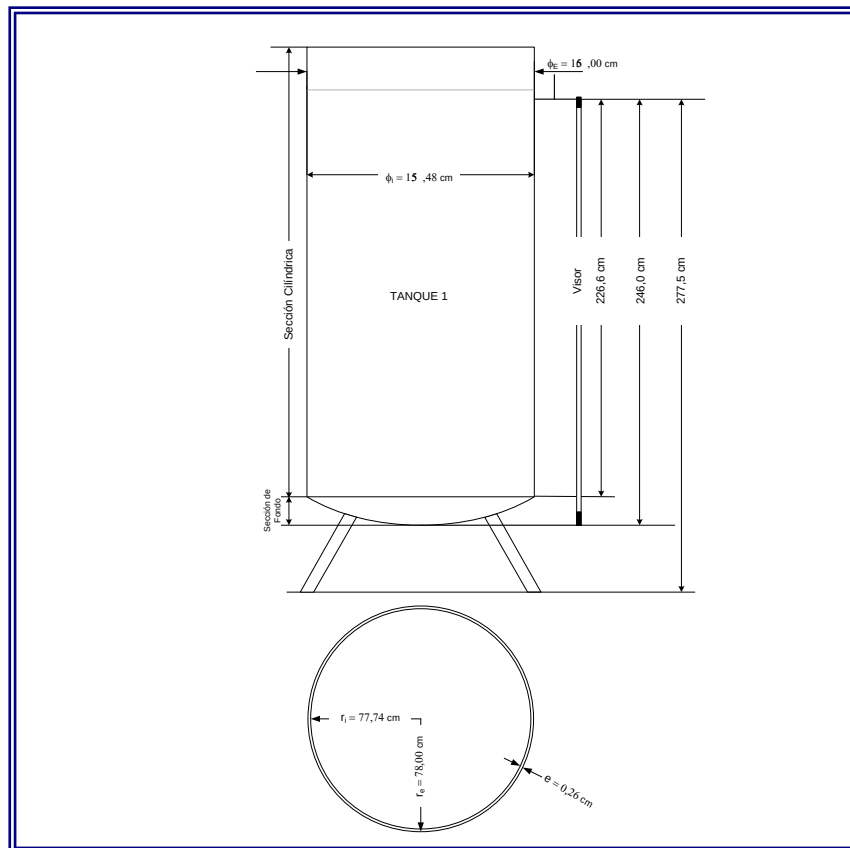
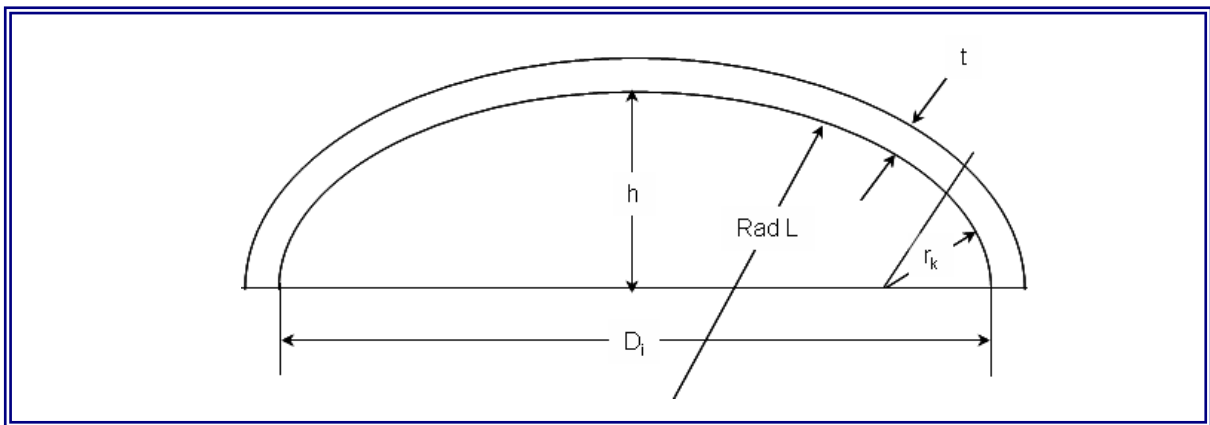


Figura 4.6 Dimensionamiento de tanques de preparación de jarabe terminado

*Agua – Tanque carbonatador:*

1. Forma: Tanque cilíndrico vertical de casco toriesférico en su parte inferior y superior (véase Figura 4.6).
2. Diámetro externo ( $D_e$ ): 0,91 m
3. Diámetro interno ( $D_i$ ): 0,81 m
4. Altura: 0,1500 m de sección toriesférica; 1,6500 m de sección cilíndrica; aproximadamente 1,8500 m de altura total.
5. Capacidad: asumiendo tanque toriesférico A.S.M.E. (véase Figura 4.7)



**Figura 4.7 Volúmenes de cabezas o tapas.**

FUENTE: Perry R., 1992

El volumen de los cascos o cabezas de tanques se determinan de acuerdo a los parámetros y ecuaciones presentadas en la Tabla 4.18

**TABLA 4.18**  
**ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SECCIONES DE CABEZAS O TAPAS DE TANQUES**

| Tipo de Cabeza          | Radio de articulación $r_k$ | $h$   | $L$   | Volumen               | %Error    | Observaciones                                   |
|-------------------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------|-----------|-------------------------------------------------|
| Toriesférica o A.S.M.E. | $0,06L$                     | ..... | $D_i$ | $0,0809D_i^3$         | $\pm 0,1$ | $r_k$ debe ser el valor mayor de $0,06L$ y $3t$ |
| Toriesférica o A.S.M.E. | $3t$                        | ..... | $D_i$ | Aprox. $0,0513hD_i^3$ | $\pm 8$   |                                                 |

FUENTE: Perry R., 1992

- Volumen del tanque: dado que no se dispone de la información de diseño del tanque, específicamente del espesor de pared, se procede a realizar los cálculos a partir del diámetro externo (Perry R., 1992).

$$V_T = V_C + 2 * V_{TE} \quad (4.31)$$

Donde:

$V_T$  : volumen del tanque ( $m^3$ )

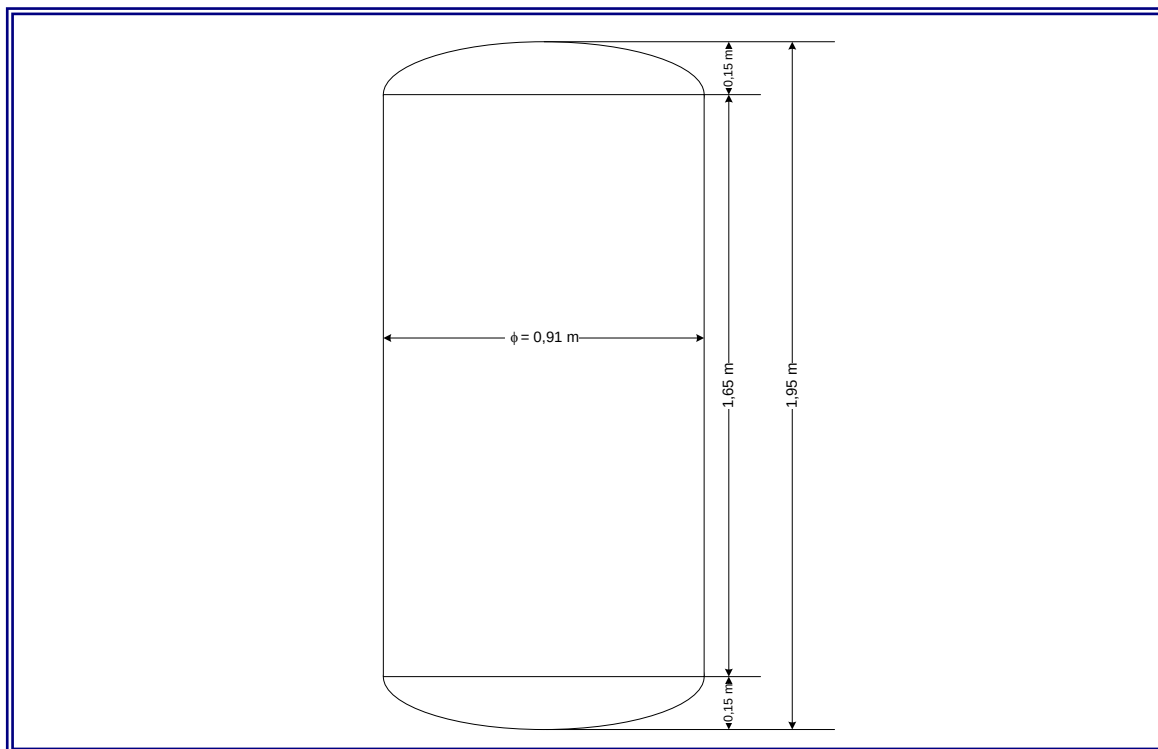
$V_C$  : volumen de la sección cilíndrica ( $m^3$ )

$V_{TE}$  : volumen de la cabeza toriesférica ( $m^3$ )

Las dimensiones y capacidades determinadas para los tanques acumuladores de agua y carbonatación se presentan en la Tabla 4.19 y Figura 4.8

**TABLA 4.19**  
**CAPACIDADES ESTIMADAS DEL TANQUE ACUMULADOR DE AGUA Y TANQUE DE CARBONATACIÓN**

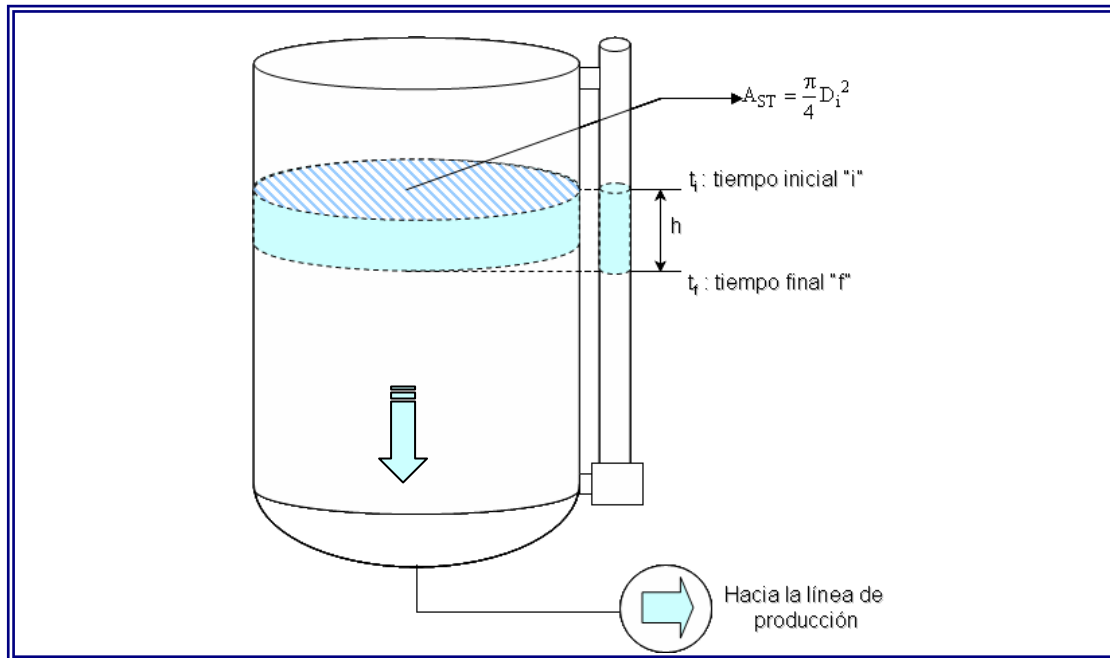
| Sección      | Capacidad ( $m^3$ ) |
|--------------|---------------------|
| Cilíndrica   | 1,0731              |
| Toriesférica | 0,0610              |
| Total        | 1,1951              |



**Figura 4.8 Dimensionamiento de los tanques de agua y carbonatación.**

***Cálculo del flujo de jarabe terminado de alimentación (sala de jarabe), empleando el tiempo de vaciado de los tanques de preparación.***

Se determinó el caudal de jarabe terminado a partir de la diferencia de nivel de líquido en los tanques de preparación y el tiempo empleado en tal operación; las mediciones fueron efectuadas en la sección cilíndrica del tanque la cual proporciona área de sección transversal constante (véase Figura 4.9)



**Figura 4.9 Vaciado de tanques de preparación.**

El caudal fue determinado como el volumen consumido por unidad de tiempo:

$$Q_{JT} = \frac{V_{JT}}{t_v} \quad (4.32)$$

Donde:

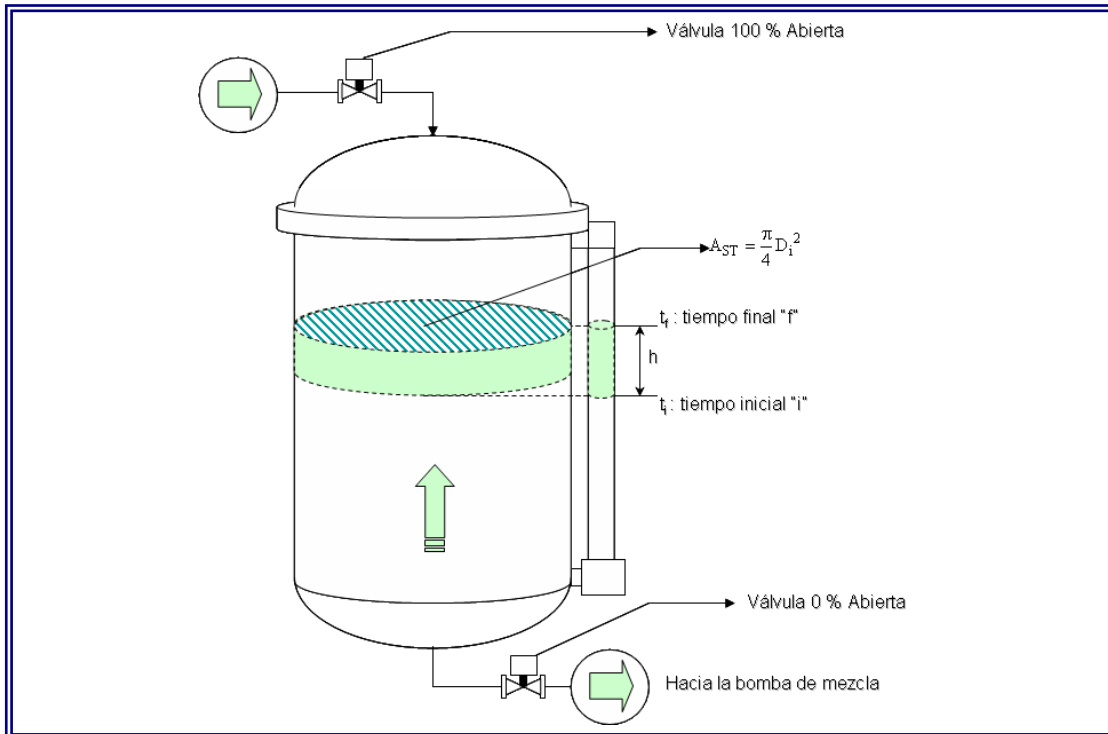
$Q_{JT}$  : caudal de jarabe terminado ( $m^3/s$ )  
 $V_{JT}$  : volumen de jarabe terminado ( $m^3$ )  
 $t_v$  : tiempo de vaciado (s)  $\rightarrow (t_i - t_f)$

El volumen de jarabe terminado se determina en relación al área de sección transversal ( $A_{ST}$ ) y la diferencia de altura en el tanque ( $h$ ) durante el tiempo de vaciado:

$$V_{JT} = A_{ST} * h \quad (4.33)$$

***Cálculo del flujo de agua de alimentación (planta de agua), empleando el tiempo de llenado del tanque de recepción.***

Se determinó el caudal de agua a partir de la diferencia de nivel de líquido en el tanque de recepción y el tiempo empleado en tal operación; las mediciones fueron efectuadas en la sección cilíndrica del tanque la cual proporciona área de sección transversal constante:



**Figura 4.10 Llenado de tanques de recepción de agua en las líneas de producción.**

El caudal fue determinado como el volumen de llenado por unidad de tiempo:

$$Q_{Aa} = \frac{V_{Aa}}{t_{ll}} \quad (4.34)$$

Donde:

$Q_{Aa}$  : caudal de agua de alimentación ( $m^3/s$ )

$V_{Aa}$  : volumen de agua alimentado ( $m^3$ )

$t_{ll}$  : tiempo de llenado (s)  $\rightarrow (t_i - t_f)$

El volumen de agua se determina en relación al área de sección transversal ( $A_{ST}$ ) y la diferencia de altura en el tanque ( $h$ ) durante el tiempo de llenado:

$$V_{Aa} = A_{ST} * h \quad (4.35)$$

***Comparación de los flujos volumétricos obtenidos en el sistema de mezcla y análisis de sus efectos en el proceso.***

Esta fase comprendió el análisis de la red de distribución de agua en las líneas de producción en evaluación y los tiempos de falla del sistema de mezcla. Se llevó a cabo la comprobación del diseño de la red de distribución de agua, desde el manifold principal hasta las líneas de producción 3, 4 y 5, a fin de determinar la relación existente entre los caudales de alimentación a las líneas en evaluación.

Las actividades efectuadas para la comprobación del diseño de la red de tuberías comprendieron:

1. Medición y cuantificación de la longitud de los tramos rectos de tuberías
2. Clasificación y cuantificación de los accesorios presentes
3. Diagramación de la red de distribución
4. Determinación de nodos o puntos de conexión entre ramas
5. Balance de energía y másico por tramos y ramas (Bernoulli)
6. Establecimiento del método de cálculo iterativo para la determinación de los caudales por ramas

Se construyeron curvas para los flujos de alimentación a cada línea y fueron comparadas con los valores medidos en el proceso. Los comportamientos irregulares en el sistema se corroboraron evaluando las frecuencias de fallas, analizando la información diaria reportada por el departamento de producción respecto a paradas y fallas en la unidad de mezcla.

#### ***b) Determinación de los flujos volumétricos y másicos en el sistema de carbonatación:***

El proceso de absorción de gas se lleva a cabo en el inyector de  $\text{CO}_2$  y el grado de carbonatación deseado se obtiene en dicha unidad. Los fluidos tienen contacto directo en contracorriente y para la determinación de los caudales de gas en la unidad se definieron previamente los caudales que circulan por la bomba de carbonatación, así como el grado de carbonatación promedio obtenido en el producto terminado, para los cuales se estableció un método de estimación del caudal de  $\text{CO}_2$  a partir de los mismos:

$$Q_{CO_2} = Q_{BC} * V_C \quad (4.36)$$

Donde:

$Q_{CO_2}$ : caudal de CO<sub>2</sub> en el inyector (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{BC}$ : caudal de bebida en la bomba de carbonatación (m<sup>3</sup>/s)

$V_C$ : volumen de carbonatación (adim – relación volumétrica)

La expresión anterior considera que la relación volumétrica dada por el equilibrio de solubilidad resultante de la ley de Henry se mantiene en la proporción de los caudales alimentados; asume que solo existe una etapa de equilibrio de eficiencia 100%. El dióxido de carbono alimentado al carbonatador y a la envasadora permite estabilizar el grado de carbonatación, mas no es representativo del obtenido en el inyector o difusor de gas, tal como lo indica el fabricante en el manual de operación.

Los flujos de dióxido de carbono alimentados al carbonatador y a la envasadora no son fácilmente determinables, por consiguiente se incluyeron en conjunto con las pérdidas al realizar el balance global de masa en las líneas de producción.

***c) Balances globales de masa y construcción de curvas de consumo en las líneas de producción en evaluación:***

Las actividades realizadas en esta fase de la investigación correspondieron a la evaluación del proceso de forma integrada considerando el incremento de la producción por hora así como los consumos de materia prima.

Las pérdidas referidas a jarabe terminado y agua fueron cuantificadas en una primera fase durante los meses de octubre y noviembre del año 2005 mientras se llevaban a cabo los ajustes de los sistemas de envasado-llenado. Los métodos de medición se indican a continuación:

***Pérdidas de bebida en purga de llenadora:*** en condiciones de operación continua del equipo se lleva a cabo el drenaje del remanente de líquido contenido en las cámaras volumétricas, el cual es enviado directamente al sistema de efluentes; dicho

drenaje se realiza por la parte inferior del equipo y fue cuantificado empleando un cilindro graduado de 500 mL y un cronómetro digital, el cual permitió medir el tiempo de llenado del cilindro. Se elaboró el instrumento de recolección de datos indicado en la Tabla 4.20.

**TABLA 4.20**  
**MEDICIÓN DEL DRENADO DE BEBIDA EN CONDICIONES DE OPERACIÓN**  
**NORMALES DE EL EQUIPO DE ENVASADO-LLENADO**

| Línea de producción | Volumen del cilindro graduado<br>( $V_{Cil} \pm 5$ )mL | Tiempo de llenado<br>( $t_{lle} \pm 0,01$ )s |
|---------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| L3                  |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
| L4                  |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |
|                     |                                                        |                                              |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

***Pérdidas de agua obtenidas en la operación de la planta de tratamiento***  
**agua:** para ello fue necesario establecer las operaciones normales de la planta de tratamiento de agua para bebidas gaseosas, y determinar las causas comunes de drenado de los sistemas, los cuales correspondieron a:

1. *Parámetros fisicoquímicos fuera de especificación:* drenaje y ajustes de tanques reactores.

La determinación del drenaje de los tanques reactores consistió en la contención del efluente en una sección de volumen conocido del sistema de canalización. Para ello se realizaron dos corridas experimentales por cada reactor, recolectando la información en el formato de la Tabla 4.21.



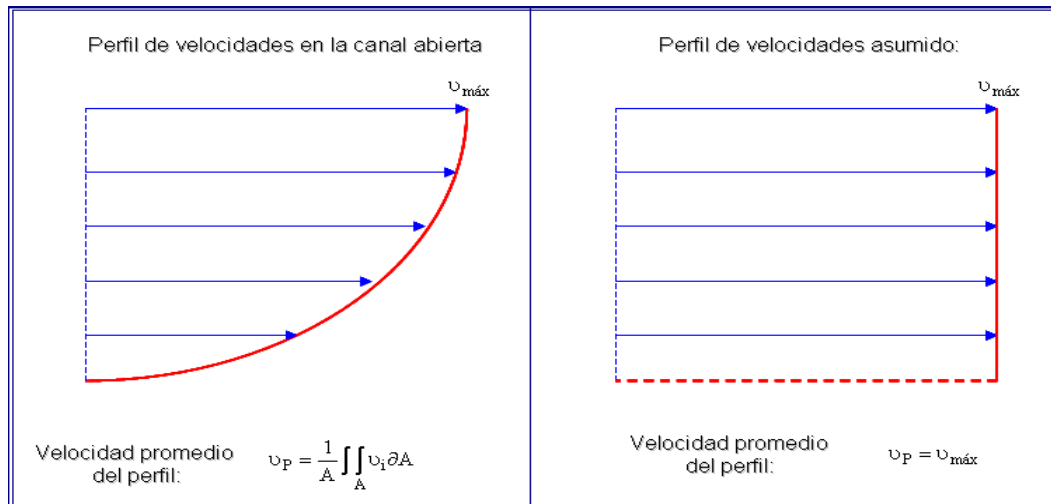
**TABLA 4.21**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DRENAJE DE AGUA EN LOS TANQUES REACTORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

| Tanque reactor | Ancho del canal<br>( $A \pm 0,5$ )cm | Largo del canal (L<br>$\pm 0,5$ )cm | Altura de nivel de líquido<br>( $H \pm 0,5$ )cm | Tiempo de llenado de la canal<br>( $t_{cli} \pm 0,01$ )s |
|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Reactor 1      |                                      |                                     |                                                 |                                                          |
| Reactor 2      |                                      |                                     |                                                 |                                                          |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

2. *Saturación de filtros:* retrolavados y drenado de los filtros de arena y carbón activado.

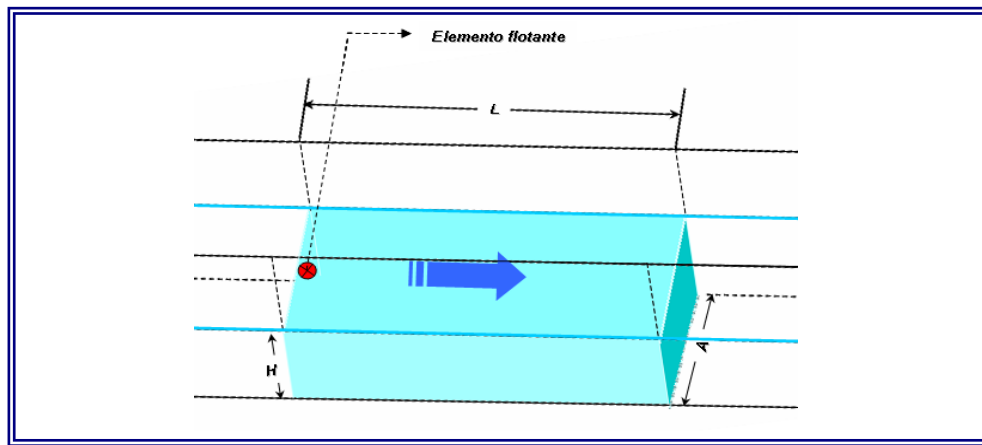
Se realizaron un conjunto de consideraciones para llevar a cabo la estimación del caudal de agua drenado durante los retrolavados; debido a las altas presiones y la magnitud del caudal de descarga fue necesario definir un método práctico y rápido para calcular el flujo. No se disponen de medidores en línea y las descargas son realizadas en canales abiertos, por consiguiente la estimación del caudal se realizó de acuerdo al flujo volumétrico circulante por las secciones rectangulares de las canalizaciones, asumiendo:



**Figura 4.11 Perfil de velocidades involucrados en la estimación del caudal de drenaje de agua en la planta de tratamiento.**

Las consideraciones realizadas asumen un perfil de velocidades para un flujo completamente turbulento, donde la fricción durante el transporte es despreciada; la Figura 4.11 representa el caso más crítico ya que establece que todas las partículas

que conforman al fluido se desplazan a la misma velocidad, y esta a su vez corresponde a la máxima velocidad de transporte que se puede alcanzar. Dichas consideraciones facilitan el cálculo y permiten determinar el caudal en función del área ocupada por el fluido en el canal y la velocidad máxima del flujo. Para ello fue necesario disponer de un objeto liviano (esfera plástica) que se desplazara con el fluido, sin oponer resistencia y de alta flotabilidad. Se demarcó a lo largo del canal una longitud conocida, se midió el ancho del canal y la altura del fluido alcanzada en el transporte; se determinó la velocidad de transporte como el tiempo transcurrido por la esfera de una marca a otra (véase Figura 4.12)



**Figura 4.12 Transporte del fluido (agua) en el canal abierto**

La velocidad del fluido se estimó como:

$$v_p = \frac{L}{t_r} \quad (4.37)$$

Donde:

$v_p$  : velocidad de transporte (m/s)

$L$  : longitud del recorrido en la canal (m)

$t_r$  : tiempo transcurrido en recorrer el elemento flotante la longitud “L” (s)

El caudal de agua se aproximó a:

$$Q_{aR} = v_p * A_T = v_p * A * H \quad (4.38)$$

Donde:

$Q_{aR}$  : caudal de agua drenado en retrolavado (m<sup>3</sup>/s)

$A_T$  : área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

$A$  : ancho de la canal (m)

$H$  : altura del nivel de líquido en la canal (m)

Los datos fueron recopilados en la Tabla 4.22

**TABLA 4.22**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENADO DE AGUA DURANTE EL RETROLAVADO DE LOS FILTROS DE ARENA Y CARBÓN**

| Filtro   | Ancho del canal<br>( $A \pm 0,5$ )cm | Altura del nivel de líquido en el canal<br>( $H \pm 0,5$ )cm | Tiempo de recorrido<br>( $t_r \pm 0,01$ )s |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Arena*   |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |
| Carbón** |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |
|          |                                      |                                                              |                                            |

Longitud de recorrido fijada: 1 m

(\*): Batería de filtros \_\_\_\_\_

(\*\*): Batería de filtros \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Se recopiló la información referente a la frecuencia establecida para cada actividad de acuerdo al procedimiento estandarizado, así como los tiempos de duración de cada una.

**Balance de masa del proceso:** se procedió a evaluar los consumos máxicos de las principales materias primas recopilando la información por hora, durante cinco días de producción, evaluando las líneas 3, 4 y 5 en producción continua, con el objeto de determinar las variaciones de las velocidades de producción y flujo de jarabe, agua y CO<sub>2</sub>. Se determinó el vaciado de los tanques criogénicos de CO<sub>2</sub>, los caudales de pérdidas de agua y jarabe (azúcar), y el incremento de la producción hora por hora. Se diseñó el formato de recolección de datos indicado en la Tabla 4.23 para la cuantificación de los consumos por hora de CO<sub>2</sub> y la Tabla 4.24 para los registros del incremento de la producción por hora.

**TABLA 4.23**  
**VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE LÍQUIDO CO<sub>2</sub> EN LOS TANQUES CRIOGÉNICOS DURANTE LAS FASES DE PROCESAMIENTO**

| Hora de medición | Presión hidrostática de CO <sub>2</sub> ( $h_{CO_2} + 0,5$ ) plgH <sub>2</sub> O |           |            |             |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------------|
|                  | BOC GASES                                                                        | PRAXAIR I | PRAXAIR II | PRAXAIR III |
|                  |                                                                                  |           |            |             |
|                  |                                                                                  |           |            |             |
|                  |                                                                                  |           |            |             |
|                  |                                                                                  |           |            |             |
|                  |                                                                                  |           |            |             |

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

**TABLA 4.24**  
**INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3, 4 Y 5**

| Hora de medición | Producción en número de cajas |    |    |
|------------------|-------------------------------|----|----|
|                  | L3                            | L4 | L5 |
|                  |                               |    |    |
|                  |                               |    |    |
|                  |                               |    |    |
|                  |                               |    |    |
|                  |                               |    |    |

Formato y sabor procesado en la línea de producción L3: \_\_\_\_\_

Formato y sabor procesado en la línea de producción L4: \_\_\_\_\_

Formato y sabor procesado en la línea de producción L5: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

La masa de CO<sub>2</sub> alimentada desde los tanques criogénicos fue determinada a partir de las tablas proporcionadas por los fabricantes, y fue calculada como:

$$m_{CO_2(ADM)} = m_{CO_2|_{h_i}} - m_{CO_2|_{h_f}} \quad (4.39)$$

Donde:

$m_{CO_2(ADM)}$ : masa de CO<sub>2</sub> alimentada al proceso (kg)

$m_{CO_2|_{h_i}}$ : masa de CO<sub>2</sub> para la altura inicial "h<sub>i</sub>" (kg)

$m_{CO_2|_{h_f}}$ : masa de CO<sub>2</sub> para la altura final "h<sub>f</sub>" (kg)

La masa de gas carbónico absorbida en la bebida esta directamente relacionada con el número de botellas producidas, el volumen de carbonatación del lote, así como el volumen de llenado promedio y la densidad del dióxido de carbono a condiciones estándar:

$$m_{CO_2(ABS)} = N_{BOT} * \overline{V_B} * \overline{V_C} * \rho_{CO_2}|_{1atm;0^{\circ}C} \quad (4.40)$$

Donde:

$m_{CO_2(ABS)}$  : masa de gas carbónico absorbida y contenida en la producción (kg)

$N_{BOT}$  : número de botellas producidas (adim)

$\overline{V_B}$  : volumen de bebida promedio (L)

$\overline{V_C}$  : volumen de carbonatación promedio a condiciones estándar ( $Vol_{CO_2}/Vol_{H_2O}$ )

$\rho_{CO_2}|_{1atm;0^{\circ}C}$  : densidad del gas carbónico a condiciones estándar de 1 atm y 0°C  
(0,00198 kg/L)

El rendimiento de dióxido de carbono se define como la relación existente entre el gas absorbido efectivamente a la cantidad alimentada, dado por:

$$\%REND_{CO_2} = \frac{m_{CO_2(ABS)}}{m_{CO_2(ALM)}} * 100 \quad (4.41)$$

Donde:

$\%REND_{CO_2}$  : indicador de aprovechamiento de gas carbónico (%)

Posteriormente se procedió a calcular el rendimiento de agua, para ello se definió como la cantidad de agua alimentada al proceso a la sumatoria del agua consumida por las líneas y las pérdidas durante las operaciones de ajustes de la planta de tratamiento:

$$m_{a(ALM)} = m_{a(B)} + m_{a(PERD)} \quad (4.42)$$

Donde:

$m_{a(ALM)}$  : masa alimentada al proceso (kg)

$m_{a(B)}$  : masa de agua contenida en la bebida (kg)

$m_{a(PERD)}$  : masa pérdida en drenajes (kg)

La masa de agua contenida en la bebida esta directamente relacionada al volumen de producción, la relación de dilución y la concentración de azúcares deseada, por consiguiente;

$$m_{a(B)} = m_B - m_{JT(B)} \quad (4.43)$$

Donde:

$m_B$  : masa de bebida total producida (kg)

$m_{JT(B)}$  : masa de jarabe terminado contenido en la bebida (kg)

La masa de bebida se determinó a partir de la cantidad producida, el volumen de bebida promedio y la densidad ( $\rho_B$ ) de la misma:

$$m_B = N_{BOT} * \overline{V_B} * \rho_B \quad (4.44)$$

Se realizó una analogía a la ecuación 4.29 para la determinación de la masa de jarabe terminado contenida en la bebida, obteniendo:

$$m_{JT(B)} = V_{JT0} * \rho_{JT} = \rho_{JT} * \frac{\rho_B * \overline{V_B}}{\left( \rho_a * \left( \frac{V_a}{V_{JT}} \right) + \rho_{JT} \right)} \quad (4.45)$$

La expresión anterior es una función del volumen de producción y la relación de dilución deseada y permite determinar tanto la masa de jarabe terminado consumida en el proceso así como la cantidad de azúcar (sacarosa), a partir de la concentración en °Brix equivalente al porcentaje másico de azúcares (%p/p):

$$m_{SAC(B)} = m_{JT} * \frac{C_{JT}}{100} \quad (4.46)$$

Donde:

$m_{SAC(B)}$  : masa de sacarosa consumida en el proceso (kg)

$C_{JT}$  : concentración de sacarosa en jarabe terminado (°Brix – %p/p)

Secuencialmente se determinaron las pérdidas en masa de agua y azúcar, calculadas a partir de los caudales de purga de los sistemas:

#### **Masa de agua drenada:**

$$m_{a(D)} = m_{a(REACT)} + m_{a(FLT)} = V_{DREACT} * \rho_{a(REACT)} + V_{DFLT} * \rho_{a(FLT)} \quad (4.47)$$

Donde:

$m_{a(D)}$  : masa de agua drenada total (kg)

$m_{a(REACT)}$  : masa de agua drenada en los reactores (kg)

$m_{a(FLT)}$  : masa de agua drenada en los filtros (kg)  
 $V_{DREACT}$  : volumen de agua drenado en los reactores ( $m^3$ )  
 $\rho_{a(REACT)}$  : densidad del agua en los reactores ( $kg/m^3$ )  
 $V_{DFLT}$  : volumen de agua drenado en los filtros ( $m^3$ )  
 $\rho_{a(FLT)}$  : densidad del agua en los filtros ( $kg/m^3$ )

**Masa de azúcar drenada (SACAROSA):**

$$m_{SAC(D)} = m_{JT(D)} * \frac{C_{JT}}{100} = V_{JT(D)} * \rho_{JT} * \frac{C_{JT}}{100} \quad (4.48)$$

Donde:

$m_{SAC(D)}$  : masa de azúcar drenada (kg)  
 $m_{JT(D)}$  : masa de jarabe drenada en la llenadora (kg)  
 $V_{JT(D)}$  : volumen de jarabe drenado en la llenadora (kg)

Se definieron los rendimientos de agua y azúcar como:

**Agua:**  $\%REND_A = \frac{m_{a(B)}}{m_{a(ALM)}} * 100 = \frac{m_{a(B)}}{m_{a(B)} + m_{a(D)}} * 100 \quad (4.49)$

Donde:

$\%REND_A$  : indicador de aprovechamiento de agua (%)

$m_{a(ALM)}$  : masa alimentada de agua al proceso (kg)

**Azúcar:**  $\%REND_{SAC} = \frac{m_{SAC(B)}}{m_{SAC(ALM)}} * 100 = \frac{m_{SAC(B)}}{m_{SAC(B)} + m_{SAC(D)}} * 100 \quad (4.50)$

Donde:

$\%REND_{SAC}$  : indicador de aprovechamiento de azúcar (%)

$m_{SAC(ALM)}$  : masa alimentada de azúcar al proceso (kg)

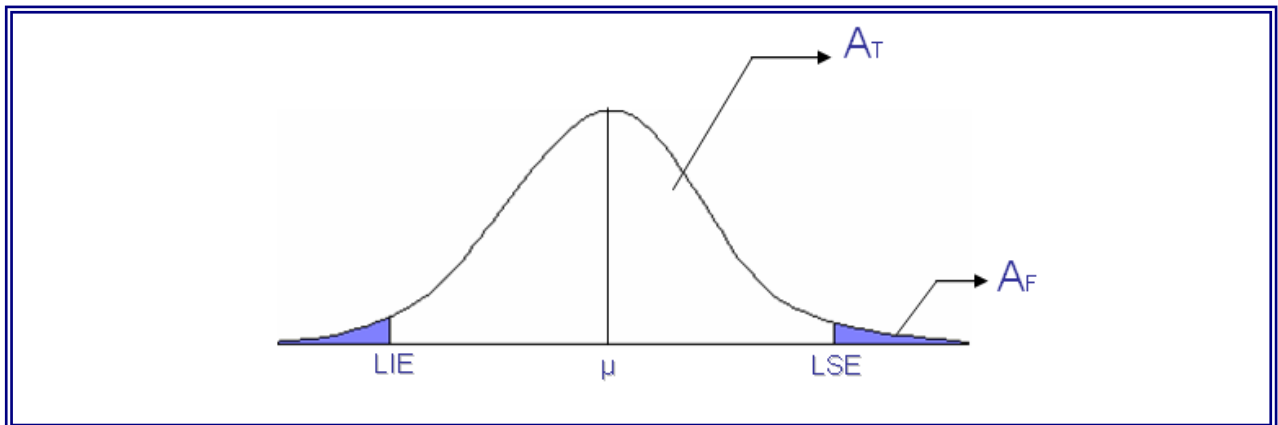
Por último, se construyeron las gráficas de consumo e incremento másico para cada materia prima y producto terminado durante los cinco días de evaluación, estableciendo patrones de comportamiento y de comparación para las líneas en evaluación.

#### 4.4 ESTABLECIMIENTO DE LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL PROCESO.

Las actividades realizadas durante esta etapa correspondieron al establecimiento de las mejores condiciones operacionales, basándose en el comportamiento observado y evaluando los sistemas de medición y control de los parámetros.

##### 4.4.1 RANGOS DE VARIACIÓN REALES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.

En función de la variabilidad observada para cada parámetro de calidad, se estableció determinar el rango de tolerancias que permite obtener índices de capacidad iguales a la unidad, en relación a la ecuación 2.20 de capacidad de procesos. Para ello fue necesario determinar la cantidad de productos fuera de las tolerancias a las condiciones actuales, así como la proporción obtenida con las tolerancias definidas para un índice de capacidad potencial igual a 1, empleando el software estadístico Minitab 13.1, el cual estima el área ocupada por las zonas fuera de las tolerancias respecto al total de la distribución, en resumen:



**Figura 4.13 Relación de áreas productos conformes y no conformes en función de la distribución de frecuencias**

El porcentaje no conforme corresponde a la relación de áreas comprendidas dentro y fuera de las tolerancias (Feigenbaum 1986):

$$\%NC = \frac{A_F}{A_T + A_F} * 100 \quad (4.51)$$



Donde:

%NC : porcentaje no conforme (%)

AF : área fuera de las tolerancias

AT : área dentro de las tolerancias

El software estadístico Minitab 13.1 efectúa el cálculo anterior de forma automática al realizar los estudios de capacidad; por lo tanto se pueden calcular los índices de capacidad estableciendo nuevas tolerancias y determinado el porcentaje de productos fuera de la distribución de frecuencias, a fin de equilibrar las variaciones reales del proceso y las tolerancias establecidas.

#### **4.4.2. ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO:**

La siguiente fase de la investigación comprendió definir las condiciones de operación, en función de:

1. Estabilización de presiones, temperaturas y flujos de las unidades y equipos del proceso
2. Disminución de la variabilidad observada de los parámetros de calidad y proceso
3. Detección de oportunidades de mejora y puntos de control

Para cada unidad se estableció:

##### **Sistema de Mezcla:**

- Caudal requerido de agua y jarabe en función del cabezal de la bomba y el caudal de envasado
- Detección de puntos de modificación en las líneas de agua y jarabe terminado
- Estimación de los efectos esperados con la modificación del sistema: tiempos de paradas, aumento de la velocidad promedio de la producción, ciclos de operación de la bomba

##### **Sistema de enfriamiento:**

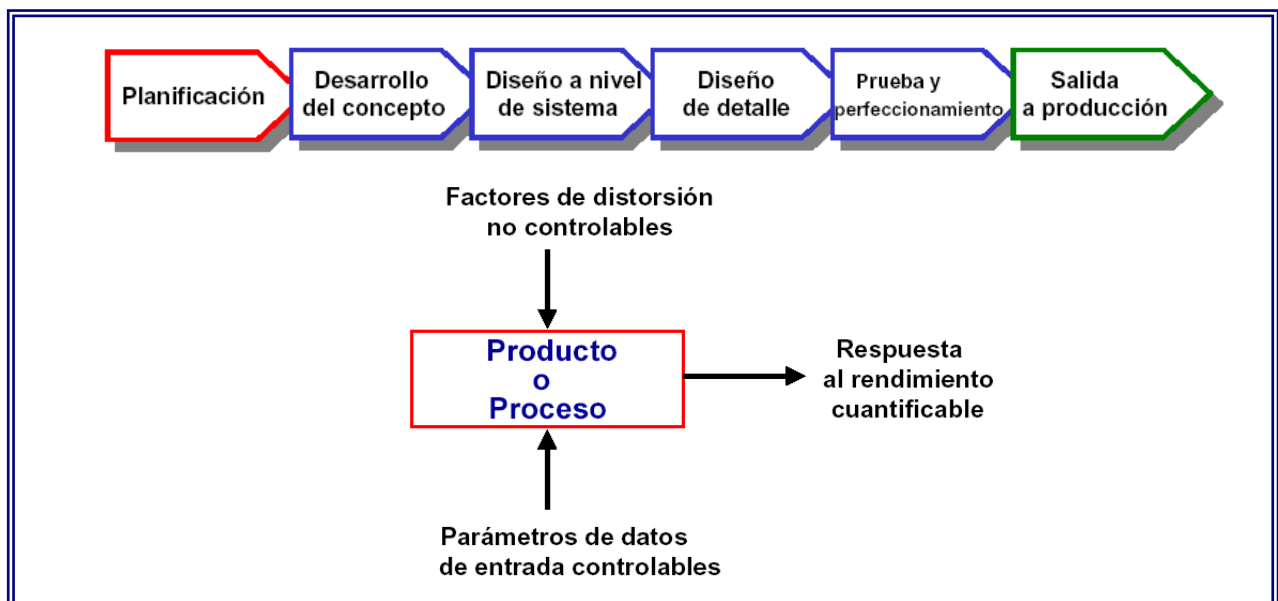
- Presión de operación del evaporador y temperatura del refrigerante
- Volumen de amoníaco líquido en el tanque acumulador
- Temperatura de bebida a la salida del sistema

- Eficiencia del sistema de enfriamiento
- Estandarización de equipos de medición

**Sistema de carbonatación y envasado:**

- Presión de alimentación de CO<sub>2</sub> a las líneas
- Flujos de transferencia de masa
- Presiones de inyección de CO<sub>2</sub>
- Condiciones de establecimiento de equilibrios de solubilidad
- Presión del tanque carbonatador y llenadora
- Caídas de presión requerida para el transporte de bebida entre equipos
- Detección de puntos de modificación en la línea de conexión entre el tanque carbonatador y la envasadora

Los sistemas de enfriamiento, carbonatación y envasado requieren ser evaluados mediante la aplicación de diseños experimentales, razones por las cuales, al efectuarse las modificaciones a corto y largo plazo en las líneas de producción, se recomienda necesario llevar a cabo las siguientes etapas:



**Figura 4.14 Etapas y variables que intervienen en el diseño de experimentos**

Estableciendo:

1. Tipo de diseño experimental
2. Factores controlables

3. Niveles de los factores controlables.
4. Factores de distorsión
5. Respuesta cuantificable
6. Objetivo perseguido con el diseño: maximizar rendimientos, minimizar variaciones, disminuir pérdidas
7. Planificación y ejecución del experimento
8. Número de replicas y experimentos de comprobación
9. Determinación de efectos e interacciones
10. Pruebas adicionales de control y distorsión.

Los diseños experimentales serán recomendados para cada unidad involucrada, a fin de optimizar y mejorar la operación, por consiguiente forman parte de las oportunidades de mejora técnico-económicas factibles en el área productiva.

#### **4.5 ESTABLECIMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICO-ECONÓMICAS FACTIBLES DE REDUCCIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES Y PÉRDIDAS DE MATERIALES OCASIONADAS POR LOS MISMOS.**

Inicialmente, se determinaron los equipos necesarios para llevar a cabo el control de parámetros. Para cada uno se establecieron los factores que afectan la selección del equipo en relación a:

1. Disponibilidad
2. Versatilidad
3. Sensibilidad y respuesta
4. Facilidad de operación
5. Aplicabilidad
6. Costo

Se estableció el rango de ponderación de cada factor definiendo tres criterios:

1. Bajo
2. Aceptable
3. Alto

La selección de los equipos se realizó a partir de la construcción de una matriz de criterios, en la cual a cada factor se le asignó un valor en relación a la capacidad del equipo; la Tabla 4.25 presenta el ejemplo para su construcción

**TABLA 4.25**  
**MATRIZ DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL CONTROL DEL**  
**PARÁMETRO  $X_i$**

| Equipo   | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Factor 4 | Factor 5 | Puntuación |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| Equipo 1 |          |          |          |          |          |            |
| Equipo 2 |          |          |          |          |          |            |
| Equipo 3 |          |          |          |          |          |            |
| .        |          |          |          |          |          |            |
| .        |          |          |          |          |          |            |
| Equipo n |          |          |          |          |          |            |

**Criterios de selección:**  
**1: Bajo**  
**2: Aceptable**  
**3: Alto**

Se seleccionaron los equipos que presentaron mayor cantidad de criterios a favor, determinado para cada uno la cantidad dinero a invertir.

#### **Estimación de la Inversión Inicial (II):**

Equivale a la suma de los costos de los equipos requeridos

$$II = E1 + E2 + E3 + ..... + En = \sum E_i \quad (4.52)$$

Donde:

II : inversión inicial (\$)

$E_i$  : costo por equipos (\$)

Posteriormente, se realizó la evaluación económica de la propuesta considerando dos alternativas de solución:

**Alternativa A:** Producir sin hacer cambios a las líneas de producción

**Alternativa B:** Adquirir equipos de medición y control de parámetros

#### **EVALUACIÓN ECONÓMICA (Ettegui C., 2003):**

Para cada alternativa se determinó:

##### **Ingreso brutos ( $I_{Bi}$ ):**

Equivale al precio de venta por la cantidad vendida:

$$I_{Bi} = P_v * Q \quad (4.53)$$

Donde:

$I_{Bi}$  : ingreso bruto (\$)  
 $P_v$  : precio de venta (\$)  
 $Q$  : cantidad vendida (\$)

Su comportamiento dependerá de la cantidad producida y las variaciones del precio de venta, y su variación será establecida de acuerdo a los volúmenes de producción del primer semestre el año 2006

### **Costos Operacionales (COP):**

Son todos aquellos requerimientos de materias primas, personal, servicios y mantenimiento requeridos para producir. Fueron calculados sobre la base de la cantidad de producción.

### **Total de costos operacionales anuales:**

COP = Costos(Materia prima + nómina + mantenimiento + insumos + seguros + supervisión)

**Cálculo del valor residual (Vr):** Es el valor del equipo para el tiempo de finalización del proyecto (se asume 10% del costo inicial del equipo para 5 años)

$$V_r = CF/n \quad (4.54)$$

Donde:

CF: costo del equipo (\$)  
n: vida útil del equipo

**Flujo monetario neto (  $F_i$  ):** sumatoria de los flujos de ingreso y egresos realizados en las operaciones de producción para el año "i"

$$F_i = I_{B(i)} - COP_{(i)} \quad (4.55)$$

**Modelos de rentabilidad:** para una tasa mínima de rendimiento igual al 10% (BANCO CENTRAL DE VENEZUELA)

### **1. Valor actual (VA):**

$$VA = F_0 + F_1 * \left( \frac{P}{S_{i,1}} \right) + F_2 * \left( \frac{P}{S_{i,2}} \right) + ..... + F_n * \left( \frac{P}{S_{i,n}} \right) \quad (4.56)$$

Donde:  $F_j$ : flujos monetarios netos (\$)

$\left( \frac{P}{S_{i,n}} \right)$ : factor de actualización

## 2. Equivalente Anual (EA):

$$EA = VA * \left( \frac{R}{P_{i,5}} \right) \quad (4.57)$$

Donde:

$\left( \frac{P}{S_{i,n}} \right)$ : factor de recuperación del capital

### CRITERIO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS (Ettegui C., 2003):

1. **Maximización del valor actual:** se selecciona la alternativa que proporcione mayor valor actual
2. **Valor actual del flujo extra:** se efectúa la diferencia entre los flujos monetarios de cada alternativa (menor y mayor inversión inicial), determinando el valor actual del flujo extra

$VA_{(A-B)} > 0$  : Rentable alternativa de mayor inversión inicial

$VA_{(A-B)} = 0$  : Punto crítico, ambas alternativas son viables

$VA_{(A-B)} < 0$  : Rentable alternativa de menor inversión inicial

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (Ettegui C., 2003):

En caso de no resultar rentable la propuesta se deberá efectuar el cálculo del flujo extra y su valor actual:

$$F_{(A-B)(i)} = F_{A(i)} - F_{B(i)} \quad (4.58)$$

Donde:

$F_{(A-B)(i)}$  : flujo extra para el año "i"

### VALOR ACTUAL DEL FLUJO EXTRA (Ettegui C., 2003):

$$VA_{(A-B)} = F_{(A-B)_0} + F_{(A-B)_1} * \left( \frac{P}{S_{i,1}} \right) + F_{(A-B)_2} * \left( \frac{P}{S_{i,2}} \right) + \dots + F_{(A-B)_n} * \left( \frac{P}{S_{i,n}} \right) \quad (4.59)$$

Se debe seleccionar la variable crítica que afecta significativamente el valor actual del flujo extra, a fin de establecer el punto de equilibrio a partir del cual se producen cambios en la decisión y en los indicadores de rentabilidad. Las alternativas de solución están orientadas a la reducción de los costos no conformidades y

mantenimiento del proceso, los cuales afectan directamente los costos operacionales, y será la variable crítica a evaluar. Para ello se establece:

$$VA_{(A-B)} = VA_{(A)} - VA_{(B)} \quad (4.60)$$

Para el caso crítico  $VA_{(A-B)} = 0$ :

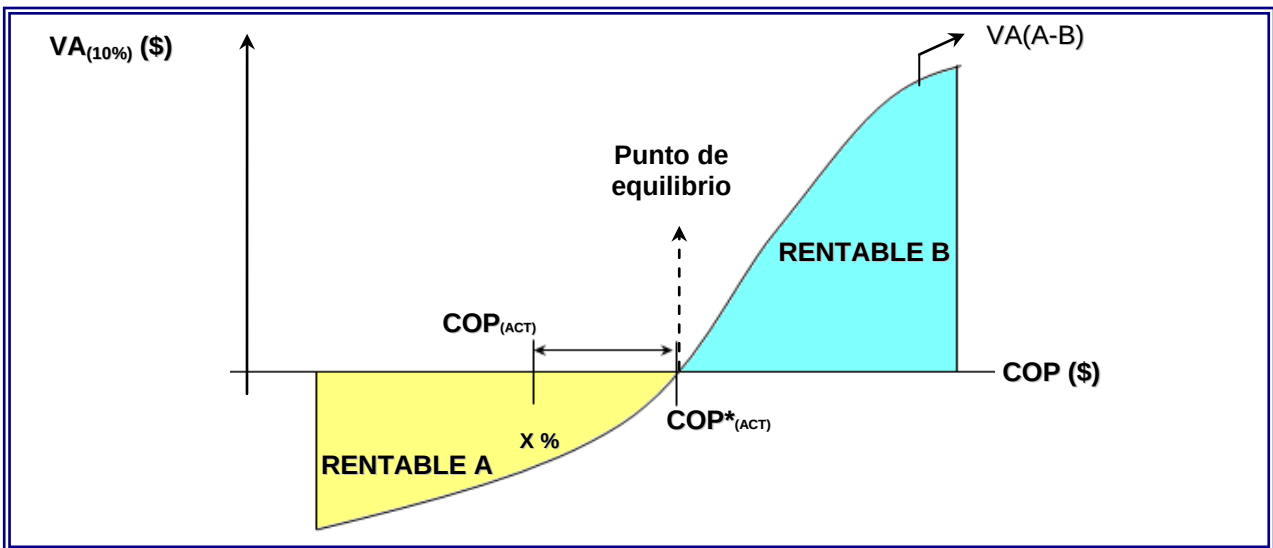
$$VA_{(A)} = VA_{(B)} \quad (4.61)$$

$$VA_{(B)} = VA_{(A)} * \left( \frac{R}{P_{1,5}} \right) = (I_{B(A)} - COP^*_{(A)}) * \left( \frac{R}{P_{1,5}} \right) \quad (4.62)$$

Donde:

$COP^*_{(A)}$  : costo operacional de A máximo que produce cambio de la decisión

La Figura 4.15 presenta de forma gráfica el análisis de sensibilidad de las propuestas:



**Figura 4.15 Análisis de sensibilidad económico.**

De esta forma se selecciona la alternativa técnico-económica de mayor rentabilidad y culmina la fase de propuestas de mejoramiento del área.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El siguiente capítulo comprende el análisis de los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el área productiva. Se presentan de forma estructurada cada una de las fases de la investigación, desde la comprensión de la situación actual en la búsqueda de oportunidades de mejora, que permitan alcanzar la situación deseada para el proceso actual.

#### **5.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE LLENADO DE BEBIDAS GASEOSAS.**

De acuerdo a las normas COVENIN para bebidas gaseosas 2182-1995 y 762-1995, la resolución especial 5325 para el contenido envasado en bebidas gaseosas y el manual de la calidad de AJEVEN, se establecieron los siguientes criterios de rechazo a nivel de producto terminado:

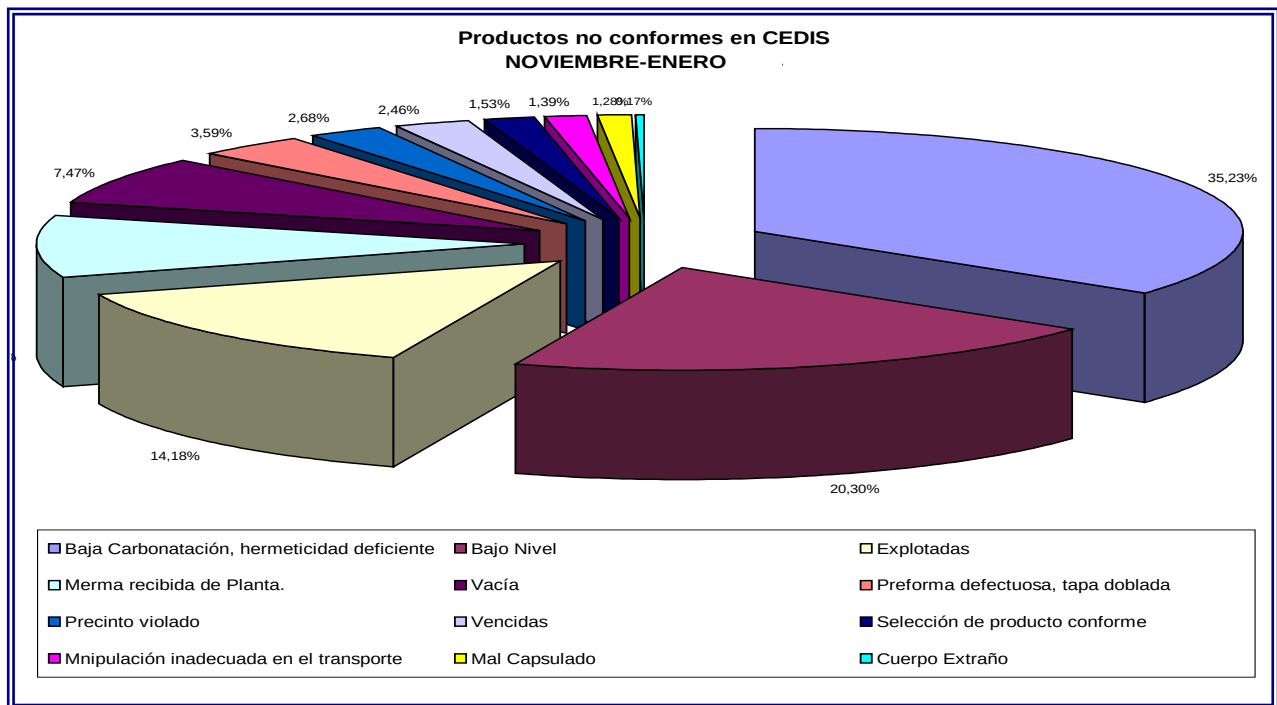
1. Carbonatación deficiente y pérdida de carbonatación.
2. Sabor no característico y apariencia organoléptica: °Brix fuera de especificación, formulación incorrecta.
3. Capsulado deficiente: tapa descentrada, torque de remoción fuera de especificación, precinto de seguridad violado, acumulación de material en el sello de hermeticidad de la tapa, etc.
4. Contenido neto o nivel de llenado deficiente (fuera de especificación).
5. Defectos en el envase: etiqueta defectuosa, soplado de botellas incorrecto (apariencia externa con perlescencia o envase nacarado, exceso de material y acumulación en el fondo de la botella, explosión de producto terminado).
6. Presencia de cuerpos extraños.
7. Integridad física de los paquetes y paletas formadas: suciedad externa, paquetes defectuosos, separadores deteriorados, entre otras.
8. Contaminación microbiológica.



De acuerdo a la clasificación anterior, se procedió a obtener la información por parte del departamento de Asistencia Técnica al Cliente, respecto al incremento y detección de no conformidades en los centros de distribución a finales del mes de octubre del año 2004 y el mes de enero del año 2005; los datos recopilados se presentan en la Tabla y Figura 5.1.

**TABLA 5.1**  
**CANTIDAD DE PRODUCTO DEFECTUOSO DESCARTADO EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN**

| No conformidad                              | CANTIDAD DE CAJAS POR CENTRO DE DISTRIBUCIÓN |               |               |               |                |                |                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
|                                             | Barquisimeto                                 | Maracay       | Puerto Ordaz  | Yaguara       | Valencia       | Total (CAJAS)  | Porcentaje (%) |
| Baja Carbonatación, hermeticidad deficiente | 596,46                                       | 513,92        | 424,50        | 363,90        | 368,74         | 2267,51        | 35,23          |
| Bajo Nivel                                  | 1167,10                                      | 87,59         | 12,01         | 1,31          | 38,26          | 1306,27        | 20,30          |
| Explotadas                                  | 200,80                                       | 253,88        | 36,97         | 56,67         | 364,00         | 912,32         | 14,18          |
| Merma de Planta                             | 0,00                                         | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 625,50         | 625,50         | 9,72           |
| Vacía                                       | 226,46                                       | 36,15         | 0,00          | 207,94        | 10,23          | 480,78         | 7,47           |
| Preforma defectuosa, tapa doblada           | 83,35                                        | 4,83          | 0,00          | 136,08        | 6,92           | 231,18         | 3,59           |
| Precinto violado                            | 93,35                                        | 60,76         | 4,17          | 0,00          | 12,08          | 172,35         | 2,68           |
| Vencidas                                    | 0,00                                         | 1,03          | 1,00          | 50,27         | 106,08         | 158,36         | 2,46           |
| Producto conforme seleccionado              | 69,85                                        | 2,34          | 0,00          | 10,63         | 15,74          | 98,56          | 1,53           |
| Manipulación inadecuada en el transporte    | 38,00                                        | 3,51          | 39,60         | 0,00          | 8,44           | 89,54          | 1,39           |
| Mal Capsulado                               | 0,00                                         | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 82,39          | 82,39          | 1,28           |
| Cuerpo Extraño                              | 2,08                                         | 5,00          | 0,08          | 0,02          | 3,53           | 10,71          | 0,17           |
| <b>Total físico</b>                         | <b>2479,45</b>                               | <b>969,00</b> | <b>518,33</b> | <b>826,86</b> | <b>1641,89</b> | <b>6435,49</b> | <b>100,00</b>  |



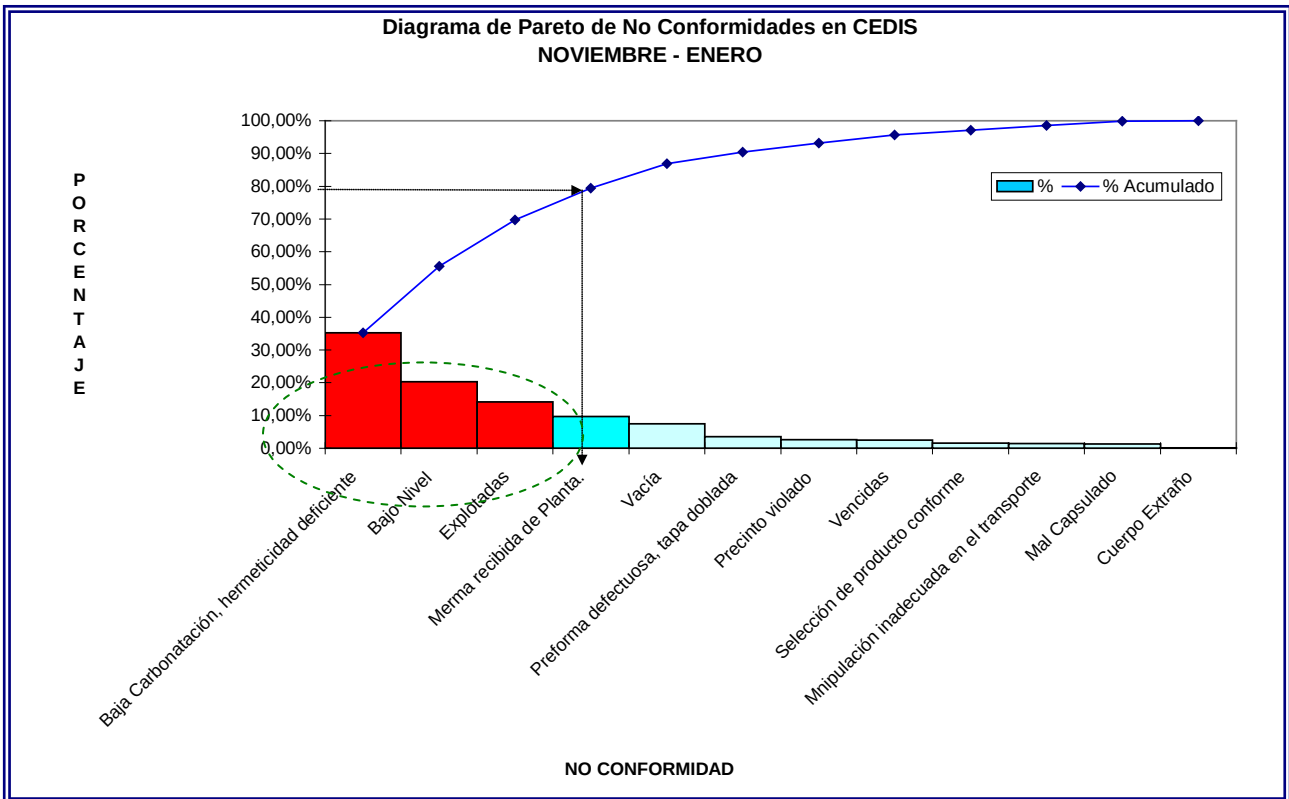
**Figura 5.1 Productos no conformes en centros de distribución.**

Una vez identificados, clasificados y cuantificados los tipos de rechazo se procede a elaborar el diagrama de Pareto, organizando de mayor a menor la frecuencia de rechazos obtenidos en el producto de acuerdo a la desviación detectada, tal como se indica en la Tabla 5.2

**TABLA 5.2  
SEGREGACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES EN  
CEDIS (CENTROS DE DISTRIBUCIÓN)**

| No conformidad                              | Porcentaje de producto (%) |
|---------------------------------------------|----------------------------|
| Baja Carbonatación, hermeticidad deficiente | 35,23%                     |
| Bajo Nivel                                  | 20,30%                     |
| Explotadas                                  | 14,18%                     |
| Merma de Planta                             | 9,72%                      |
| Vacía                                       | 7,47%                      |
| Preforma defectuosa, tapa doblada           | 3,59%                      |
| Precinto violado                            | 2,68%                      |
| Vencidas                                    | 2,46%                      |
| Producto conforme seleccionado              | 1,53%                      |
| Manipulación inadecuada en el transporte    | 1,39%                      |
| Mal Capsulado                               | 1,28%                      |
| Cuerpo Extraño                              | 0,17%                      |
| Total físico                                | 100,00%                    |

De la clasificación anterior se obtiene el siguiente diagrama de Pareto representado en la Figura 5.2:



**Figura 5.2 Diagrama de Pareto de no conformidades en CEDIS.**

Basándose en la información aportada por el diagrama de Pareto (Figura 5.2), se observa que el 80% de las no conformidades están constituidas por baja carbonatación y bajo nivel de llenado (contenido neto) y son equivalentes al 55,53% y están directamente relacionadas al área de llenado-ensado; la explosión de productos equivale a 14,18% y tiene relación directa al proceso de elaboración de envases mediante el soplado de preformas. Un 9,72% corresponde a las no conformidades generadas en planta y en conjunto suman un total de 79,43%.

A fin de obtener las causas que originan las no conformidades, se establecieron grupos de trabajo en el área de soplado y en el área de llenado-ensado, que mediante la técnica de grupo de la **“tormenta de ideas”**, se lograron identificar las siguientes causas potenciales:

- 1.- Mantenimiento, calibración y operación de capsuladores.
- 2.- Peso de las preformas.
- 3.- Problema en el anillo del cuello de las preformas (finish).
- 4.- Permeabilidad de la preforma.
- 5.- Materia prima de la preforma.
- 6.- Diversidad de proveedor de tapas.
- 7.- Proceso de inyección de preformas.
- 8.- Proceso de recepción de preformas
- 9.- Auditoria a proveedores de tapas y preformas
- 10.- Temperaturas de pre-carbonatación y carbonatación.
- 11.- Medidores de temperatura en sistema de llenado.
- 12.- Método de carbonatación.
- 13.- Presiones de inyección y carbonatación.
- 14.- Equipos de medición de presiones.
- 15.- Sistema de transporte de la bebida
- 16.- Nivel de refresco en la botella
- 17.- Calibración de los tubos de venteo o cámaras volumétricas.
- 18.- Muestreo de espesores de botellas.
- 19.- Ajuste, regulación y calibración de válvulas de llenado.
- 20.- Sobre presión del CO<sub>2</sub> en los envases.
- 21.- Sistema de enfriamiento de las sopladoras
- 22.- Lubricante del sistema de transporte de tablillas.
- 23.- Almacenamiento del producto terminado en las CEDIS.
- 24.- Sistema de transporte del producto terminado.
- 25.- Falta de protección (separador) de última camada de producto
- 28.- Tamaño inadecuado de paletas utilizadas en formatos de 3100 mL
- 29.- Película de plástico de hermeticidad de las tapas (linner)
- 30.- Clavos sobresalientes en paletas

De las causas anteriores se estableció que su origen radica en el área productiva, debido al control inadecuado de los parámetros de proceso y calidad, deficiencias de mantenimiento y desviaciones de los requerimientos de materia prima.

Posteriormente se procedió a clasificar los defectivos en el área de llenado- envasado de acuerdo a la categoría que corresponden, llevando a cabo la representación gráfica de las causas de desviación en un diagrama Ishikawa. Las categorías se presentan a continuación:

- 1. Materiales:** defectos de botellas, preformas, tapas y materias primas en general
- 2. Maquinaria:** fluctuaciones del sistema, baja eficiencia de procesamiento entre otras
- 3. Métodos:** mantenimientos correctivos y preventivos deficientes, ajustes de parámetros de forma manual, procesos de preparación inestables
- 4. Mano de obra:** desconocimiento de puntos críticos de control y proceso en general
- 5. Medio ambiente:** condiciones ambientales extremas de almacenamiento y transporte
- 6. Medición:** instrumentos de medición inadecuados o falta de equipos, rangos de variación no adecuados a la variabilidad del proceso

Se organizó cada una de las causas de acuerdo por categorías, elaborando dos diagramas Ishikawa respecto a la falta de hermeticidad y pérdida de CO<sub>2</sub>, y al bajo nivel de llenado (véase Figuras 5.3 y 5.4)

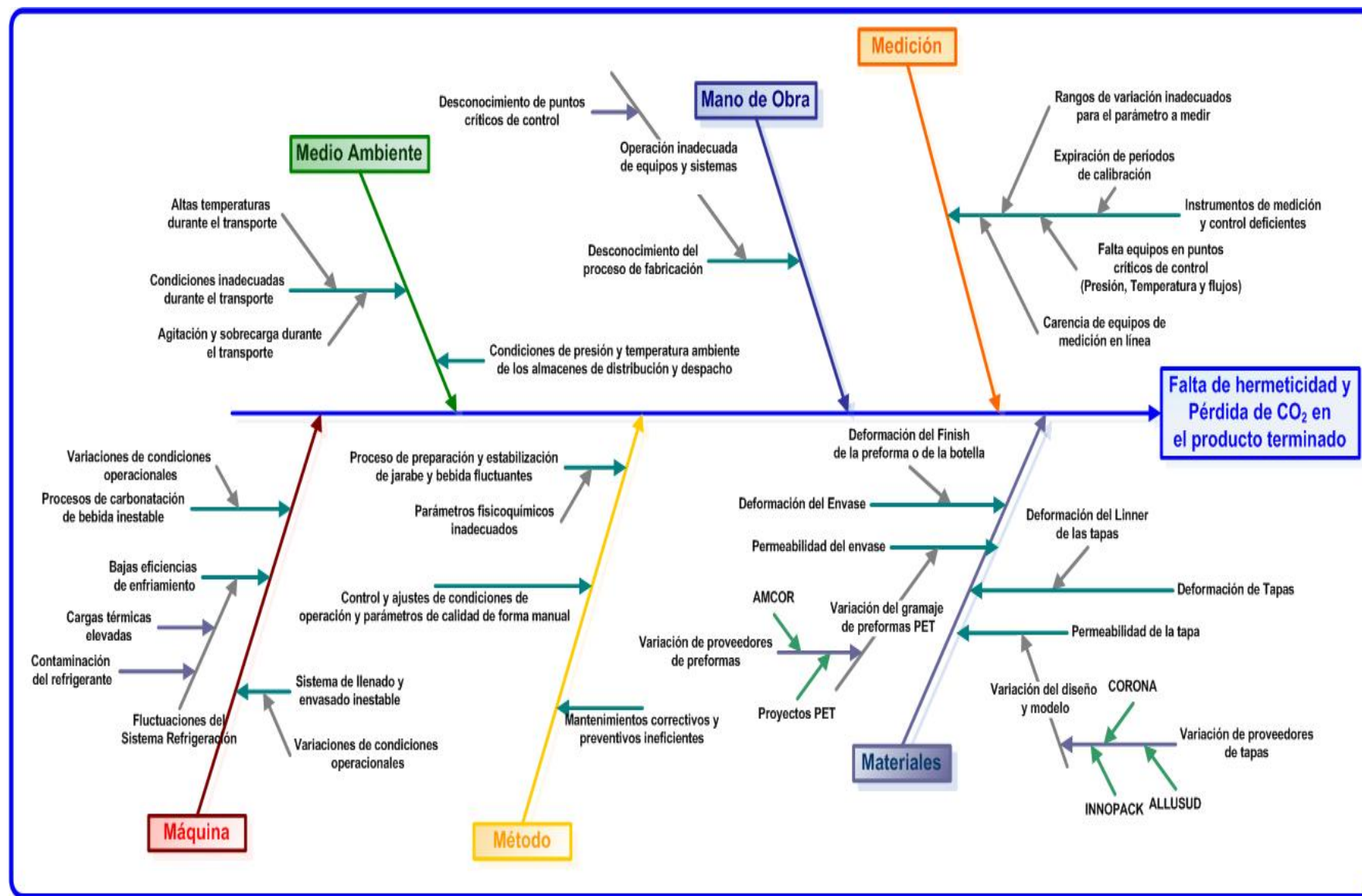


Figura 5.3 Diagrama Ishikawa de falta de hermeticidad y pérdida de CO<sub>2</sub>.

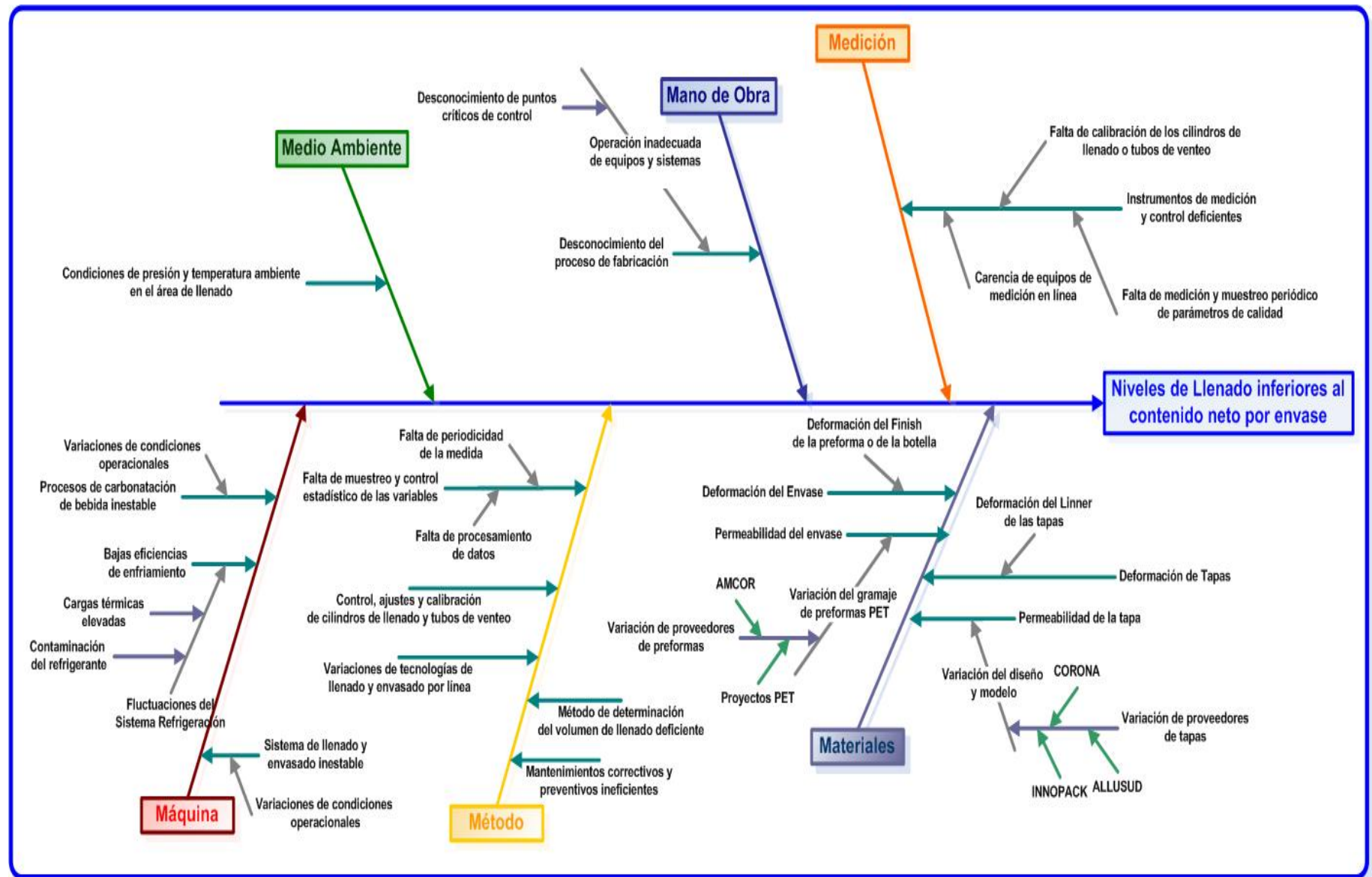


Figura 5.4 Diagrama Ishikawa de nivel de llenado fuera de especificación.



Las siguientes acciones se realizaron entorno a la observación directa del proceso, llevando a cabo reuniones periódicas con el personal involucrado en el área y el contacto directo de las labores de operación, supervisión, procesamiento e inspección, detección de principales fallas operacionales, y generación de productos no conformes empleando la información obtenida previamente. Se estableció un plan de acciones iniciado durante el mes de abril del año 2005, cuyo objetivo principal fue evaluar la generación de no conformidades detectadas en el proceso, recopilando la información mostrada en las Tablas 5.3 y 5.4:

**TABLA 5.3**  
**PRODUCTO NO CONFORME DETECTADO EN PROCESO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Mes                             | CANTIDAD DE PRODUCTO NO CONFORME (CAJAS) |               |               |                          |                          |                     |                                     |                             |       |               |
|---------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------|---------------|
|                                 | Brix                                     | Carbonatación | Nivel Llenado | Apariencia Organoleptica | Sin Fecha de vencimiento | Etiqueta Defectuosa | Acumulacion de material en el fondo | Punto de inyección desviado | Otros | Total mensual |
| Abril                           | 122,00                                   | 6,00          | 0,00          | 0,00                     | 77,00                    | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 0,00  | 205,00        |
| Mayo                            | 0,00                                     | 36,00         | 9,50          | 0,00                     | 87,50                    | 0,00                | 29,50                               | 0,00                        | 0,00  | 162,50        |
| Junio                           | 9,00                                     | 58,00         | 81,00         | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                | 504,00                              | 0,00                        | 0,00  | 652,00        |
| Julio                           | 0,00                                     | 87,00         | 52,10         | 0,00                     | 444,50                   | 44,30               | 0,00                                | 349,00                      | 0,00  | 976,90        |
| Agosto                          | 71,00                                    | 77,00         | 40,00         | 22,00                    | 113,50                   | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 0,00  | 323,50        |
| <b>Total por no conformidad</b> | 202,00                                   | 264,00        | 182,60        | 22,00                    | 722,50                   | 44,30               | 533,50                              | 349,00                      | 0,00  | 2319,90       |

**TABLA 5.4**  
**PRODUCTO NO CONFORME DETECTADO EN PROCESO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Mes                             | CANTIDAD DE PRODUCTO NO CONFORME (CAJAS) |               |               |                          |                          |                     |                                     |                             |        |               |
|---------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------|---------------|
|                                 | Brix                                     | Carbonatación | Nivel Llenado | Apariencia Organoleptica | Sin Fecha de vencimiento | Etiqueta Defectuosa | Acumulacion de material en el fondo | Punto de inyección desviado | Otros  | Total mensual |
| Abril                           | 115,50                                   | 119,00        | 29,00         | 0,00                     | 260,50                   | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 0,00   | 524,00        |
| Mayo                            | 159,00                                   | 0,00          | 0,00          | 0,00                     | 81,00                    | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 0,00   | 240,00        |
| Junio                           | 0,00                                     | 5,00          | 0,00          | 101,00                   | 123,00                   | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 324,00 | 553,00        |
| Julio                           | 72,00                                    | 126,00        | 0,00          | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                | 0,00                                | 0,00                        | 0,00   | 198,00        |
| Agosto                          | 144,00                                   | 46,00         | 22,00         | 0,00                     | 475,50                   | 108,00              | 0,00                                | 0,00                        | 0,00   | 795,50        |
| <b>Total por no conformidad</b> | 490,50                                   | 296,00        | 51,00         | 101,00                   | 940,00                   | 108,00              | 0,00                                | 0,00                        | 324,00 | 2310,50       |

Los valores presentados en las Tablas 5.3 y 5.4 corresponden al total de no conformidades generadas en las líneas de producción 3 y 4 durante las labores normales de procesamiento de Big Cola 3100 mL, y son el resultado de las inspecciones realizadas por el departamento de Aseguramiento de la Calidad a los lotes



de producción. De la clasificación anterior de no conformidades, solo seis están directamente relacionadas al área de llenado-ensado y corresponden a:

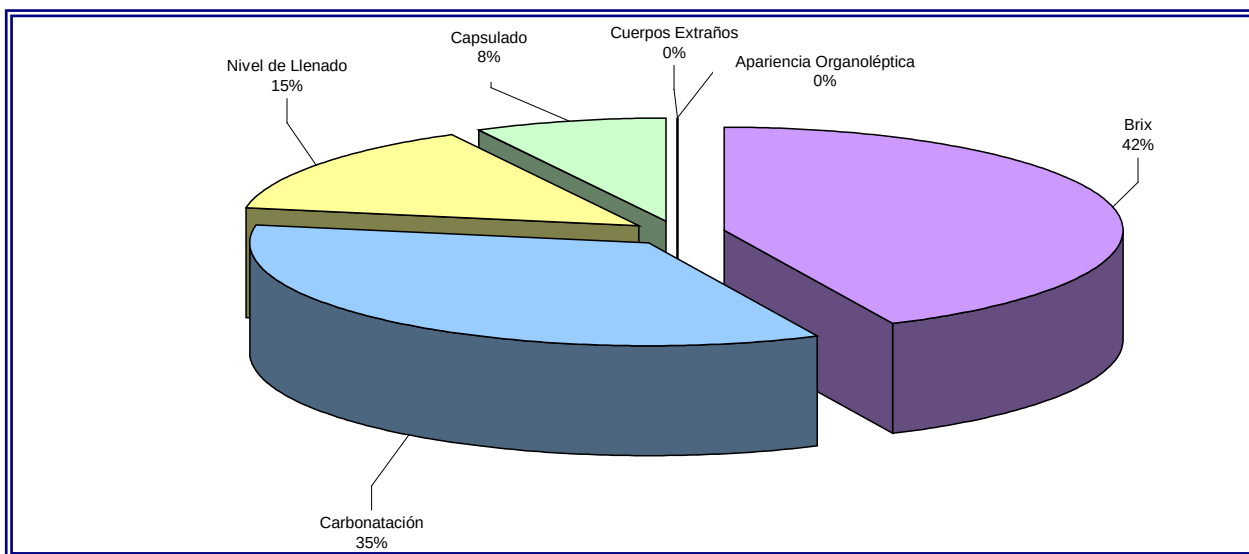
1. Carbonatación fuera de especificación.
2. Índice de azúcares disueltos fuera de especificación.
3. Volumen de llenado fuera de especificación.
4. Capsulado (torque de apertura) fuera de especificación.
5. Apariencia organoléptica, formulación incorrecta.
6. Cuerpos extraños.

La Tabla 5.5 y la Figura 5.6 indican la cantidad de productos no conformes según la clasificación anterior.

**TABLA 5.5**  
**SEGREGACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES EN**  
**PROCESO – LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

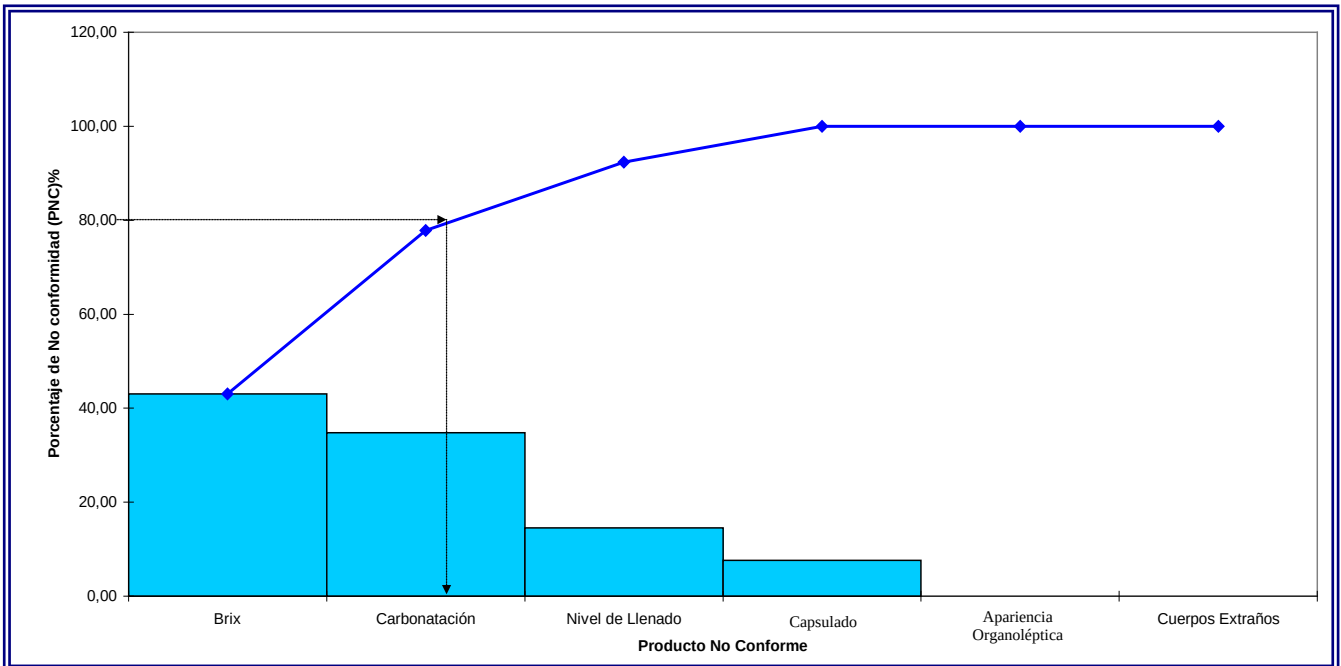
| No conformidad                                         | Cantidad (cajas) | Porcentaje de producto (%) |
|--------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|
| Índice de azúcares disueltos fuera de especificación   | 692,50           | 43,04                      |
| Carbonatación fuera de especificación                  | 560,00           | 34,80                      |
| Volumen de llenado fuera de especificación             | 233,60           | 14,52                      |
| Capsulado (torque de apertura) fuera de especificación | 123,00           | 7,69                       |
| Apariencia organoléptica, formulación incorrecta       | 0,00             | 0,00                       |
| Cuerpos extraños                                       | 0,00             | 0,00                       |
| Total físico                                           | 1609,10          | 100,00%                    |

*Período de evaluación: Abril-Agosto 2005*



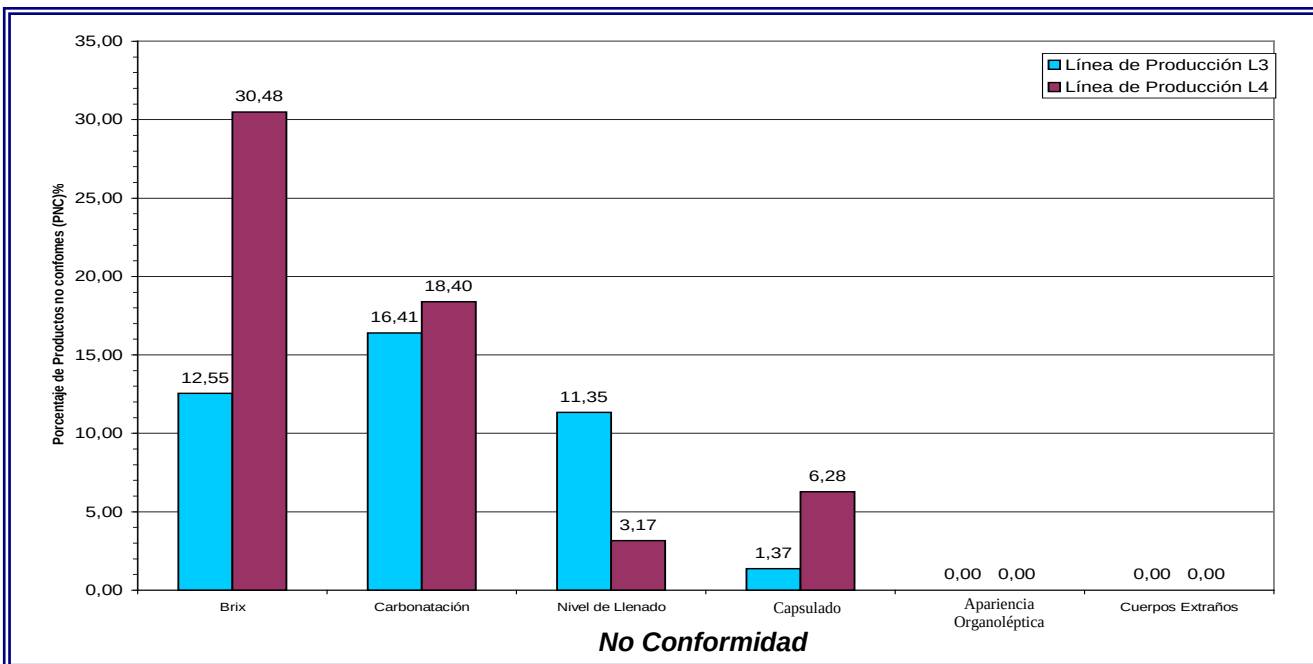
**Figura 5.5 Productos no conformes en el formato Big Cola 3100 mL generados en proceso en el período de evaluación Abril-Agosto 2005.**

De acuerdo a la información obtenida en línea se establecieron por orden de prioridad y se procedió a elaborar el respectivo diagrama de Pareto de las conformidades generadas en línea:



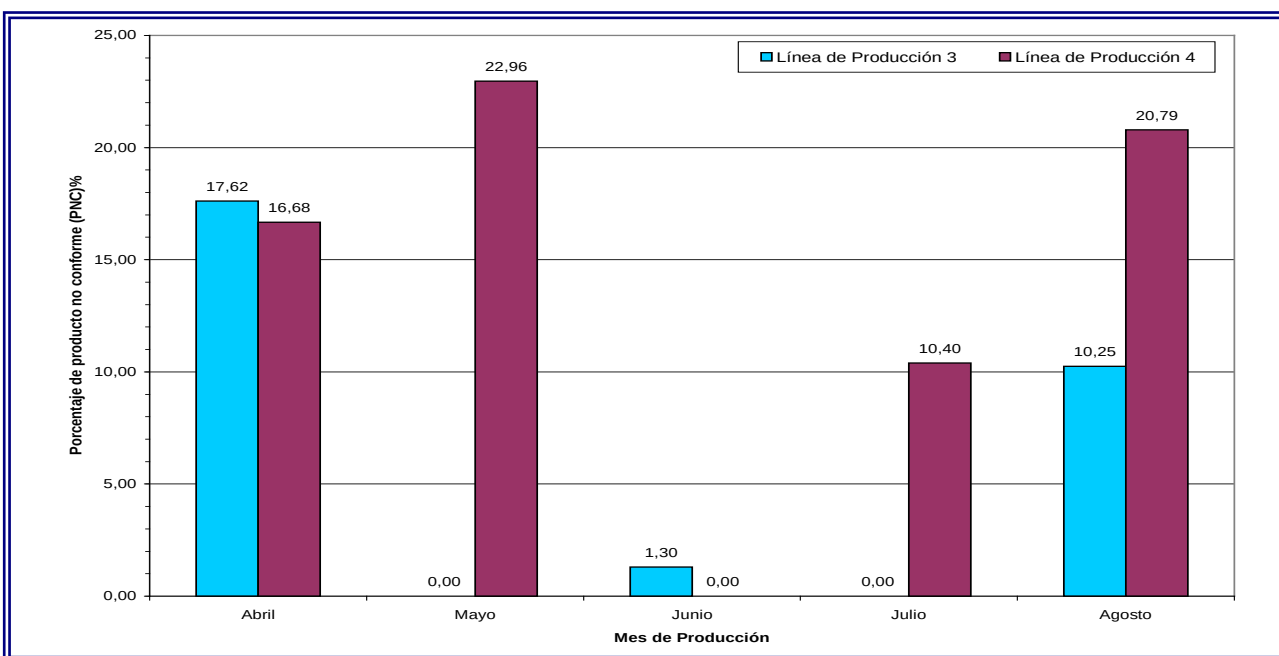
**Figura 5.6 Diagrama de Pareto de no conformidades generadas en el área de llenado-ensado durante el período de evaluación Abril-Agosto 2005.**

Se puede observar de la figura anterior que las no conformidades de volumen de llenado y carbonatación han sido detectadas tanto a nivel de proceso como en productos previos a su despacho (CEDIS), y se incluyen además las no conformidades correspondientes a los índices de azúcares disueltos o °Brix, la cual en conjunto con las no conformidades de carbonatación generan el 77% del total producido. El 92,36% esta conformado por las dos mencionadas anteriormente y el volumen de llenado fuera de especificación y delimitarán los parámetros a evaluar tanto en el producto como en el proceso en el transcurso de la investigación. Se procedió a llevar a cabo el análisis mes a mes de la generación de no conformidades, para determinar patrones de comportamiento, frecuencias de ocurrencias así como el porcentaje de participación de cada línea. Se representaron en porcentajes las cantidades generadas de producto no conforme por cada línea y se muestran en la Figura 5.7.

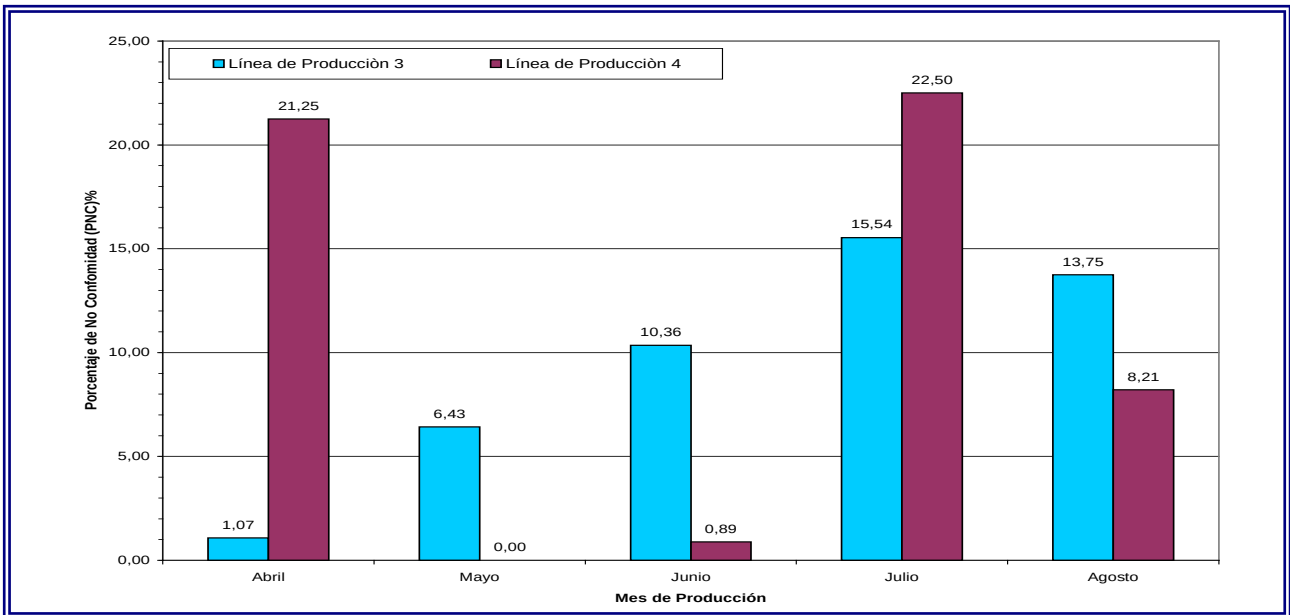


**Figura 5.7 Producto no conforme generado en el área de llenado por línea de producción durante los meses Abril - Agosto 2005.**

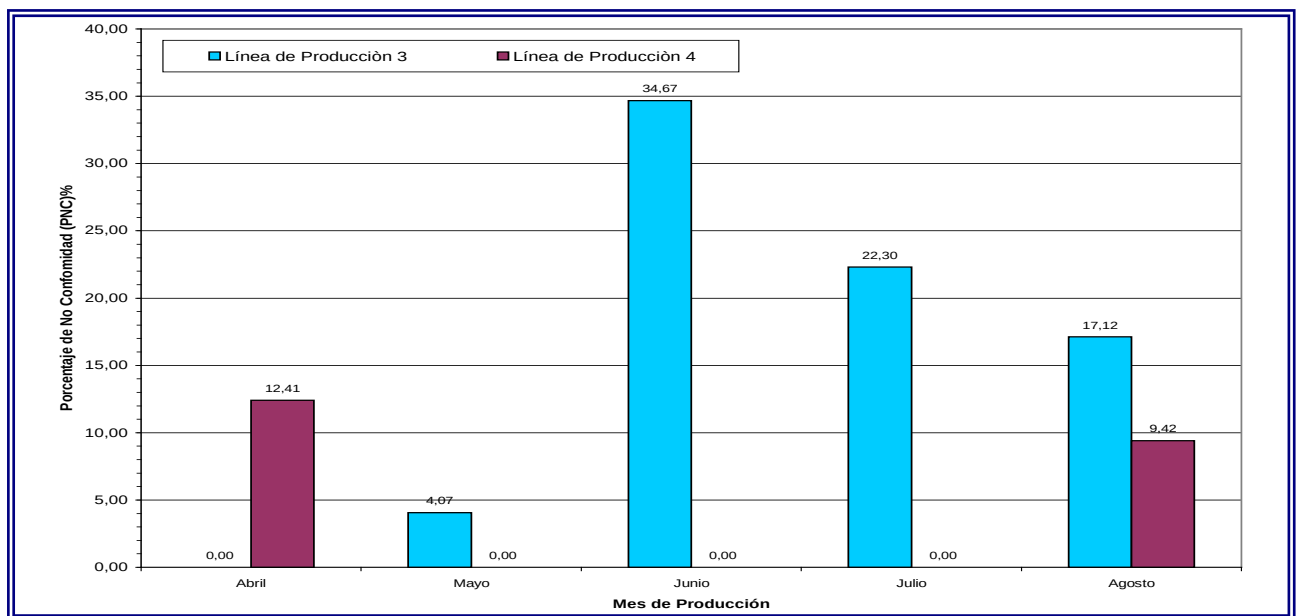
La mayor cantidad de no conformidades por °Brix y carbonatación son generadas por la línea 4, y el volumen de llenado es generado casi en su totalidad por la línea de producción 3. A fin de realizar un análisis más específico se construyeron gráficos mes a mes, obteniendo las representaciones de las Figuras 5.8, 5.9 y 5.10.



**Figura 5.8 Producto no conforme por °Brix fuera de especificación producido en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril–Agosto 2005)**



**Figura 5.9 Producto no conforme por Carbonatación en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril–Agosto 2005)**



**Figura 5.10 Producto no conforme por contenido neto en el área de llenado para los formatos de 3100 mL (Abril–Agosto 2005)**

Existe mayor tendencia de generación de no conformidades por °Brix fuera de especificación (Figura 5.8) en la línea de producción 4 a un promedio mensual de 98,1 cajas/mes respecto a 40,4 cajas/mes en la línea de producción 3.

Para el caso de carbonatación fuera de especificación (Figura 5.9) existe mayor frecuencia y tendencia hacia el aumento en la línea de producción 3 a un promedio

mensual de 52,8 cajas/mes respecto a 59,2 cajas/mes en la línea de producción 4, la cual generó sólo dos cantidades significativas de no conformidades por este defecto en los meses de abril y julio debido a fluctuaciones del sistema de enfriamiento, mientras que para los meses mayo, junio y agosto se produjeron bajas cantidades. En el caso del contenido neto o volumen de llenado fuera de especificación (Figura 5.10) se observa que existe mayor frecuencia de ocurrencia, con tendencia al incremento, en la línea de producción 3 a un promedio mensual de 36,52 cajas/mes, respecto a 10,2 cajas/mes en la línea de producción 4, en base a la información estadística del área.

Al realizar las comparaciones entre líneas respecto a la generación de no conformidades, se observa mayor producción fuera de especificación en la línea 4 de 187,70 cajas/mes a 134,12 cajas/mes en la línea de producción 3. La Tabla 5.6 resume la cantidad de no conformidades producida en los cinco meses de evaluación, así como la relación entre líneas.

**TABLA 5.6**  
**DISTRIBUCIÓN DE NO CONFORMIDADES MENSUALES EN LOS FORMATOS DE PRODUCCIÓN DE BIG COLA DE 3100 mL**

| No Conformidad                                         | Cantidad (Cajas) | Porcentaje (%) |         |        |
|--------------------------------------------------------|------------------|----------------|---------|--------|
|                                                        |                  | Línea 3        | Línea 4 | Total  |
| Índice de azúcares disueltos fuera de especificación   | 692,50           | 29,15          | 70,85   | 43,04  |
| Carbonatación fuera de especificación                  | 560,00           | 47,15          | 52,85   | 34,80  |
| Volumen de llenado fuera de especificación             | 233,60           | 78,15          | 21,85   | 14,52  |
| Capsulado (torque de apertura) fuera de especificación | 123,00           | 17,93          | 82,07   | 7,64   |
| Apariencia organoléptica, formulación incorrecta       | 0,00             | 0,00           | 0,00    | 0,00   |
| Cuerpos extraños                                       | 0,00             | 0,00           | 0,00    | 0,00   |
| Total físico                                           | 1609,10          | 41,68          | 58,32   | 100,00 |

***Evaluación del proceso productivo de Big Cola 3100 mL: Abril – Agosto 2005***

De acuerdo a los resultados obtenidos de la fase de diagnóstico, se procede a caracterizar cada parámetro de calidad crítico en función de técnicas estadísticas que permitan determinar tendencias y variabilidad, así como estabilidad y robustez del proceso.

## **5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

El proceso de bebidas gaseosas se lleva a cabo durante tres turnos de producción diaria, por lo cual las inspecciones de los lotes de producción y en línea serán determinantes al momento de caracterizar cada variable. Actualmente se realizan inspecciones de producto terminado por hora y están definidas de acuerdo a la variabilidad de las muestras extraídas en un mismo instante de tiempo, las cuales solo difieren debido a errores de medición y producen desviaciones estándar pequeñas, razones por las cuales el departamento de aseguramiento de la calidad ha definido un tamaño de muestra equivalente a la unidad (Montgomery D., 1996).

El procesamiento de la información se llevó a cabo de forma continua, a partir de las inspecciones diarias de la producción, generándose más de cien datos por semana, lo cual permite disponer de un estimador de la media y de la desviación estándar muestral adecuado para llevar a cabo la caracterización de cada parámetro de calidad. El período de evaluación comprendió los meses de julio a octubre del año 2005, y los resultados se presentan a continuación.

### **5.2.1 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE CARBONATACIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la evaluación realizada a los registros de los parámetros fisicoquímicos de calidad (véase apéndice B, Tablas y Figuras B.1 a B.4 correspondientes a la línea 3, Tablas y Figuras B.5 a B.8 correspondientes a la línea 4), se observa para la carbonatación distribuciones de frecuencias asimétricas para ambas líneas de producción, desplazadas hacia la izquierda con el 75% de las observaciones por debajo de 4,4 o 4,5 volúmenes de carbonatación; la prueba de normalidad aplicada al conjunto de datos falla para un nivel de confianza del 95%, obteniendo un valor probabilístico (p-valor) igual a cero en todos los casos, por lo cual se rechaza la hipótesis de normalidad del conjunto de datos (criterio de aceptación:  $p\text{-valor} > 0,05$ ). Se obtuvieron resultados para la media entre

4,32 y 4,37 volúmenes de carbonatación en la línea de producción 3 y valores comprendidos entre 4,32 y 4,43 volúmenes para la línea de producción 4. La desviación estándar presenta valores comprendidos entre 0,12 a 0,14 volúmenes de carbonatación para ambas líneas. La Tabla 5.7 presenta el resumen estadístico del parámetro fisicoquímico de carbonatación de la bebida.

**TABLA 5.7**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LA CARBONATACIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO – OCTUBRE 2005**

| Estadístico de tendencia                        | Línea de Producción | Mes de Producción |               |                   |                |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|
|                                                 |                     | <i>Julio</i>      | <i>Agosto</i> | <i>Septiembre</i> | <i>Octubre</i> |
| Media (adim)                                    | <i>L3</i>           | 4,3400            | 4,3194        | 4,3418            | 4,3681         |
|                                                 | <i>L4</i>           | 4,4264            | 4,3769        | 4,3209            | 4,3705         |
| Desviación estándar (adim)                      | <i>L3</i>           | 0,1398            | 0,1349        | 0,1330            | 0,1328         |
|                                                 | <i>L4</i>           | 0,1355            | 0,1366        | 0,1222            | 0,1304         |
| Número de muestras inspeccionadas               | <i>L3</i>           | 545               | 480           | 521               | 440            |
|                                                 | <i>L4</i>           | 475               | 486           | 527               | 461            |
| Error máximo de estimación de la media (adim) * | <i>L3</i>           | ± 0,0117          | ± 0,0121      | ± 0,0114          | ± 0,0124       |
|                                                 | <i>L4</i>           | ± 0,0122          | ± 0,0121      | ± 0,0104          | ± 0,0119       |

(\*): Nivel de confianza del 95 %

La Tabla 5.7 permite establecer las variaciones por mes para cada línea de producción, así como el error estadístico cometido en la estimación de la media para un nivel de confianza del 95%. Se procedió a comparar la variación real y las tolerancias definidas, tal como se indica en la Figura 5.11.

La variación real del proceso excede las tolerancias exigidas, por lo cual se llevó a cabo el análisis cuantitativo de la capacidad del proceso, empleando gráficos de control de lecturas individuales, elaborados a partir de los datos obtenidos en la semana del 24 al 31 de octubre, durante tres días de producción continua, obteniendo los resultados indicados en las Tablas 5.8 y Figuras 5.12 y 5.13.

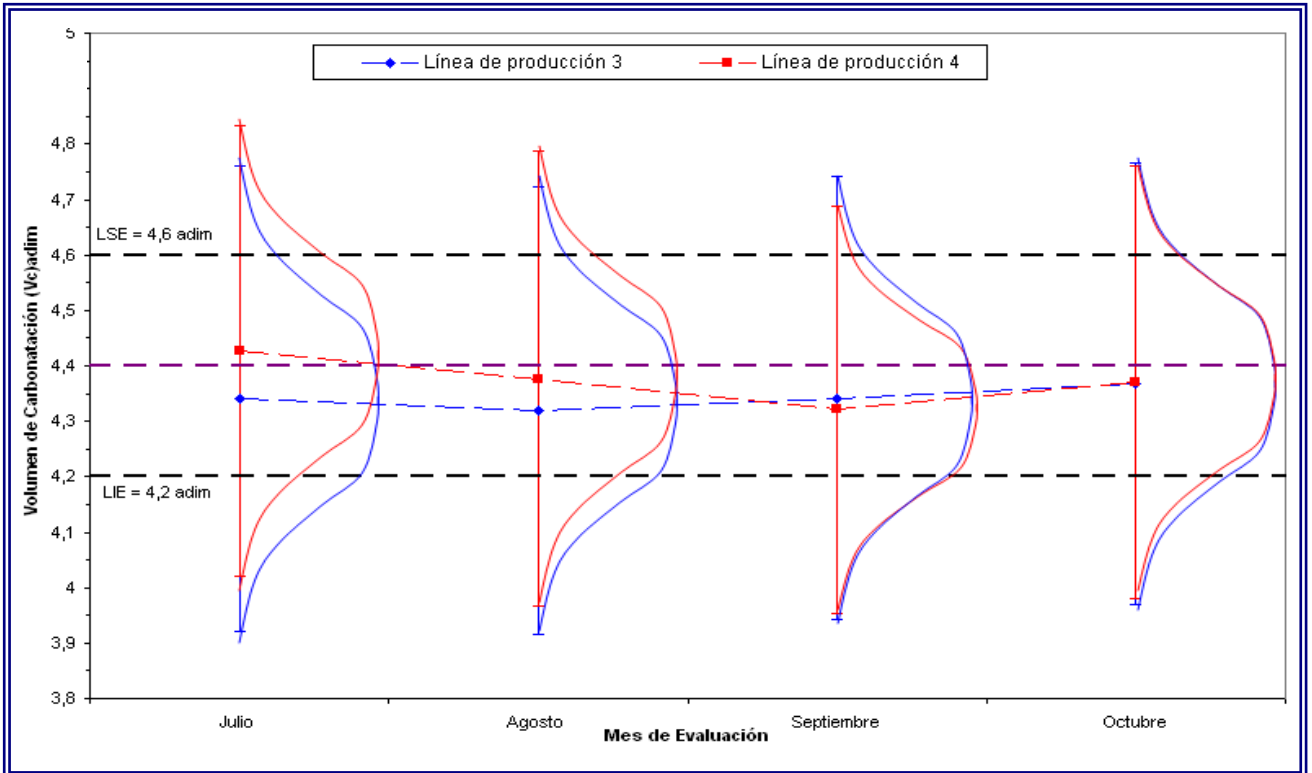


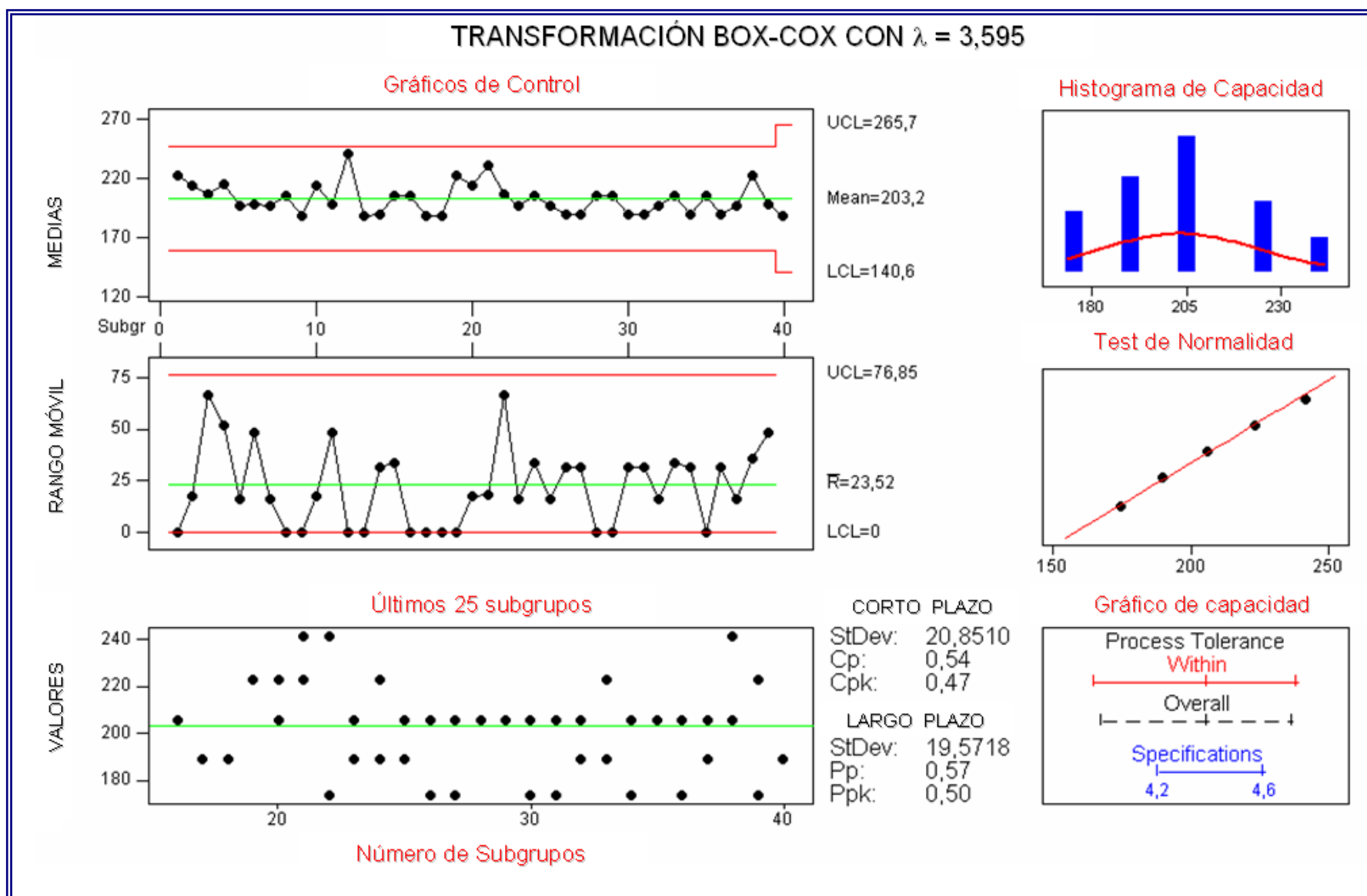
Figura 5.11 Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación de la carbonatación de bebidas en las líneas 3 y 4

**TABLA 5.8**  
**ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO DE CARBONATACIÓN DE BEBIDAS**

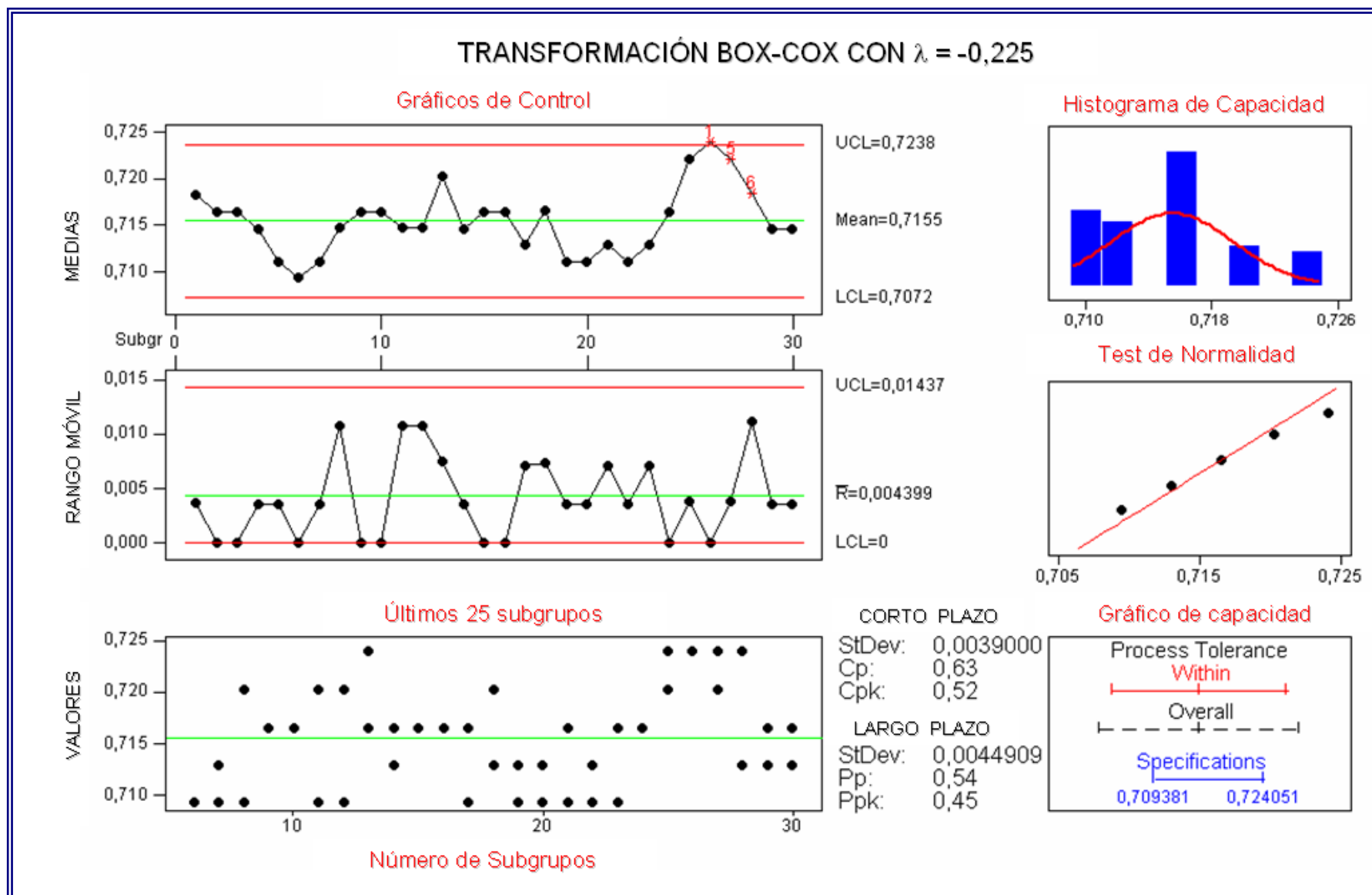
| Parámetro Estadístico                                   |             |          | Línea de producción |         |
|---------------------------------------------------------|-------------|----------|---------------------|---------|
|                                                         |             |          | L3                  | L4      |
| Número de datos                                         |             |          | 79                  | 60      |
| Media (adim)                                            |             |          | 4,38101             | 4,43000 |
| Desviación estándar (adim)                              |             |          | 0,11666             | 0,12254 |
| Prueba de normalidad (P-valor > 0,05) *                 |             |          | 0,00000             | 0,00000 |
| Coeficiente de transformación de datos ( $\lambda$ ) ** |             |          | 3,595               | -0,225  |
| Límites de Control                                      | Superior    |          | 4,72475             | 4,66338 |
|                                                         | Inferior    |          | 3,95815             | 4,20647 |
| Índices de capacidad                                    | Corto Plazo | $C_p$    | 0,54                | 0,63    |
|                                                         |             | $C_{pk}$ | 0,47                | 0,52    |
|                                                         | Largo Plazo | $P_p$    | 0,57                | 0,54    |
|                                                         |             | $P_{pk}$ | 0,50                | 0,45    |

Fecha de ejecución: 24/10 al 26/10 de 2005





**Figura 5.12 Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de carbonatación en bebidas para la línea de producción 3 de Big Cola 3100 mL.**



**Figura 5.13 Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de carbonatación en bebidas para la línea de producción 4 de Big Cola 3100 mL.**

Las observaciones obtenidas presentan distribuciones de frecuencias asimétricas, tal como se indican en las Figuras 5.12 y 5.13, así como en los resultados de las pruebas de normalidad presentados en la Tabla 5.8, obteniendo valores del estadístico Anderson-Darling iguales a “0” para ambas líneas siendo el valor esperado equivalente o mayor de 0,05, por lo cual se realizó el ajuste de los datos hasta obtener simetría en la distribución.

El método de transformación consiste en elevar las observaciones a una potencia lambda “ $\lambda$ ”, el equivalente a  $Y = Y^\lambda$ , donde “Y” es la observación o medida del parámetro de calidad; el método iterativo determina la convergencia del conjunto de datos en función de la desviación estándar de las observaciones transformadas. Se obtuvo un coeficiente  $\lambda_3 = 3,595$  para la línea 3 y  $\lambda_4 = -0,225$  para la línea 4; la diferencia de ambos es indicativo de condiciones de operación completamente independientes entre líneas, ya que la línea 4 presenta una distribución ligeramente sesgada hacia la izquierda (Figura 5.13) y la línea 3 se encuentra mejor distribuida en relación a la media del parámetro (Figura 5.12).

Los gráficos de control de lecturas individuales y rango móvil, no presentan puntos fuera de control en la línea de producción 3, por lo cual se establece proceso bajo control estadístico en dicha línea. Se obtuvo como valor de límite inferior de control a 3,95 volúmenes de carbonatación, 0,25 unidades por debajo al límite inferior de especificación (LIE = 4,2); se obtuvo como límite superior de control el valor de 4,72 volúmenes de carbonatación, excediendo en 0,12 unidades al valor máximo de especificación (LSE = 4,6).

En el caso de la línea de producción 4, se observaron los siguientes patrones de causas especiales, tal como lo muestra la Figura 5.13:

1. *Un punto a más de  $3\sigma$  de la línea central:* punto número 26
2. *Dos de tres puntos a más de  $2\sigma$  de la línea central:* punto número 26 y 27
3. *Cuatro de cinco puntos a más de  $1\sigma$  de la línea central:* punto número 28

Dichos patrones poco usuales pueden deberse a fluctuaciones en el sistema de alimentación de  $\text{CO}_2$ , variaciones en el sistema de carbonatación o enfriamiento y el control manual del parámetro, los cuales serán evaluados posteriormente. Se obtuvo como valor de límite inferior de control a 4,21 volúmenes de  $\text{CO}_2$  cercano al límite inferior de especificación (LIE = 4,2) y 4,66 volúmenes de  $\text{CO}_2$  como límite superior de control, excediendo sólo en 0,06 unidades; se observa que dichos límites son mas cerrados en relación a los obtenidos en la línea 3.

Se determinaron los índices de capacidad potencial ( $C_P$ ) y real ( $C_{PK}$ ) a corto y largo plazo, comparando los límites de control calculados a  $3\sigma$  y las tolerancias, obteniendo valores de 0,5 a 0,6 adim, inferiores a 1,0 para ambas líneas. La ampliación de la distribución de frecuencias obtenidas en las líneas es mucho mayor a las tolerancias establecidas, siendo la amplitud de la distribución de frecuencias y el porcentaje de productos por fuera de las mismas, presentados en la Figura 5.14.

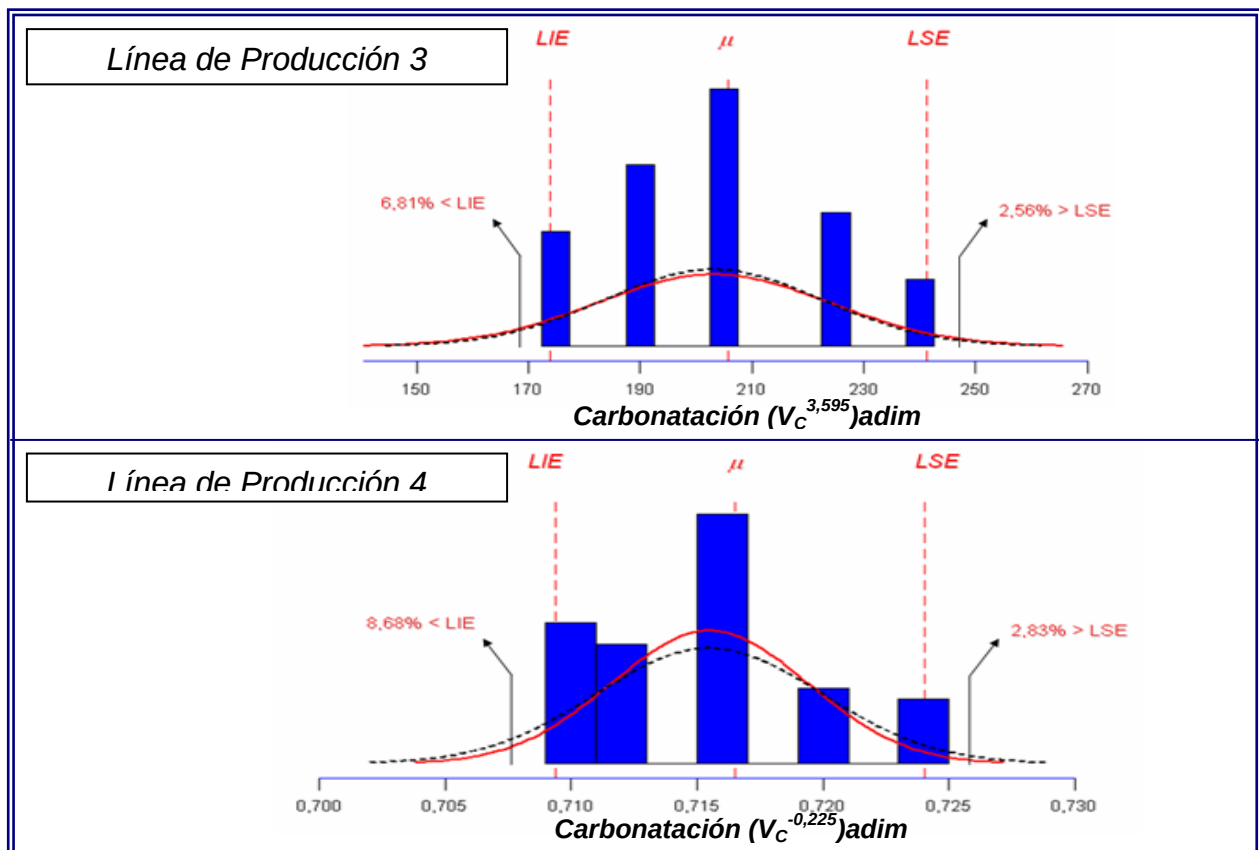


Figura 5.14 Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias de carbonatación en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL

La cantidad de productos por debajo al límite mínimo de especificación (LIE) representa el 6,81% en la línea 3 y el 8,68% en la línea 4; el equivalente al 2,56% y el 2,83% representa la cantidad de productos con características superiores al límite máximo (LSE) en cada línea. En resumen, 9,3 unidades de producto se encuentran fuera de especificaciones en la línea de producción 3 y 11,24 unidades no conforme en la línea de producción 4 de cada cien unidades elaboradas.

Dicho comportamiento indica patrones desfavorables de proceso con mayores tendencias a la generación de productos no conformes y orientan la investigación hacia el análisis del proceso, específicamente a las unidades que involucran la transferencia de masa de CO<sub>2</sub> a la bebida.

### **5.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE AZÚCARES DISUELTOS**

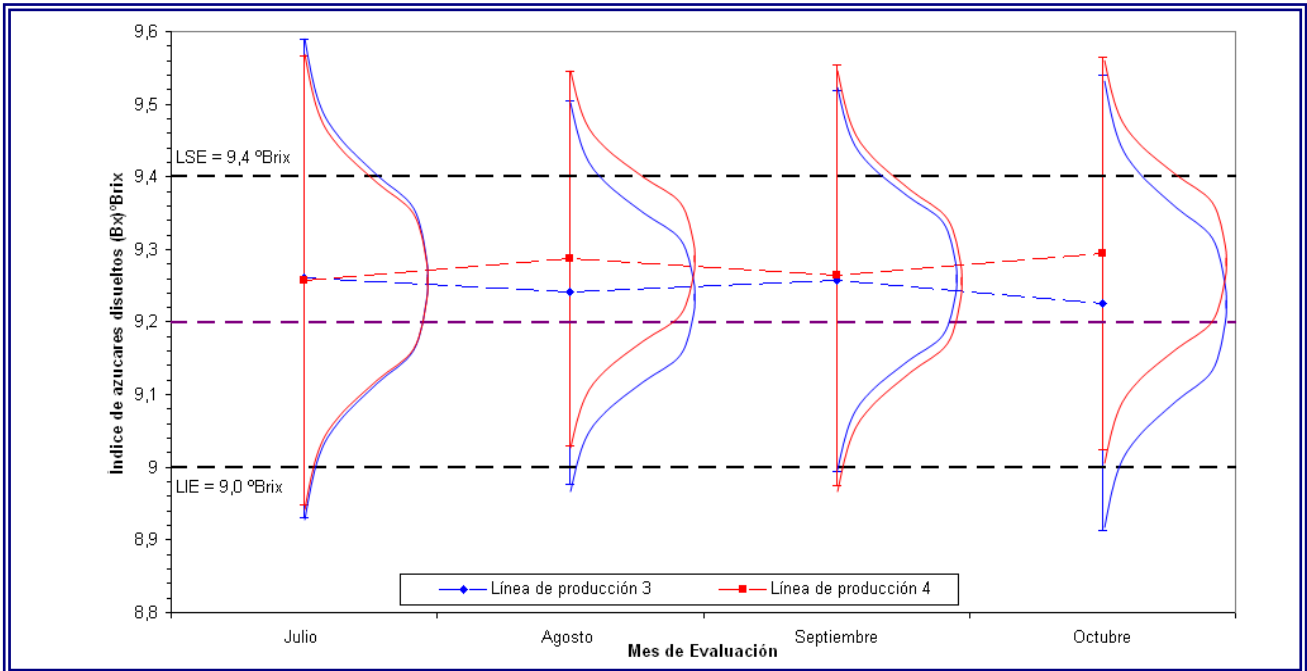
Se obtuvieron distribuciones de frecuencia no simétricas, tal como se indican en las Figuras del apéndice B (véase, Figuras B.9 a B.12 para la línea 3, y B.13 a B.16 en la línea 4), presentando observaciones hacia 9,3°Brix y 9,4°Brix, obteniendo valores del estadístico de normalidad iguales a cero en todos los casos, empleando un nivel de confianza del 95%. Se obtuvieron rangos para la media entre 9,2 y 9,3°Brix, presentando valores de desviaciones estándar entre 0,70 y 0,12°Brix para ambas líneas; el resumen mes a mes se presenta en la tabla 5.9

**TABLA 5.9  
RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS AZÚCARES DISUELTOS (°BRIX) EN BEBIDAS  
GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO – OCTUBRE 2005**

| Estadístico de tendencia                         | Línea de Producción | Mes de Producción |               |                   |                |
|--------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|
|                                                  |                     | <i>Julio</i>      | <i>Agosto</i> | <i>Septiembre</i> | <i>Octubre</i> |
| Media (°Brix)                                    | L3                  | 9,2605            | 9,2411        | 9,2565            | 9,2262         |
|                                                  | L4                  | 9,2568            | 9,2872        | 9,2644            | 9,2944         |
| Desviación estándar (Brix)                       | L3                  | 0,1099            | 0,0881        | 0,0876            | 0,1045         |
|                                                  | L4                  | 0,1030            | 0,0861        | 0,0963            | 0,0899         |
| Número de muestras inspeccionadas                | L3                  | 545               | 480           | 521               | 440            |
|                                                  | L4                  | 475               | 486           | 527               | 461            |
| Error máximo de estimación de la media (°Brix) * | L3                  | ± 0,0297          | ± 0,0235      | ± 0,0224          | ± 0,0286       |
|                                                  | L4                  | ± 0,0278          | ± 0,0230      | ± 0,0247          | ± 0,0246       |

(\*): Nivel de confianza del 95 %

Los resultados fueron procesados tomando en cuenta el número de muestras inspeccionadas y el error estadístico cometido en la estimación de la media. Se realizó la comparación entre la variación del proceso y las especificaciones, obteniendo el comportamiento mostrado en la Figura 5.15.



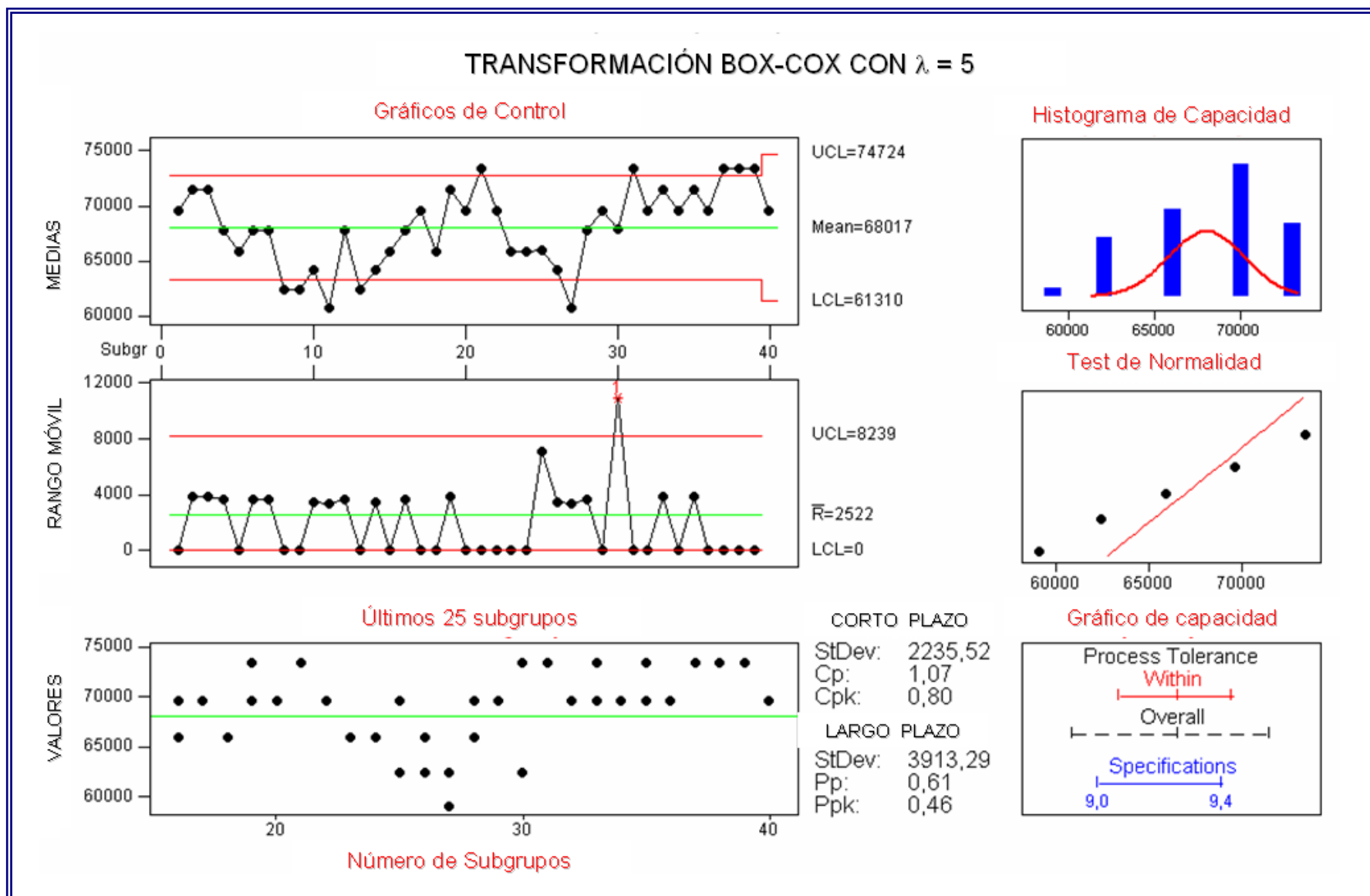
**Figura 5.15 Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación de °Brix de bebidas en las líneas 3 y 4**

Se realizó el análisis cuantitativo de la capacidad del proceso, evaluando los datos extraídos de las líneas durante la última semana del mes de octubre (apéndice A.1 y A.2), obteniendo los valores presentados en la Tabla 5.10, y el comportamiento observado en las Figuras 5.16 y 5.17

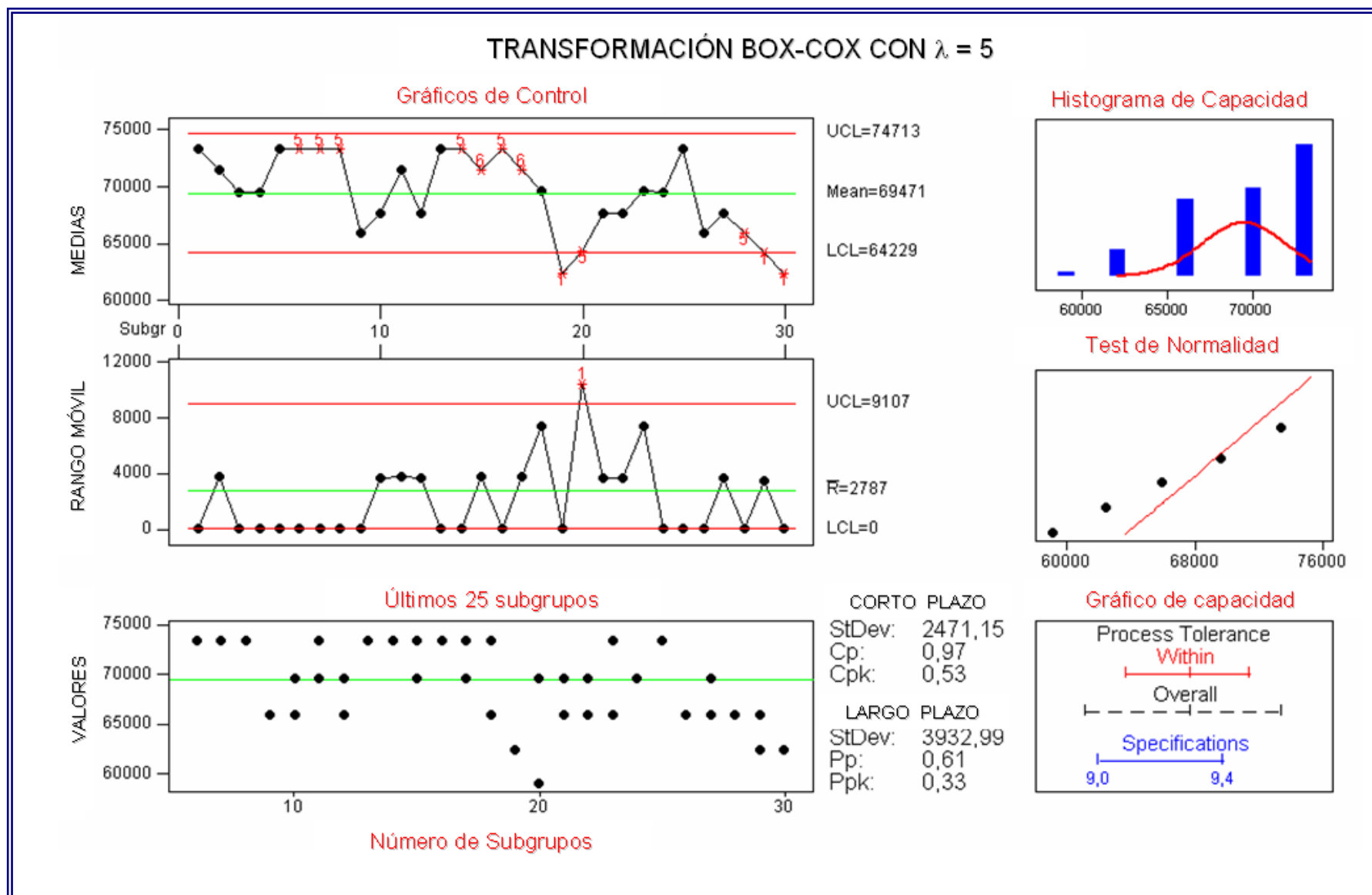
**TABLA 5.10  
ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO DE °BRIX EN BEBIDAS**

| Parámetro Estadístico                                   |             | Línea de producción |         |
|---------------------------------------------------------|-------------|---------------------|---------|
|                                                         |             | L3                  | L4      |
| Número de datos                                         |             | 79                  | 60      |
| Media (°Brix)                                           |             | 9,25570             | 9,29500 |
| Desviación estándar (°Brix)                             |             | 0,10711             | 0,10664 |
| Prueba de normalidad (P-valor > 0,05) *                 |             | 0,00000             | 0,00000 |
| Coeficiente de transformación de datos ( $\lambda$ ) ** |             | 5,00000             | 5,00000 |
| Límites de Control                                      | Superior    | 9,4339              | 9,4336  |
|                                                         | Inferior    | 9,0679              | 9,1526  |
| Índices de capacidad                                    | Corto Plazo | $C_p$               | 0,97    |
|                                                         |             | $C_{pk}$            | 0,53    |
|                                                         | Largo Plazo | $P_p$               | 0,61    |
|                                                         |             | $P_{pk}$            | 0,33    |

Fecha de ejecución: 24/10 al 26/10 de 2005



**Figura 5.16 Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de los azúcares disueltos en bebidas para la línea de producción 3 de Big Cola 3100 mL.**



**Figura 5.17 Estudio de capacidad de procesos para el parámetro de los azúcares disueltos en bebidas para la línea de producción 4 de Big Cola 3100 mL**



Se observa para el conjunto de datos históricos (véase, Figuras B.9 a B.16) como en los resultados del estudio de capacidad (véase, Figuras 5.16 y 5.17), distribuciones de frecuencia no ajustadas a la normalidad de datos, por lo cual fueron procesados a partir del Box-Cox del software estadístico Minitab 13.1; los datos presentaron convergencia en valores de " $\lambda$ " iguales o superiores a 5 (véase, Tabla 5.10) por lo cual se empleó como potencia, para la transformación.

Los gráficos de control de los datos transformados y el gráfico de rango móvil, presentan comportamientos fuera control en la línea de producción 3, tal como se muestra en la Figura 5.16, obteniendo las siguientes desviaciones:

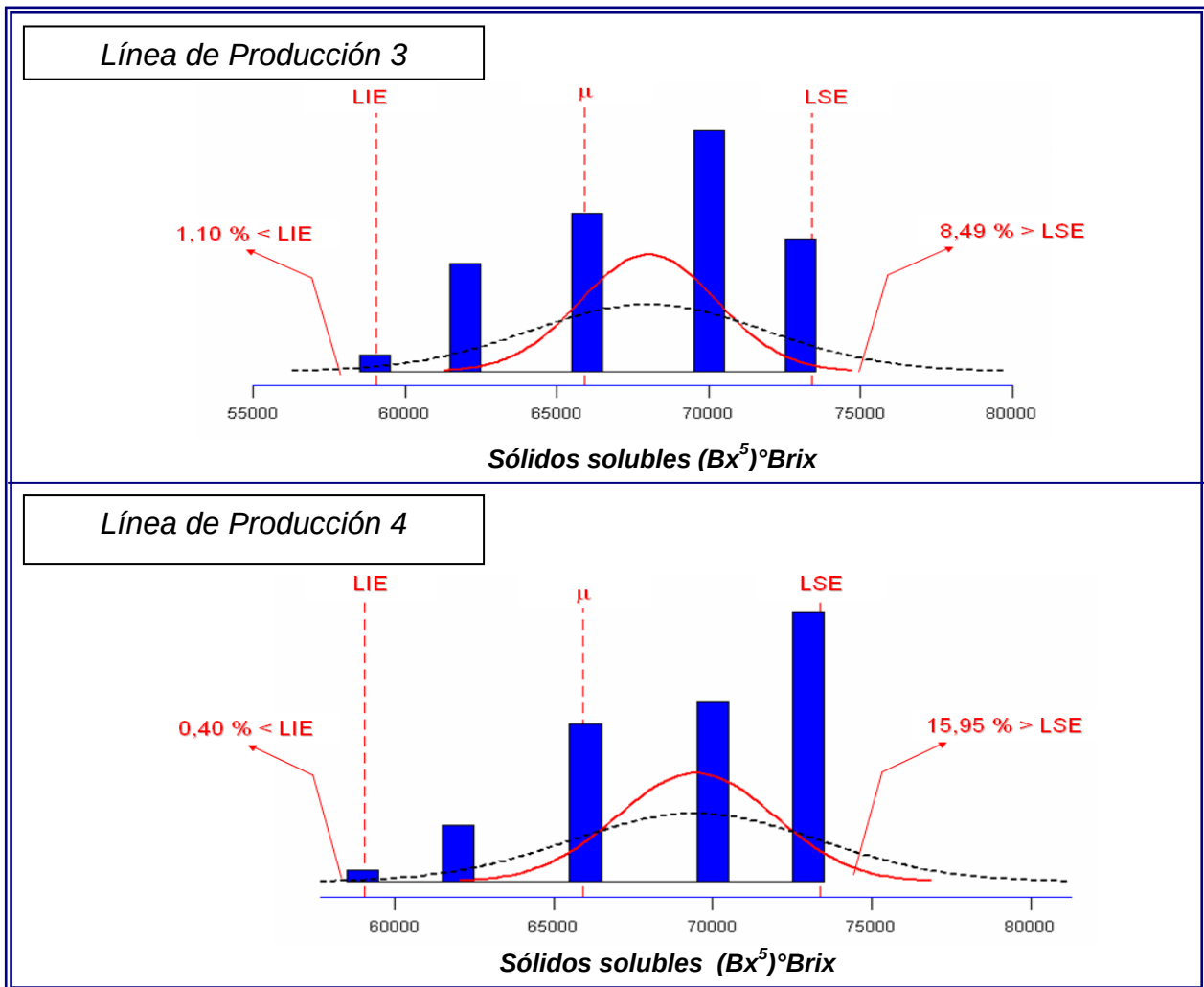
- a) Puntos a mas de  $3\sigma$  de la línea central en el gráfico de lecturas individuales: puntos 8, 9, 11, 13, 21, 27, 31, 37, 38, 39 (véase Figura 5.16)
- b) Punto a mas de  $3\sigma$  de la línea central en el gráfico de rango móvil: punto 30 (véase Figura 5.16)

La línea de producción 4, presentó los siguientes puntos fuera de control en el gráfico de lecturas individuales:

- a) Un punto a más de tres desviaciones estándar ( $3\sigma$ ): los puntos 19, 29 y 30, y el punto 20 en el gráfico de rango móvil (véase Figura 5.17)
- b) Dos de tres puntos consecutivos a mas de  $2\sigma$ : las observaciones 6, 7, 8, 14, 16, 20, 28, 29 y 30 (véase Figura 5.17)
- c) Cuatro de cinco puntos consecutivos a más de  $1\sigma$  de la línea central: los puntos 8, 15, 16, 17, 30 (véase Figura 5.17)

De forma cuantitativa se determinaron los índices operando con el proceso fuera de control, obteniendo valores de 1,07 y 0,97 de capacidad potencial y de 0,80 y 0,53 de capacidad real en cada línea respectivamente. Los comportamientos observados corresponden a procesos fuera de control estadístico, los cuales pueden corresponder a fluctuaciones en la línea de agua o jarabe del sistema de mezcla. Se estableció como línea critica a la línea de producción 4 por presentar mayor cantidad de puntos fuera de control y los menores índices de capacidad.

Se determinaron los productos no conformes de acuerdo a las tolerancias actuales y el comportamiento del proceso, obteniendo las tendencias exhibidas en la Figura 5.18:



**Figura 5.18 Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias de azúcares disueltos en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.**

Se obtuvo un porcentaje de 1,1% por debajo del límite inferior (<LIE) de especificación y de 8,49% superior al límite máximo (>LSE), para un total de 9,59% en la línea 3, respecto a 0,40% por debajo de especificación (<LIE) y 15,95% mayores al límite superior (>LSE), para un total de 16,35% en la línea de producción 4. El mayor porcentaje corresponde a la línea 4 con tendencias hacia el límite máximo de especificación y superiores. Dichos comportamientos orientan la investigación hacia la evaluación y análisis del proceso de mezclado y la alimentación de agua tratada y

jarabe terminado, ya que de ellos depende directamente la operación y control efectivo del contenido de azúcar en la bebida.

### **5.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO:**

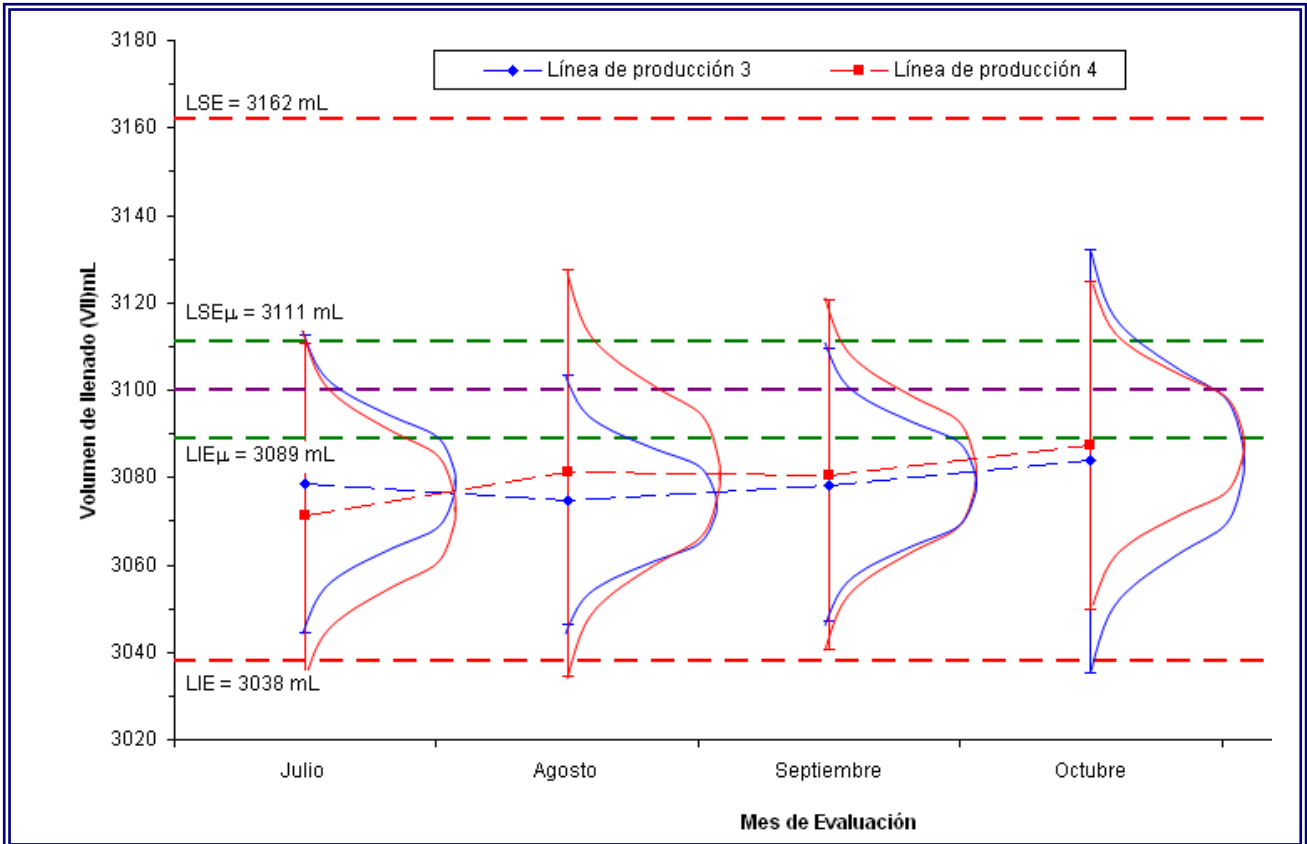
El volumen de llenado es un parámetro crítico ya que afecta los cálculos de rendimientos y los costos asociados a los mismos. El proceso en ambas líneas presenta una media entre 3070 mL y 3090 mL con variaciones y fluctuaciones para cada semana de evaluación (véase apéndice B, Tablas B.17 a B.20 referidas a la línea 3 y las Tablas B.21 a B.24 referidas a la línea 4, y las Figuras B.17 a B.20, y B.21 a B.24 para las líneas 3 y 4 que presentan el comportamiento del volumen de llenado), originando distribuciones normales en algunos casos y asimétricas desplazadas por lo general hacia los valores inferiores, lo cual puede ser indicativo de fallas operacionales en el proceso. La Tabla 5.11 presenta el resumen del volumen de llenado durante los cuatro meses de evaluación (véase cálculos típicos 1, para el contenido neto)

**TABLA 5.11**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN VOLUMEN DE BEBIDAS GASEOSAS EN EL PERÍODO DE EVALUACIÓN JULIO – OCTUBRE 2005**

| Estadístico de tendencia                      | Línea de Producción | Mes de Producción |           |            |           |
|-----------------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|------------|-----------|
|                                               |                     | Julio             | Agosto    | Septiembre | Octubre   |
| Media (mL)                                    | L3                  | 3078,3925         | 3074,8750 | 3078,3075  | 3083,8700 |
|                                               | L4                  | 3071,3375         | 3081,1075 | 3080,5975  | 3087,2775 |
| Desviación estándar (mL)                      | L3                  | 11,3525           | 9,4975    | 10,4100    | 16,1425   |
|                                               | L4                  | 13,1325           | 15,4575   | 13,3525    | 12,5175   |
| Número de muestras inspeccionadas             | L3                  | 498               | 442       | 563        | 437       |
|                                               | L4                  | 502               | 484       | 543        | 446       |
| Error máximo de estimación de la media (mL) * | L3                  | ± 2,9913          | ± 2,6563  | ± 2,5797   | ± 4,5405  |
|                                               | L4                  | ± 3,4465          | ± 4,1314  | ± 3,3693   | ± 3,4852  |

(\*): Nivel de confianza del 95 %

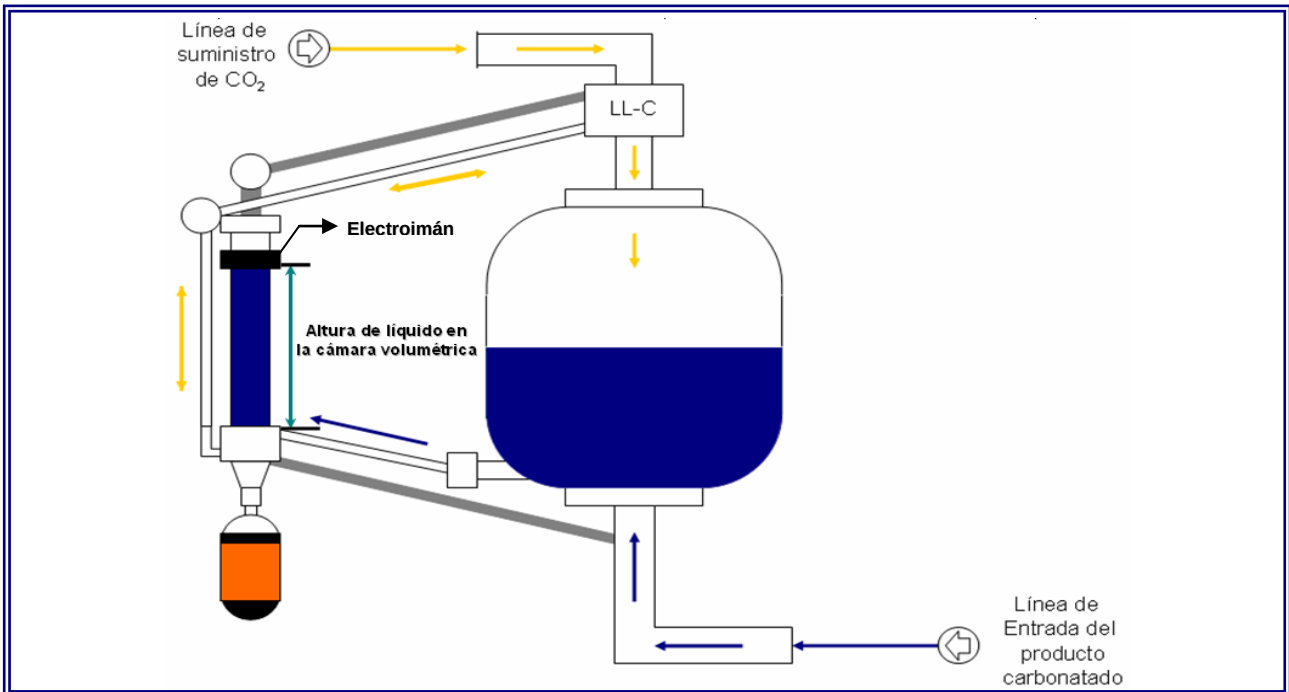
Se construyó el gráfico comparativo de las distribuciones de frecuencia respecto a las tolerancias, tanto para series homogéneas y muestras unitarias (RESOLUCIÓN 5325), representadas en la Figura 5.19



**Figura 5.19 Comparación de las distribuciones de frecuencias y los límites de especificación del volumen de llenado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.**

Se observa que la dispersión del proceso se encuentra dentro de las tolerancias unitarias (3038 mL ; 3162 mL), para una media de proceso por debajo de las tolerancias en serie para el contenido neto de 3100 mL ( $\pm 0,36\%$  ;  $\pm 11$  mL). Se establecieron acciones correctivas inmediatas, a fin de asegurar el llenado correcto de los envases. Para ello se evaluó la condición del equipo de llenado y las variables involucradas en la descarga de producto en las botellas.

La tecnología empleada corresponde a llenado isobárico-volumétrico, el cual consiste en descargar el volumen exacto contenido en la cámara volumétrica, a presión constante; el volumen de dicha cámara está definido por la altura de un electroimán externo y concéntrico a un elemento móvil cilíndrico que hace las funciones de embolo, en otras palabras:



**Figura 5.20 Llenado de cámaras volumétricas en el sistema de envasado ALSIM – ASMOJET – SIDEL**

El ajuste preliminar de las cámaras volumétricas comprendió la elevación del elemento móvil de la cámara volumétrica, las cuales tienen un diámetro aproximado de 0,10 m (área transversal:  $0,007854 \text{ m}^2$ ), elevando el émbolo a 5,00mm sobre la altura de nivel actual, equivalente a 40 mL adicional a la media obtenida de 3070,00 mL, estimando una corrección del volumen en el orden de 3110,00 mL (véase apéndice C, cálculos típicos 1, para la determinación del volumen de llenado), obteniendo los resultados presentados en la Tabla 5.12

**TABLA 5.12**  
**ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESOS – PARÁMETRO DE VOLUMEN DE LLENADO EN BEBIDAS GASEOSAS BIG COLA 3100 mL**  
**(GRÁFICO DE CONTROL PRIMER AJUSTE)**

| Parámetro Estadístico                                   |             |          | Línea de producción |         |
|---------------------------------------------------------|-------------|----------|---------------------|---------|
|                                                         |             |          | L3                  | L4      |
| Número de datos                                         |             |          | 64                  | 64      |
| Media (mL)                                              |             |          | 3111,19             | 3110,16 |
| Desviación estándar (mL)                                |             |          | 24,06               | 13,93   |
| Prueba de normalidad (P-valor > 0,05) *                 |             |          | 0,027               | 0,830   |
| Coeficiente de transformación de datos ( $\lambda$ ) ** |             |          | N/A                 | N/A     |
| Límites de Control                                      | Superior    |          | 3147,0              | 3135,0  |
|                                                         | Inferior    |          | 3075,0              | 3086,0  |
| Índices de capacidad                                    | Corto Plazo | $C_p$    | 1,21                | 1,79    |
|                                                         |             | $C_{pk}$ | 0,99                | 1,49    |
|                                                         | Largo Plazo | $P_p$    | 1,33                | 1,48    |
|                                                         |             | $P_{pk}$ | 1,09                | 1,24    |

Fecha de ejecución: 24/10 al 31/10

Se construyeron gráficos de control de lecturas individuales y de rango móvil (véase Figuras 5.21 y 5.22 correspondientes a los gráficos de control y estudio de capacidad de las líneas 3 y 4), a fin de obtener información acerca de la capacidad del proceso; el comportamiento exhibido para el conjunto de datos de la línea 3 se encuentra bajo control estadístico, obteniendo un valor promedio de las observaciones de 3111,19 mL (véase Tabla 5.12 y Figura 5.21) y un rango de dispersión de 144mL ( $6\sigma$ ) respecto a 124mL para la dispersión de tolerancias unitarias, y con tendencias hacia el límite superior de la especificaciones en serie (véase Tabla 2.4). La distribución de frecuencias obtenida es ligeramente asimétrica hacia la izquierda (véase Figura 5.21) con puntos que presentan valores mayores a 3150 mL los cuales sobrepasan la distribución de las observaciones; a partir del gráfico del test de normalidad, se puede observar que la mayoría de los puntos acumulados y distribuidos alrededor de la media presentan tendencia hacia la linealidad de datos, excepto por aquellos superiores a 3150 mL, por lo cual se asumió comportamiento normal para el conjunto de valores. La línea de producción 4 presenta media de observaciones en 3110,16 mL, con tendencias hacia el límite superior de la tolerancia en serie, y comportamiento fuera de control estadístico tal como se indica en la Figura 5.22

*a) Cuatro de cinco puntos a más de  $1\sigma$  de la línea central:* puntos 4, 5, 6 y 8 del gráfico de lecturas individuales

*b) Nueve puntos del mismo lado de la línea central:* puntos 1 al 10 del gráfico de lecturas individuales

*c) Un punto a más de  $3\sigma$ :* punto 21 del gráfico de lecturas individuales y el punto 17 del gráfico rango móvil

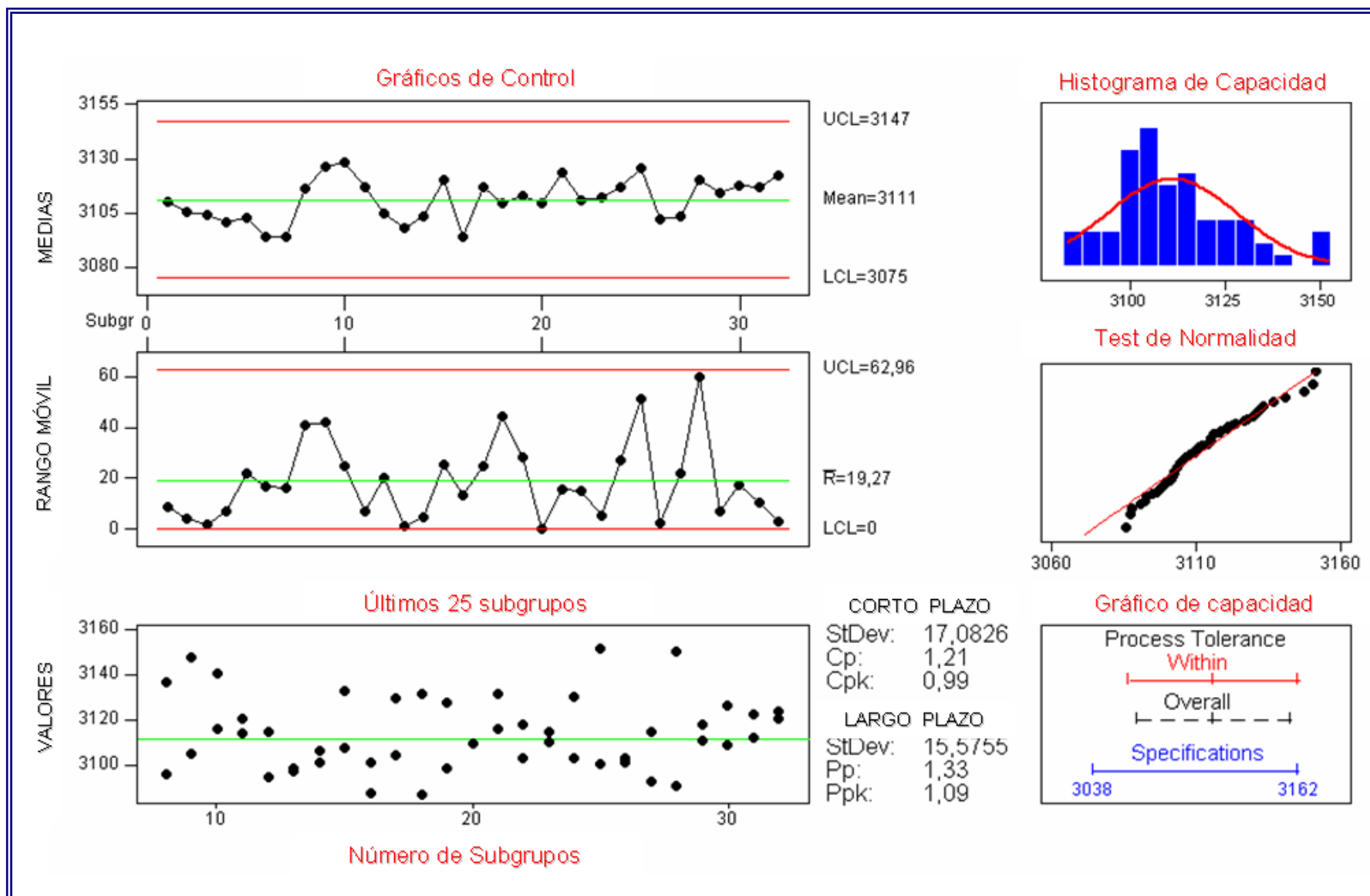


Figura 5.21 Estudio de capacidad de procesos para el volumen de llenado de Big Cola 3100 mL en la línea de producción 3.

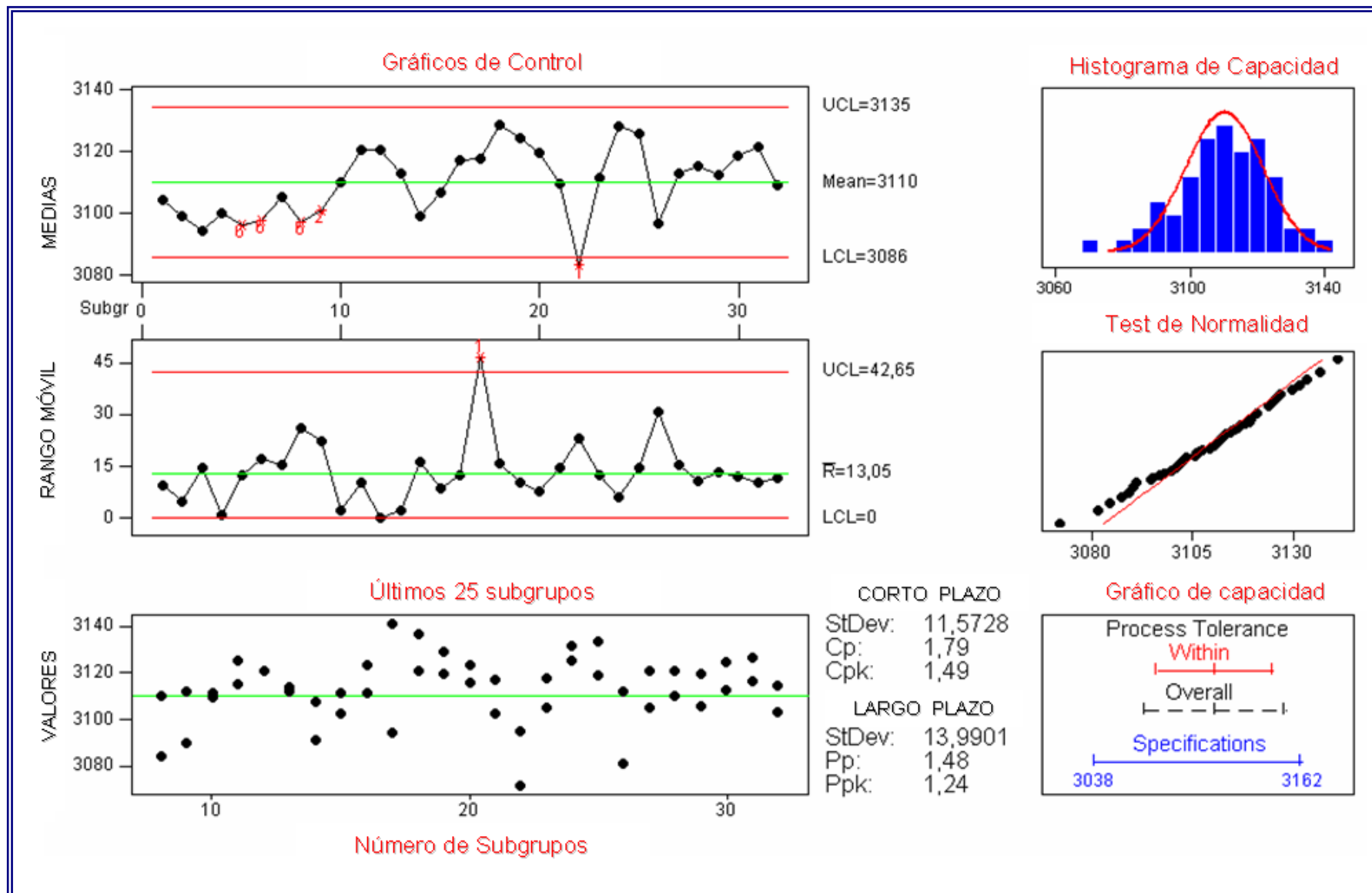
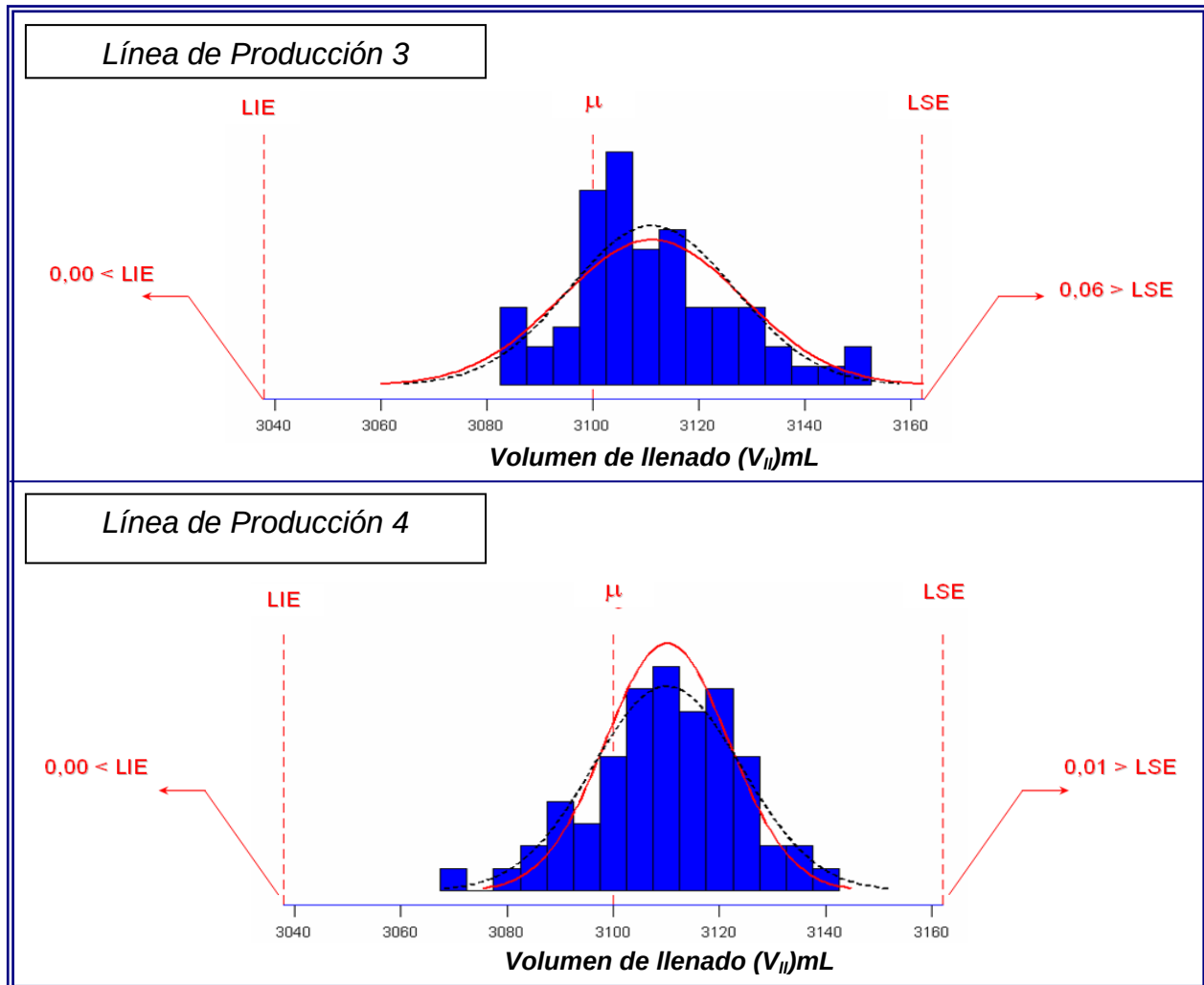


Figura 5.22 Estudio de capacidad de procesos para el volumen de llenado de Big Cola 3100 mL en la línea de producción 4.



Dichos patrones de comportamiento se deben a los ajustes individuales de las cámaras de llenado al realizar la elevación del embolo de forma no homogénea, así como fugas por los sellos de hermeticidad. Los índices de capacidad obtenidos corresponden a 1,21 y 0,99 de capacidad potencial y real a corto plazo en la línea de producción 3 respecto a 1,79 y 1,49 de capacidad potencial y real en la línea 4. La Figura 5.23 muestra la relación de la dispersión del proceso y las tolerancias



**Figura 5.23 Comparación de la dispersión real del proceso y las tolerancias del volumen de llenado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.**

De la Figura 5.23 se observan distribuciones de frecuencia simétricas distribuidas internamente dentro de las tolerancias, con tendencias hacia el límite superior y centrado en 3110,0 mL aproximadamente. Con la finalidad de ajustar el proceso en las proximidades cercanas al contenido neto de 3100 mL, se llevaron a cabo ajustes en los

meses siguientes a partir del primer ajuste, realizando labores de mantenimiento de la llenadora, recambio de los sellos y ajuste de la altura de líquido en las cámaras volumétricas. Las Tablas 5.13 y 5.14, así como las Figuras 5.24 y 5.26 presentan los resultados de cada corrección efectuada (véase Tablas del apéndice A, A.2 a A.3 correspondiente al control de volumen de llenado), así como las inspecciones de comprobación

**TABLA 5.13**  
**TOLERANCIAS EN SERIE E ÍNDICES DE CAPACIDAD OBTENIDOS DURANTE LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

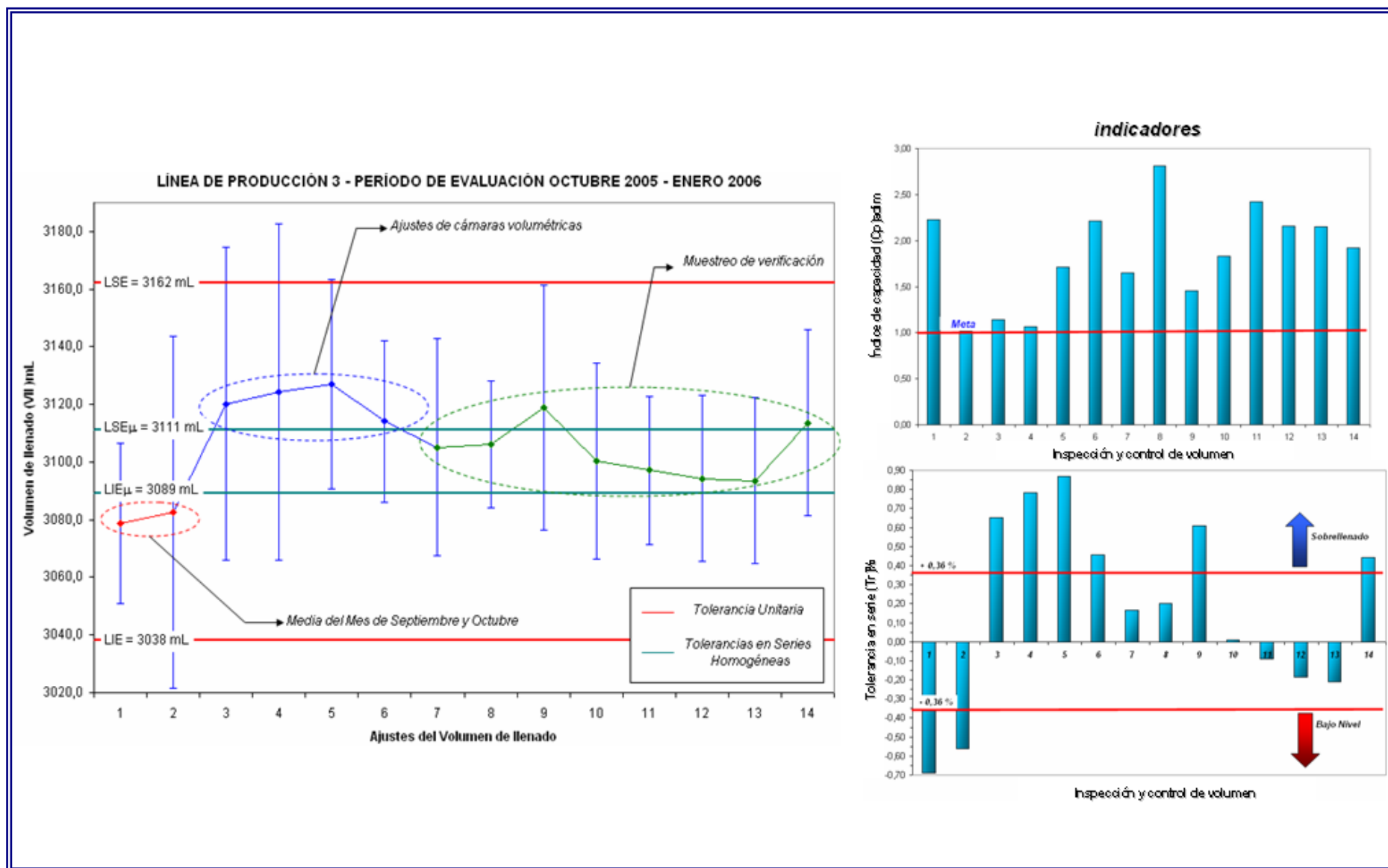
| Inspección y control   | Media<br>( $\bar{X}$ )mL | Desviación<br>Estándar ( $\sigma$ )mL | Índice de capacidad<br>(Cp)adim | Tolerancia en<br>serie (Tr)% |
|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Septiembre             | 3078,61                  | 9,29                                  | 2,23                            | -0,69                        |
| Octubre                | 3082,53                  | 20,36                                 | 1,02                            | -0,56                        |
| Ajuste 1 (Octubre)     | 3120,19                  | 18,07                                 | 1,14                            | 0,65                         |
| Ajuste 2 (Octubre)     | 3124,29                  | 19,46                                 | 1,06                            | 0,78                         |
| Ajuste 3 (Diciembre)   | 3126,96                  | 12,07                                 | 1,71                            | 0,87                         |
| Ajuste 4 (Diciembre)   | 3114,15                  | 9,34                                  | 2,21                            | 0,46                         |
| Muestreo 1 (Diciembre) | 3105,17                  | 12,54                                 | 1,65                            | 0,17                         |
| Muestreo 2 (Diciembre) | 3106,20                  | 7,35                                  | 2,81                            | 0,20                         |
| Muestreo 3 (Enero)     | 3118,87                  | 14,20                                 | 1,46                            | 0,61                         |
| Muestreo 4 (Enero)     | 3100,34                  | 11,29                                 | 1,83                            | 0,01                         |
| Muestreo 5 (Enero)     | 3097,18                  | 8,54                                  | 2,42                            | -0,09                        |
| Muestreo 6 (Enero)     | 3094,22                  | 9,58                                  | 2,16                            | -0,19                        |
| Muestreo 7 (Enero)     | 3093,47                  | 9,61                                  | 2,15                            | -0,21                        |
| Muestreo 8 (Enero)     | 3113,69                  | 10,75                                 | 1,92                            | 0,44                         |

**Número de muestras: 32**

**TABLA 5.14**  
**TOLERANCIAS EN SERIE E ÍNDICES DE CAPACIDAD OBTENIDOS DURANTE LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Inspección y control   | Media<br>( $\bar{X}$ )mL | Desviación<br>Estándar ( $\sigma$ )mL | Índice de capacidad<br>(Cp)adim | Tolerancia en<br>serie (Tr)% |
|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Septiembre             | 3081,45                  | 14,32                                 | 1,44                            | -0,60                        |
| Octubre                | 3087,42                  | 12,20                                 | 1,69                            | -0,41                        |
| Ajuste 1 (Octubre)     | 3103,83                  | 14,91                                 | 1,39                            | 0,12                         |
| Ajuste 2 (Octubre)     | 3103,83                  | 16,43                                 | 1,26                            | 0,12                         |
| Ajuste 3 (Diciembre)   | 3099,09                  | 16,52                                 | 1,25                            | -0,03                        |
| Ajuste 4 (Diciembre)   | 3100,79                  | 14,26                                 | 1,45                            | 0,03                         |
| Muestreo 1 (Diciembre) | 3100,86                  | 12,15                                 | 1,70                            | 0,03                         |
| Muestreo 2 (Diciembre) | 3085,04                  | 29,70                                 | 0,70                            | -0,48                        |
| Muestreo 3 (Enero)     | 3088,09                  | 19,44                                 | 1,06                            | -0,38                        |
| Muestreo 4 (Enero)     | 3094,58                  | 19,56                                 | 1,06                            | -0,17                        |
| Muestreo 5 (Enero)     | 3104,27                  | 22,38                                 | 0,92                            | 0,14                         |
| Muestreo 6 (Enero)     | 3104,66                  | 14,88                                 | 1,39                            | 0,15                         |
| Muestreo 7 (Enero)     | 3095,45                  | 19,52                                 | 1,06                            | -0,15                        |
| Muestreo 8 (Enero)     | 3096,65                  | 15,06                                 | 1,37                            | -0,11                        |

**Número de muestras: 32**



**Figura 5.24 Evaluación de la efectividad de las correcciones y ajustes del volumen de llenado en la línea de producción 3**

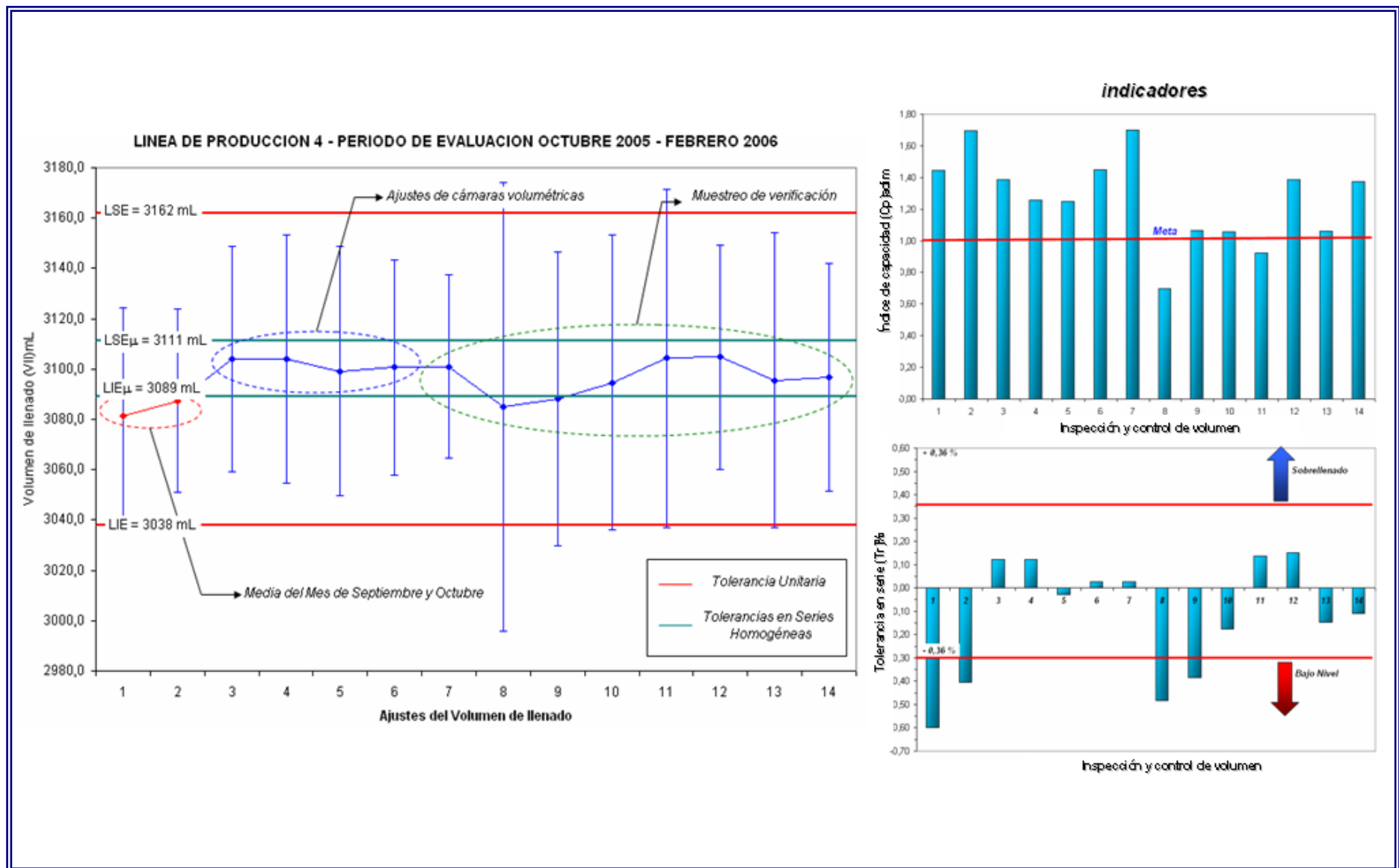
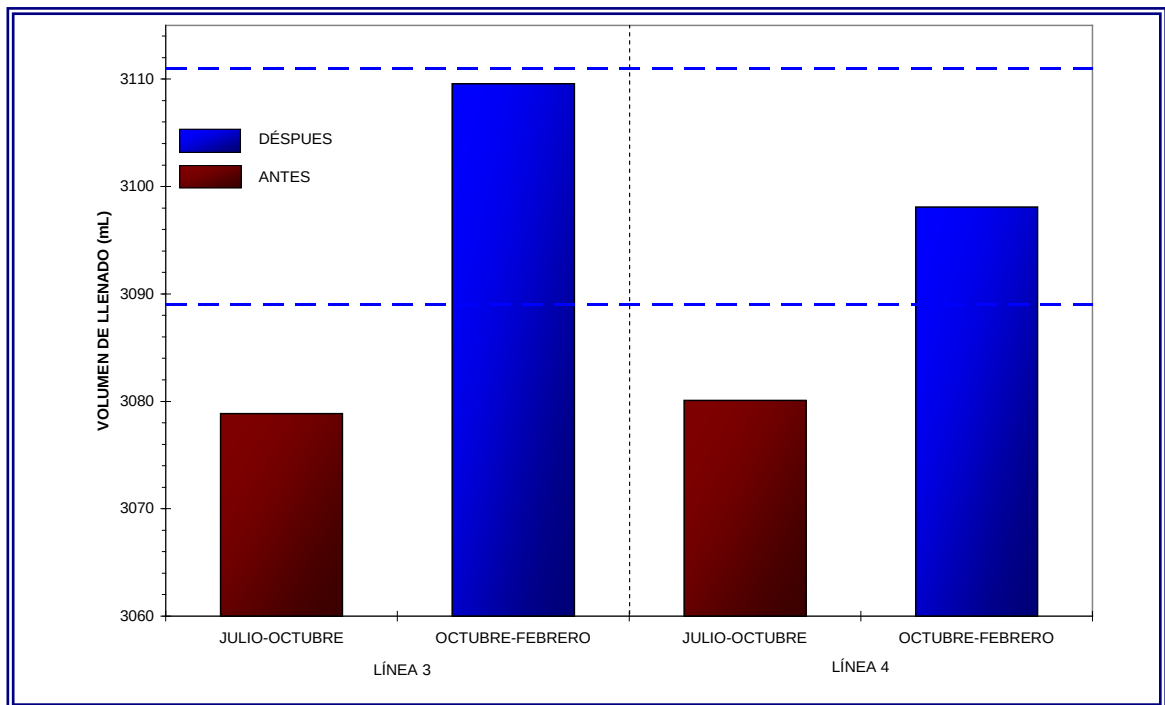


Figura 5.25 Evaluación de la efectividad de las correcciones y los ajustes del volumen de llenado en la línea de producción 4.

Los ajustes realizados al equipo de envasado proporcionaron mejoría considerable en relación al cumplimiento de los estándares de volumen, tal como se indica en la Tabla 5.15 y en la Figura 5.26

**TABLA 5.15**  
**MEJORA OBTENIDA DE LOS AJUSTES DEL VOLUMEN DE LLENADO EN LAS LÍNEAS 3 Y 4**

| LÍNEA | PERÍODO DE EVALUACIÓN | Media (mL) | Desviación estándar (mL) | Índice de capacidad (adim) | Tolerancia en serie (%) |
|-------|-----------------------|------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 3     | JULIO-OCTUBRE         | 3078,86    | 11,85                    | 1,74                       | -0,71                   |
|       | OCTUBRE-FEBRERO       | 3109,56    | 11,90                    | 1,87                       | 0,32                    |
| 4     | JULIO-OCTUBRE         | 3080,08    | 13,62                    | 1,51                       | -0,64                   |
|       | OCTUBRE-FEBRERO       | 3098,10    | 17,90                    | 1,22                       | -0,06                   |



**Figura 5.26 Comparación de volúmenes de llenado antes y después de la evaluación y mejora de las líneas 3 y 4**

Como se puede observar de la Tabla 5.15 y la Figura 5.26, la mejoría del volumen llenado en la línea 3 fue de -0,71% de tolerancia en serie a una desviación del valor nominal de +0,32%, contra un valor exigido de  $\pm 0,36\%$  del contenido neto. La línea 4, presentó para los meses de julio a octubre una tolerancia en serie de -0,64%, la cual luego de los ajuste presentó una desviación de -0,06%, obteniendo para ambas

líneas el cumplimiento de los estándares y por consiguiente la estabilización de la máquina, en lo que se refiere al volumen envasado.

Los indicadores de mejora establecidos fueron:

- 1) Índice de capacidad de proceso ( $C_p$ ): el cual permitió comparar la variación del proceso con las tolerancias.
- 2) Tolerancia en series homogéneas ( $Tr$ ): promociona información útil acerca del centrado del proceso, así como los niveles de sobrellenado o deficiencias en el proceso de envasado.

Las tolerancias en serie obtenidas varían dentro de los rangos establecidos y los índices de capacidad son superiores a la unidad ( $>1$ ), tal como se muestra en las Tablas 5.13, 5.14 y 5.15; se obtuvieron resultados satisfactorios para los meses de ajuste de octubre a febrero, en comparación con los meses de julio a octubre para los cuales existió deficiencia de llenado.

Seguidamente, se procedió a realizar la evaluación de las condiciones de operación, a fin de establecer su relación con los parámetros de calidad, detección de puntos críticos y determinación de oportunidades de mejora.

#### **5.2.4 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES DE PROCESO Y EL PRODUCTO TERMINADO.**

La siguiente fase de la investigación comprendió el análisis específico del proceso de preparación y envasado de bebidas, estableciendo diferentes volúmenes de control (véase Figura 4.2) por unidades de proceso, evaluando inicialmente el comportamiento de los parámetros de presión, temperatura, nivel de líquido del sistema de enfriamiento, carbonatación y llenado, procesando los datos del apéndice A (Tablas A.4 a A.5 correspondientes a la línea 3 y 4 respectivamente)

**TABLA 5.16**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DE LA LÍNEA**  
**DE PRODUCCIÓN 3 DE BIG COLA 3100 mL**

| Estadístico de tendencia   | Presión de saturación de Amoníaco (Pa) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento (Ts)°C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub> (Pac)psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub> (Pic)psig | Presión del tanque carbonatador (Ptc)psig | Presión del tanque de llenado (Ptl)bar | Altura de líquido en la llenadora (Hl)mm |
|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| <i>Media</i>               | 47,7500                                     | 2,8207                                                      | 148,9674                                             | 120,0000                                          | 75,2283                                   | 4,3366                                 | 433,5761                                 |
| <i>Desviación estándar</i> | 3,7989                                      | 0,5673                                                      | 5,8148                                               | 0,0000                                            | 1,8403                                    | 0,0841                                 | 4,5313                                   |
| <i>Mínimo</i>              | 40,0000                                     | 2,0000                                                      | 140,0000                                             | 120,0000                                          | 72,0000                                   | 4,2000                                 | 412,0000                                 |
| <i>Máximo</i>              | 56,0000                                     | 4,5000                                                      | 160,0000                                             | 120,0000                                          | 80,0000                                   | 4,5700                                 | 443,0000                                 |
| <i>Rango</i>               | 16,0000                                     | 2,5000                                                      | 20,0000                                              | 0,0000                                            | 8,0000                                    | 0,3700                                 | 31,0000                                  |

Fecha de realización: Julio – Agosto 2005

**TABLA 5.17**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DE LA LÍNEA**  
**DE PRODUCCIÓN 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Estadístico de tendencia   | Presión de saturación de Amoníaco (Pa) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento (Ts)°C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub> (Pac)psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub> (Pic)psig | Presión del tanque carbonatador (Ptc)psig | Presión del tanque de llenado (Ptl)bar | Altura de líquido en la llenadora (Hl)mm |
|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| <i>Media</i>               | 47,8947                                     | 5,7189                                                      | 144,8421                                             | 75,5474                                           | 71,1895                                   | 4,3924                                 | 540,5474                                 |
| <i>Desviación estándar</i> | 3,0579                                      | 0,3538                                                      | 3,9581                                               | 0,6806                                            | 0,9373                                    | 0,0331                                 | 1,6228                                   |
| <i>Mínimo</i>              | 45,0000                                     | 5,0000                                                      | 140,0000                                             | 74,0000                                           | 70,0000                                   | 4,3000                                 | 536,0000                                 |
| <i>Máximo</i>              | 55,0000                                     | 6,4000                                                      | 155,0000                                             | 77,0000                                           | 74,0000                                   | 4,4600                                 | 544,0000                                 |
| <i>Rango</i>               | 10,0000                                     | 1,4000                                                      | 15,0000                                              | 3,0000                                            | 4,0000                                    | 0,1600                                 | 8,0000                                   |

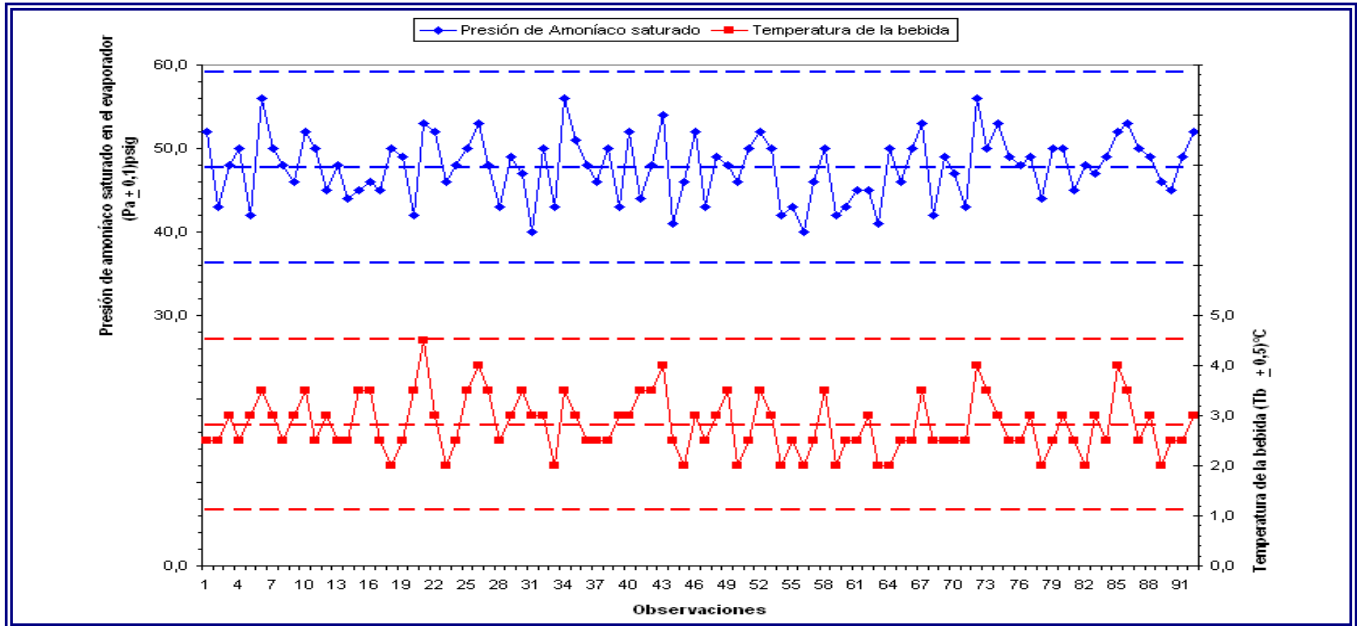
Fecha de realización: Julio – Agosto 2005

Existen diferencias al comparar los valores medidos en ambas líneas, y comprenden desde las apreciaciones de los equipos de medición hasta la variabilidad mostrada por cada parámetro en el conjunto de observaciones. Cada etapa será evaluada por separado, iniciando por el volumen de control II, correspondiente al sistema de enfriamiento.

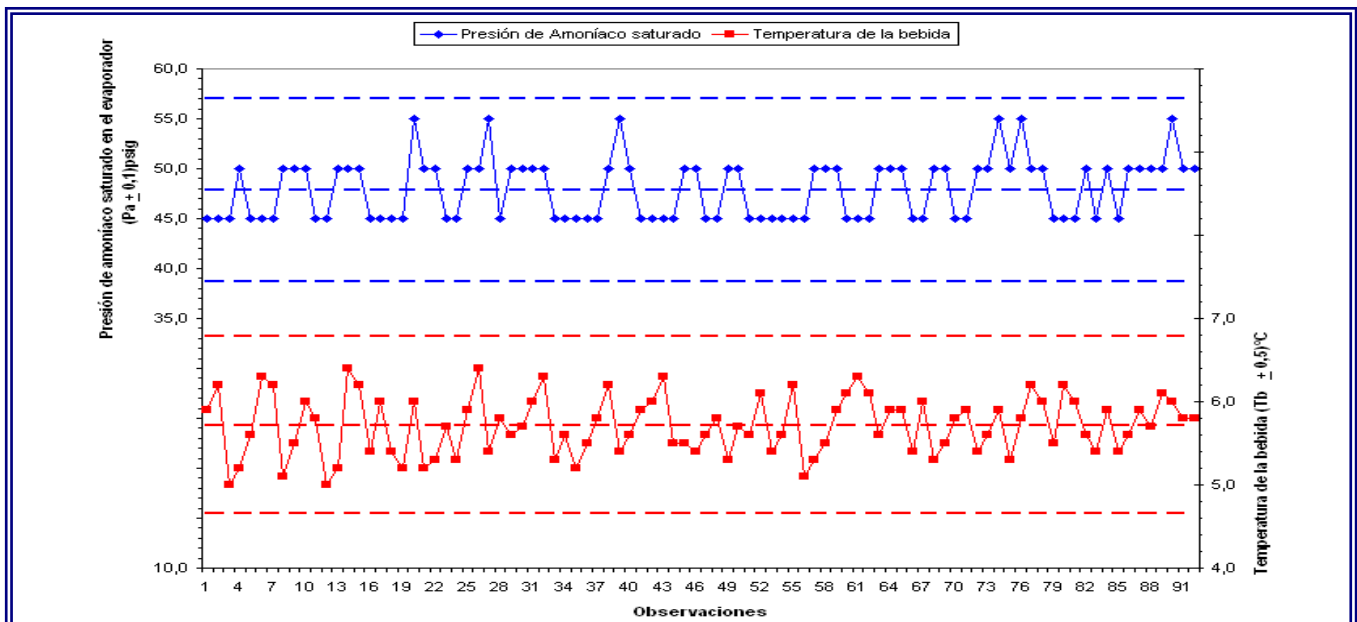
#### **5.2.4.1. Condiciones operacionales del sistema de enfriamiento:**

Se observan rangos de apreciación en los instrumentos diferentes, desde  $\pm 1$  psig en la línea de producción 3 y  $\pm 5$  psig en la línea 4, lo cual puede ocasionar

estimaciones de los estadísticos de tendencia y variabilidad erróneos, no acordes con el comportamiento exhibido por cada parámetro; a continuación se presentan los gráficos de comportamiento obtenidos, estableciendo límites de control a  $3\sigma$  en relación a la variación natural de las observaciones:



**Figura 5.27 Variación de las condiciones de presión de amoníaco en el evaporador y respuesta de la temperatura de la bebida en el sistema de enfriamiento de la línea de producción 3**



**Figura 5.28 Variación de las condiciones de presión de amoníaco en el evaporador y respuesta de la temperatura de la bebida en el sistema de enfriamiento de la línea de producción 4**



Las presiones de saturación de amoníaco en el evaporador de la línea 3, presenta mayor variación, si se compara con la dispersión de los datos medidos en la línea de producción 4, los cuales oscilan sólo entre 3 valores debido a la apreciación instrumental del manómetro Bourdon disponible. Las medias obtenidas se presentan en las Tablas 5.16 y 5.17 para cada línea, y corresponden a 47,75 psig en la línea de producción 3 y 47,89 psig en la línea de producción 4. Los límites de variación o incertidumbre se determinaron a  $\pm 3\sigma$ , es decir,  $\pm 11$  psig en la línea de producción 3 y  $\pm 9$  psig en la línea de producción 4, observando mayor variabilidad respecto a la media en la línea 3 respecto a la 4.

Caso contrario ocurre con las temperaturas de la bebida a la salida de la cabina de enfriamiento. La línea 4 presenta mayor sensibilidad de medición debido a la termorresistencia de apreciación  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , respecto al termómetro bimetálico de apreciación  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ubicado en la línea de producción 3, obteniendo diferentes tipo de respuesta. La temperatura a la salida presentó una media de observaciones de  $2,82^{\circ}\text{C}$  en la línea 3 y una amplitud de variación de  $\pm 3\sigma_{L3} = \pm 2^{\circ}\text{C}$ , tal como se indica en la Tabla 5.16. La línea 4 presentó una media de  $5,72^{\circ}\text{C}$  y una dispersión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3\sigma$ , véase Tabla 5.17).

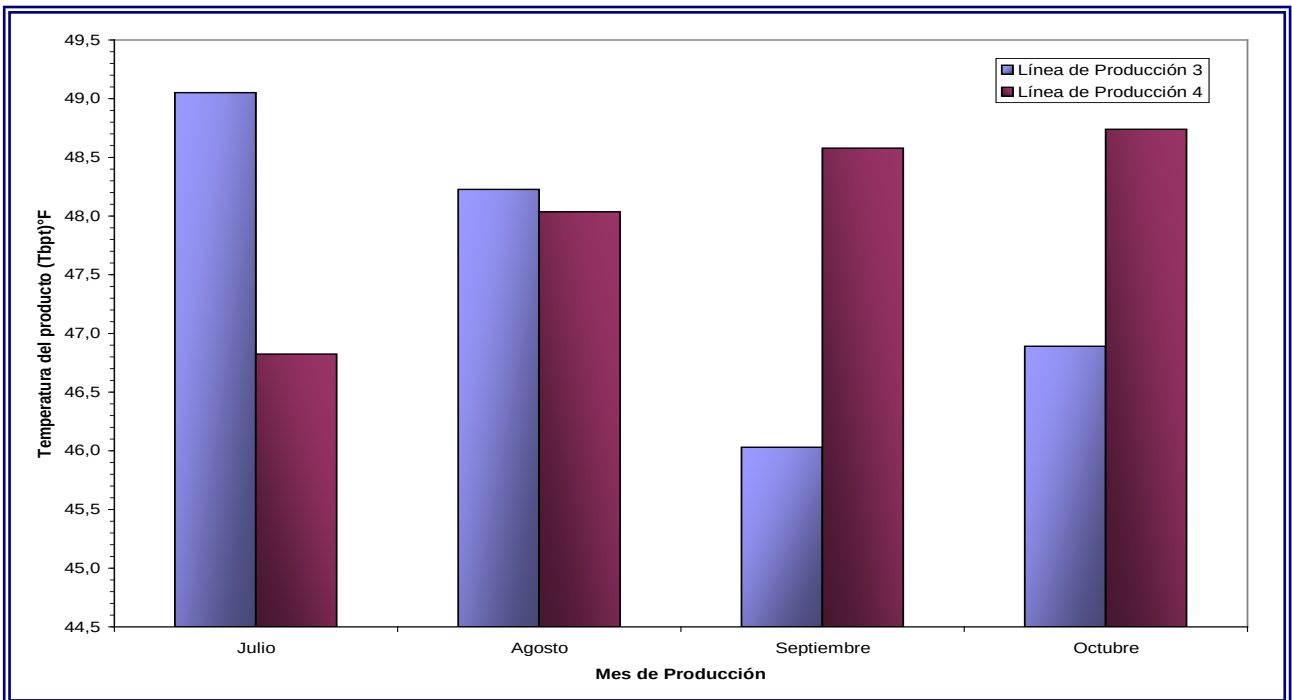
Las temperaturas registradas difieren en  $3^{\circ}\text{C}$ , a presiones de saturación de amoníaco equivalentes (véase Tablas 5.16 y 5.17), contrario a los patrones de diseño establecidos por el fabricante, basado solo en la condición de presión de succión del evaporador, lo cual permite inferir diferencias de cargas térmicas de procesamiento en las líneas de producción. Se estableció como temperatura a  $20^{\circ}\text{C}$ , tomando en consideración a los controles de la planta de tratamiento de agua y de la sala de preparación de jarabes, obteniendo gradientes de temperatura equivalentes a  $\Delta T_{L3} = 17^{\circ}\text{C}$  en la línea de producción 3 y  $\Delta T_{L4} = 14^{\circ}\text{C}$  en la línea 4, los cuales son indicadores preliminares de la eficiencia de enfriamiento de cada sistema y serán empleados posteriormente en el estudio a detalle del proceso. Se llevaron a cabo comparaciones de las temperaturas del sistema de enfriamiento en relación a la

temperatura de salida del producto terminado medidas durante la prueba de carbonatación, las cuales se muestran en la Tabla 5.18 y en la Figura 5.28.

**TABLA 5.18**  
**CONDICIONES DE PRUEBA DE CARBONATACIÓN EN PRODUCTO TERMINADO**  
**OBTENIDAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción | Parámetro                                | Mes de producción |                 |                 |                 |
|---------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                     |                                          | Julio             | Agosto          | Septiembre      | Octubre         |
| 3                   | Presión interna ( $P_i$ )psig            | $(38 \pm 7)$      | $(38 \pm 9)$    | $(35 \pm 7)$    | $(37 \pm 9)$    |
|                     | Temperatura de la bebida ( $T_{bpt}$ )°F | $(49 \pm 7)$      | $(48 \pm 11)$   | $(46 \pm 7)$    | $(47 \pm 8)$    |
|                     | Volumen de carbonatación ( $V_c$ )adim   | $(4,3 \pm 0,4)$   | $(4,3 \pm 0,4)$ | $(4,3 \pm 0,4)$ | $(4,4 \pm 0,4)$ |
| 4                   | Presión interna ( $P_i$ )psig            | $(37 \pm 8)$      | $(38 \pm 8)$    | $(38 \pm 8)$    | $(39 \pm 9)$    |
|                     | Temperatura de la bebida ( $T_{bpt}$ )°F | $(47 \pm 7)$      | $(48 \pm 7)$    | $(49 \pm 7)$    | $(49 \pm 8)$    |
|                     | Volumen de carbonatación ( $V_c$ )adim   | $(4,4 \pm 0,4)$   | $(4,4 \pm 0,4)$ | $(4,3 \pm 0,4)$ | $(4,4 \pm 0,4)$ |

**Evaluación Julio – Agosto 2005**



**Figura 5.29 Comportamiento de la temperatura de salida del producto terminado en los meses de evaluación de las líneas 3 y 4 de producción de Big Cola 3100 mL (Julio – Agosto 2005).**

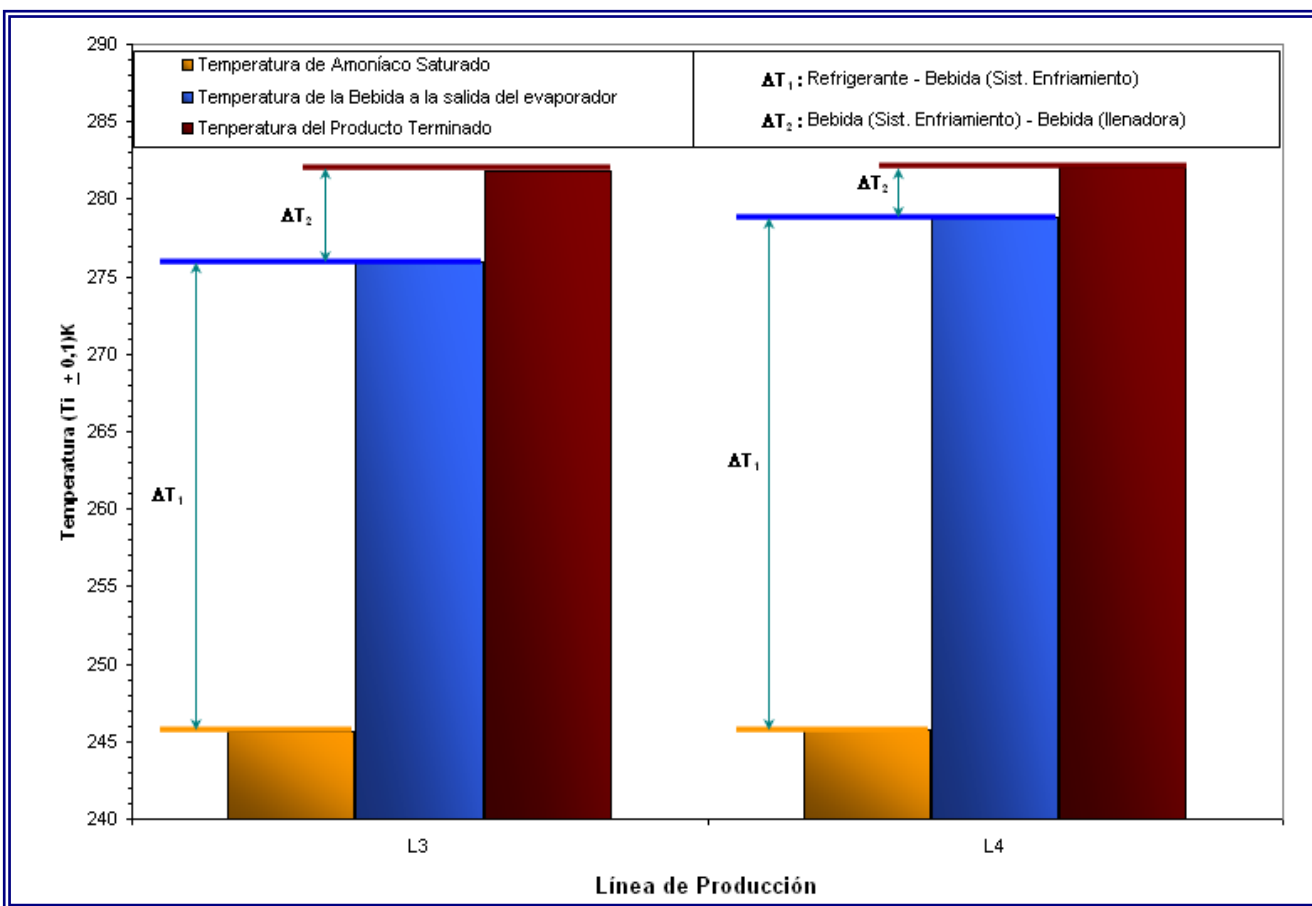
La Tabla 5.19 y la Figura 5.29 muestra las condiciones de operación del sistema de enfriamiento, respecto a las presiones de succión de los compresores y la

temperatura de saturación de amoníaco, temperatura de la bebida a la salida de la cabina y temperatura del producto terminado.

**TABLA 5.19**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DE LAS CABINAS DE ENFRIAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción | Resumen                      | Amoniaco saturado       |                            | Temperatura a la salida de la bebida ( $T_b$ )°C | Temperatura de producto terminado ( $T_{bpt}$ )°C |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                     |                              | Presión ( $P_{am}$ )kPa | Temperatura ( $T_{am}$ )°C |                                                  |                                                   |
| 3                   | Media                        | 329                     | -27,2                      | 2,8                                              | 8,9                                               |
|                     | Dispersión ( $\pm 3\sigma$ ) | 76                      | 8                          | 2                                                | 5                                                 |
| 4                   | Media                        | 330                     | 27,2                       | 5,7                                              | 8,9                                               |
|                     | Dispersión ( $\pm 3\sigma$ ) | 62                      | 6                          | 1                                                | 4                                                 |

Fecha de evaluación: Agosto – Octubre 2005



**Figura 5.30 Comparación de temperaturas del refrigerante y la bebida en las líneas 3 y 4 de producción de Big Cola 3100 mL ( $^{\circ}\text{C} = T - 273,15$ )**

La Tabla 5.20 resume los fenómenos de transferencia de calor en cuanto a las temperaturas del sistema, indica una reducción de 17°C en transferencia de calor de la bebida al refrigerante en la línea de producción 3 y 14°C en la línea 4, siendo más eficiente la línea 3 desde este punto de vista. En condiciones de transporte de la bebida a la llenadora se determinó un incremento de la temperatura de 6°C en la línea 3 respecto a un incremento de 3°C en la línea de producción 4, y se debe a la transferencia de calor del medio al fluido, la cual como se indicará posteriormente presenta menor área de transferencia en relación a la línea de producción 3.

**TABLA 5.20**  
**DIFERENCIAS DE TEMPERATURAS OBTENIDAS EN LOS EQUIPOS DE PREPARACIÓN DE BEBIDAS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Diferencias de temperaturas en equipos ( $\Delta T_i$ )°C |                |                                 |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| <i>Cabina de Enfriamiento</i>                             |                | <i>Carbonatador - Llenadora</i> |                |
| <i>Línea 3</i>                                            | <i>Línea 4</i> | <i>Línea 3</i>                  | <i>Línea 4</i> |
| - 17                                                      | - 14           | + 6                             | + 3            |

Signos:      (+) Absorbe calor  
              (-) Cede calor

#### **5.2.4.2. Condiciones operacionales del sistema carbonatador y envasado.**

El manejo de gases es complejo y por consiguiente es necesario determinar las variaciones del proceso al trabajar con dióxido de carbono, tanto en los procesos de transferencia de masa como de transporte de la bebida. Las líneas principales de gas carbónico, así como los puntos de control de inyección y alimentación al tanque carbonatador, presentan diversidad de equipos de medición, obteniendo las Figuras 5.31, 5.32, 5.33 y 5.34 correspondientes a los gráficos de comportamiento de los sistemas presurizados (carbonatador – llenadora), y la Figura 5.35 correspondiente al nivel de líquido contenido en operación en el tanque de la envasadora.

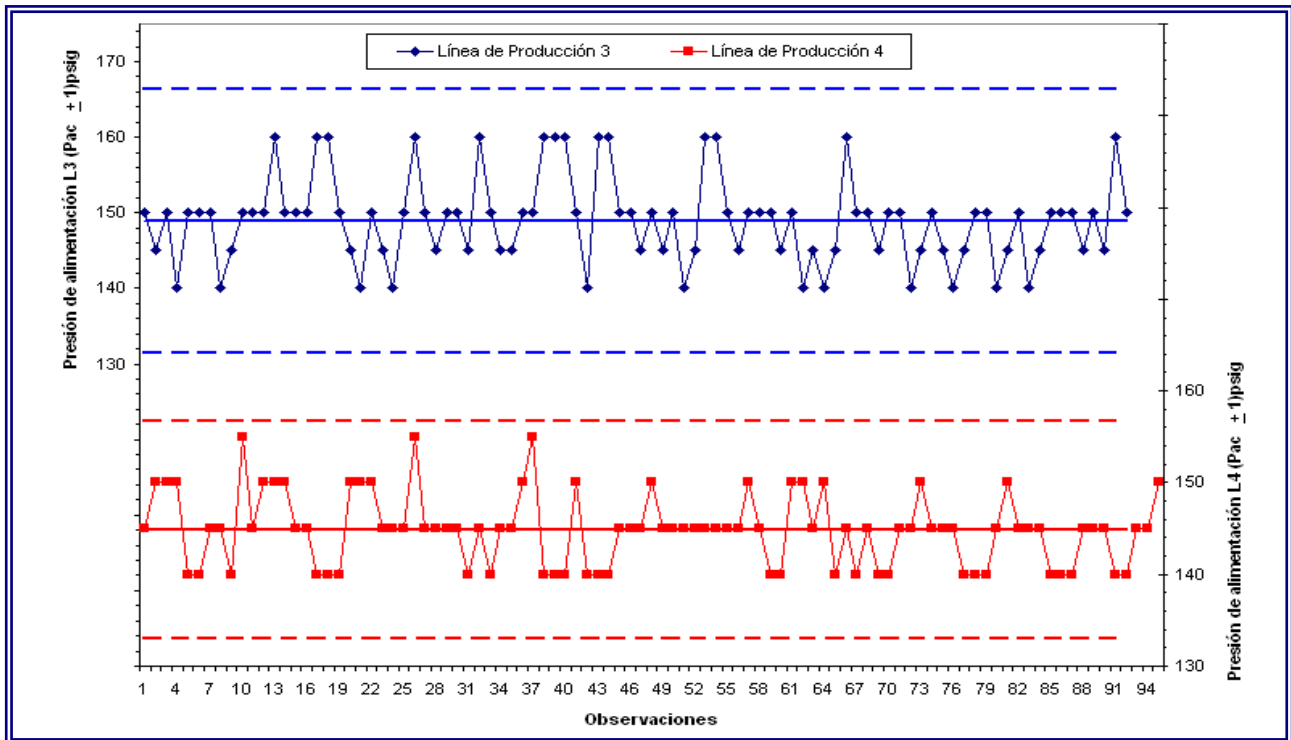


Figura 5.31 Gráficos de comportamiento de la presión de alimentación de CO<sub>2</sub> a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005)

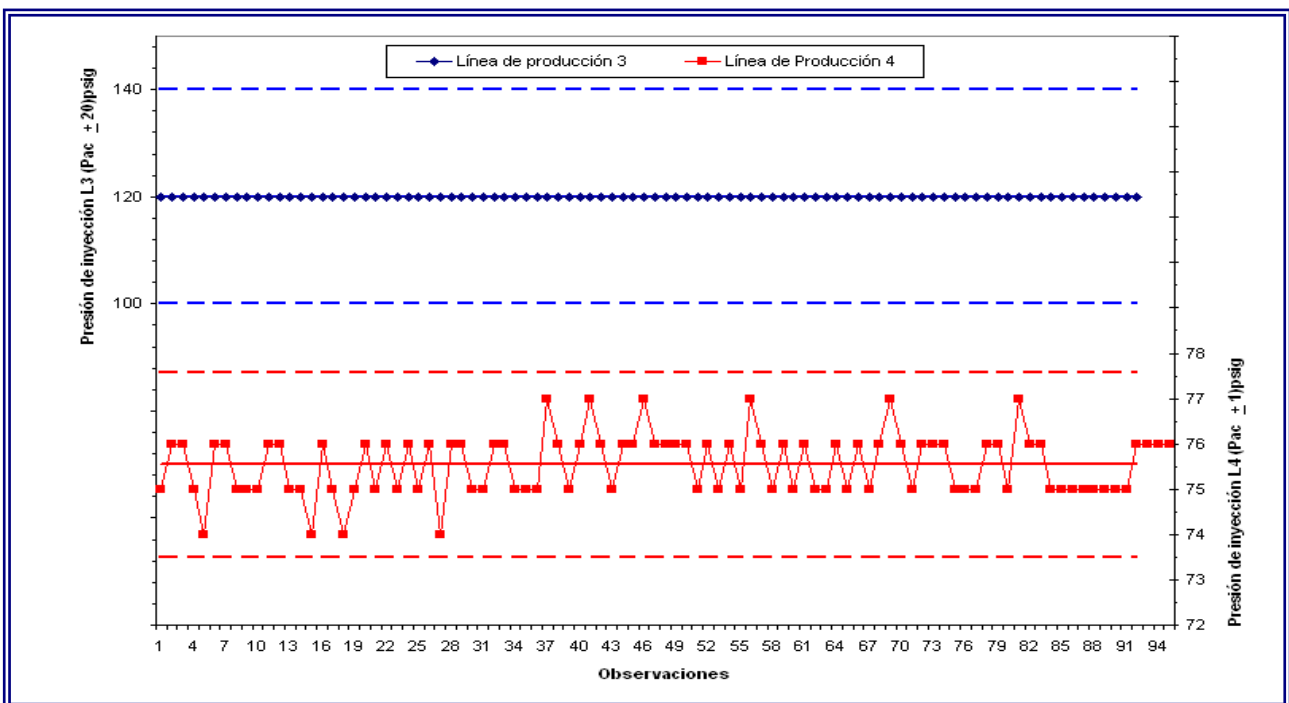
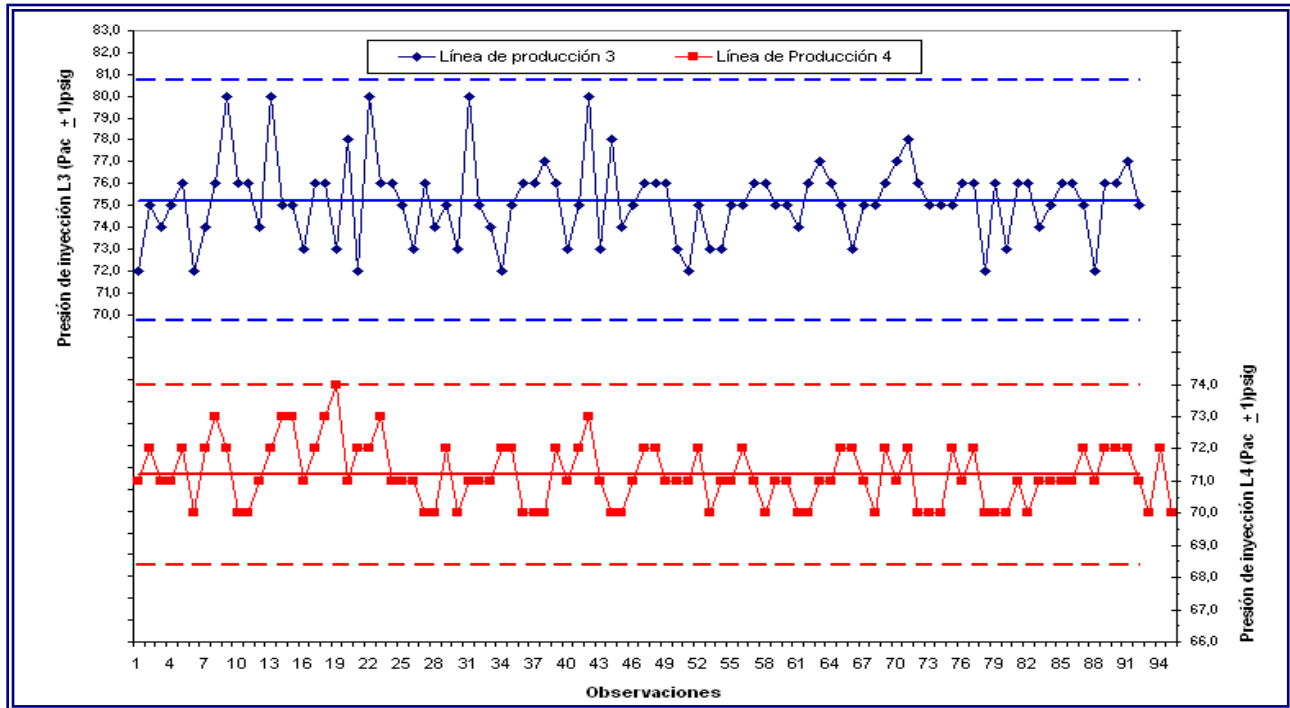
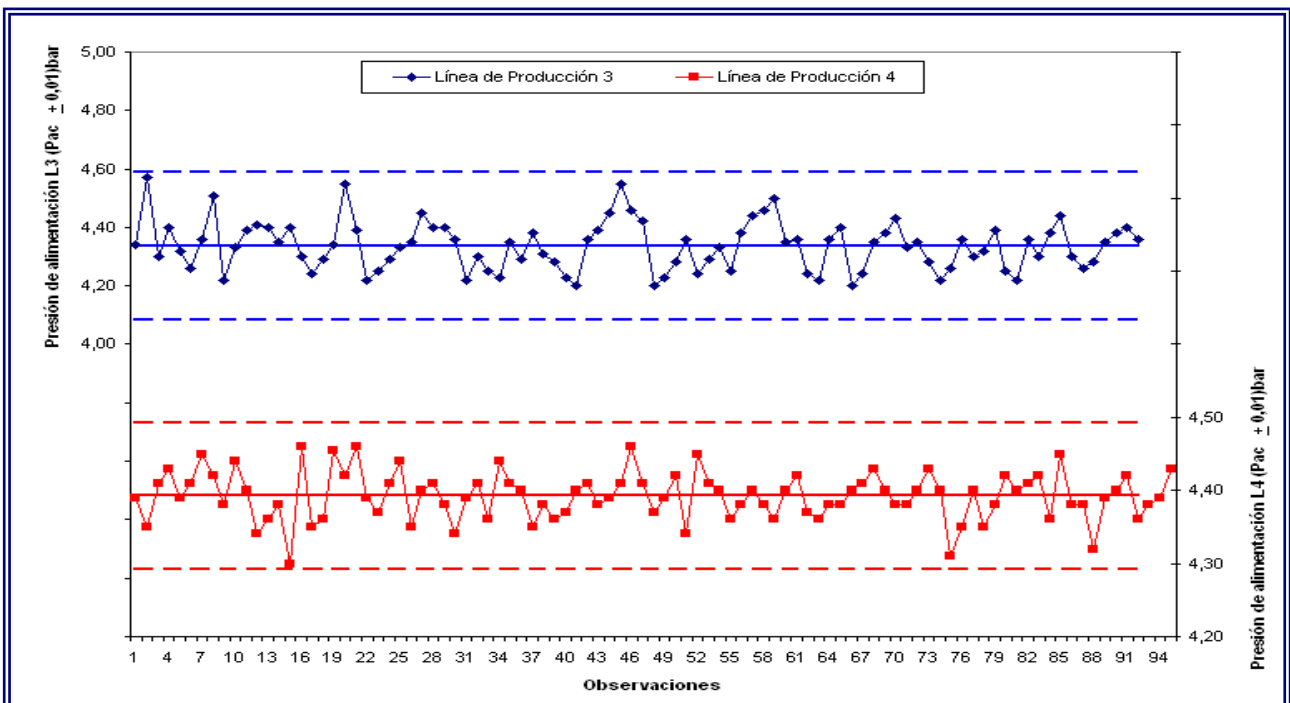


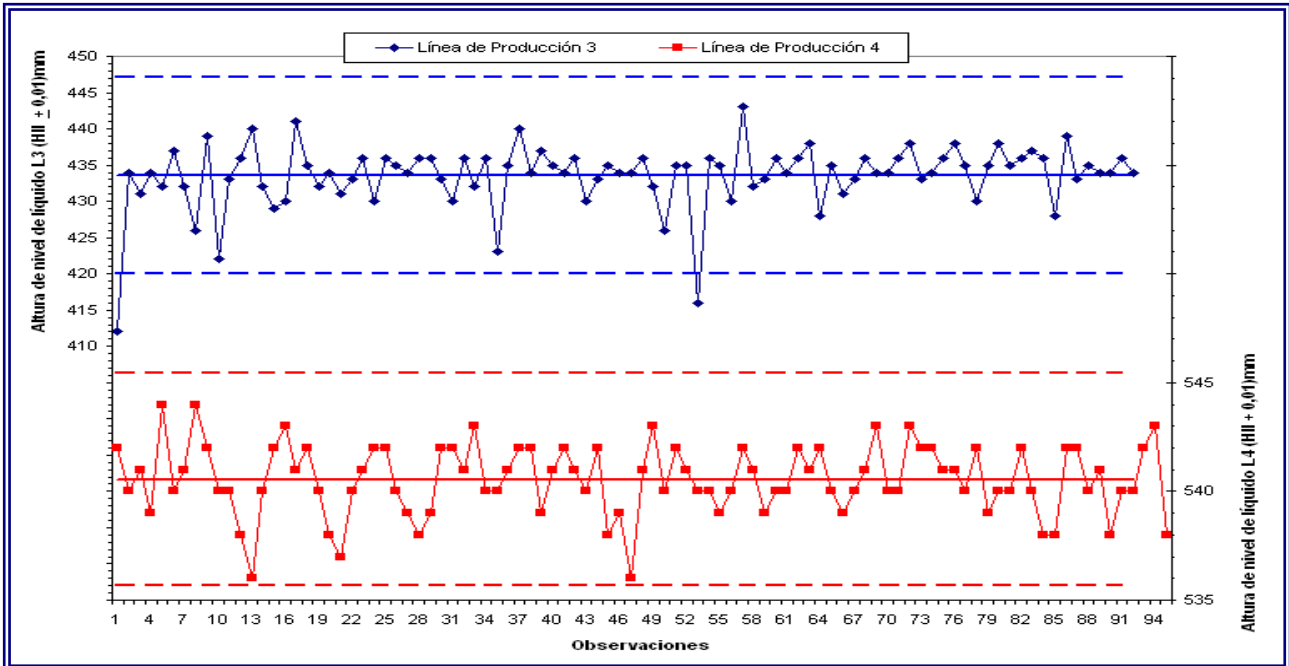
Figura 5.32 Gráficos de comportamiento de la presión de CO<sub>2</sub> de inyección a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).



**Figura 5.33 Gráficos de comportamiento de la presión de CO<sub>2</sub> de carbonatación a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005)**



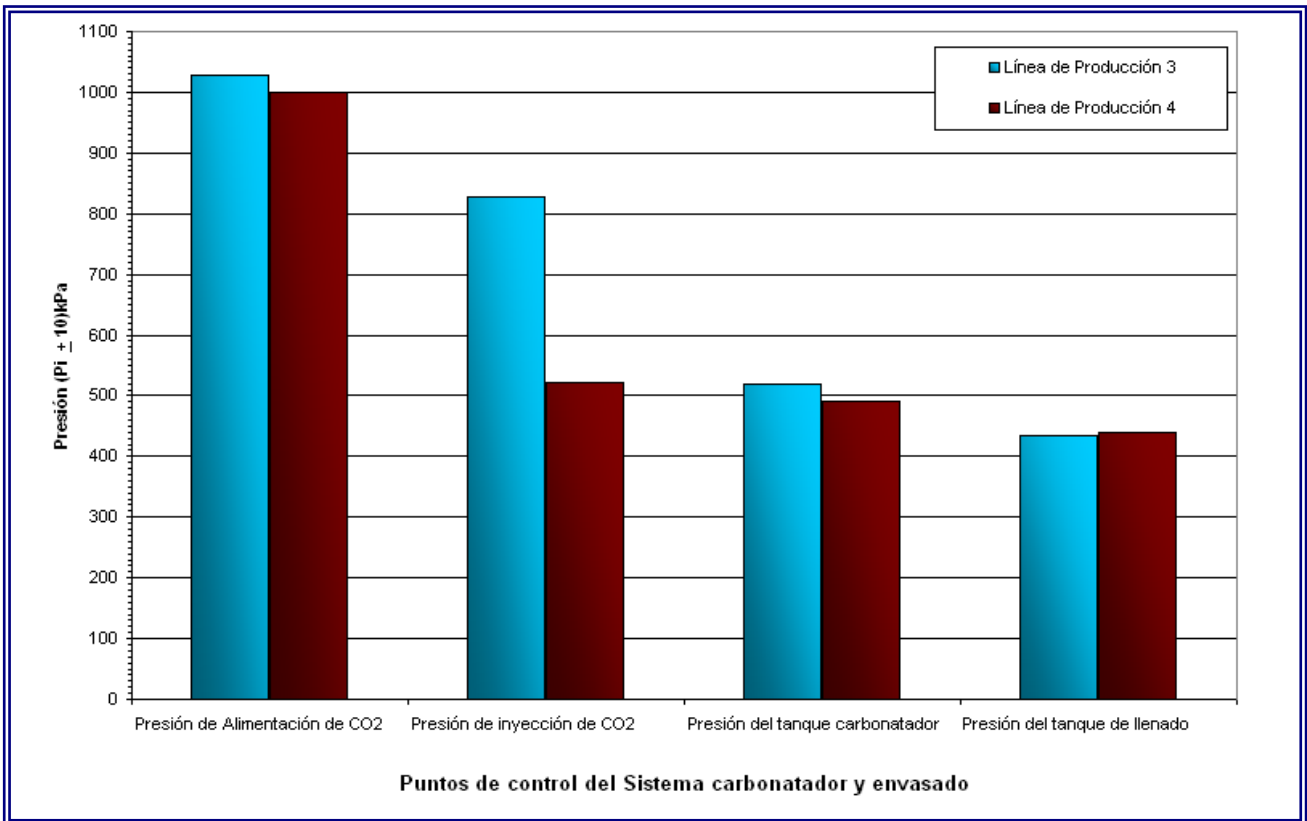
**Figura 5.34 Gráficos de comportamiento de la presión de CO<sub>2</sub> del tanque de la llenadora a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005).**



**Figura 5.35 Gráficos de comportamiento de la altura de nivel de líquido del tanque de la llenadora a las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL (Evaluación Julio-Agosto 2005)**

Los rangos de variación obtenidos en la alimentación de  $\text{CO}_2$  (véase Figura 5.31, Tablas 5.16 y 5.17) oscilan de  $\pm 48$  psig en la línea 3 y  $\pm 12$  psig en la línea de producción 4, presentando una media de las observaciones de 149 psig y 145 psig respectivamente. Los cambios bruscos observados corresponden a cambios de proveedor de gas (PRAXAIR – BOC GASES), a tiempos de ciclos de preparación y caídas de presión entre líneas. La alimentación principal se divide en dos líneas de suministro de  $\text{CO}_2$ , hacia el elemento difusor y hacia el tanque de estabilización. Las presiones de inyección de  $\text{CO}_2$  presentan valores promedios de 120 psig en la línea de producción 3 y 76 psig en la línea de producción 4 (véase Figura 5.32, Tabla 5.16 y 5.17), observando valores constantes en el tiempo en la línea 3, debido a la apreciación instrumental del equipo de  $\pm 20$  psig, para un rango de medición de 0 a 400 psig, el cual no permite determinar la variabilidad del parámetro, el cual se encuentra en valores próximos a 105 y 115 psig. La línea de producción 4 presenta una dispersión de  $\pm 2$  psi respecto a la media obtenida para el difusor de gas y las variaciones observadas se deben a las fluctuaciones de la línea de alimentación, así como de los tiempos de ciclo y el sistema de preparación.

La línea principal alimenta de igual forma al tanque carbonatador, obteniendo presiones de operación de  $(75 \pm 6)$ psig en la línea de producción 3 y  $(71 \pm 3)$ psig en la línea 4 (véase Figura 5.33), observando mayor variabilidad en la línea de producción 3, ocasionada probablemente por la presión de alimentación de dicha línea respecto a la línea 4 y a las respuestas de los sistemas de control tanto de nivel de líquido como de presión. La presión del tanque de llenado presenta valores de  $(4,3 \pm 0,3)$ bar en la línea 3 y  $(4,4 \pm 0,1)$ bar en la línea 4 y alturas de líquido en niveles de  $(434 \pm 14)$ mm y  $(541 \pm 5)$ mm, respectivamente (véase Figuras 5.34 y 5.35); dichas diferencias se deben a los ajustes actuales del proceso, en la puesta punto y arranque de cada línea para obtener el producto dentro de especificaciones. A continuación se presenta en la Figura 5.36 el gráfico comparativo de las presiones de operación de cada unidad.



**Figura 5.36 Gráfico comparativo de las presiones de operación de Carbonatación y llenado de bebidas gaseosas en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL**

De acuerdo a la disposición de cada unidad (véase Figura 4.2 y Figura 5.36) se observan las caídas de presión entre la alimentación, difusor de CO<sub>2</sub>, tanque de



carbonatación (estabilizador) y tanque de llenado, así como también la caída de presión entre ambas líneas, ocasionada por la distribución de  $\text{CO}_2$  en flujo transversal ramificado a las líneas de producción. Las diferencias existentes entre equipos, se deben tanto a parámetros de diseño como a las condiciones de proceso en cada línea, en relación a las temperaturas, presiones y flujos de operación. La diferencia de presión existente entre las unidades de carbonatación y llenado, corresponde a la caída de presión requerida para transportar la bebida entre ambas unidades, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 5.21

**TABLA 5.21**  
**CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE CARBONATACIÓN Y LLENADO DE BEBIDAS GASEOSAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

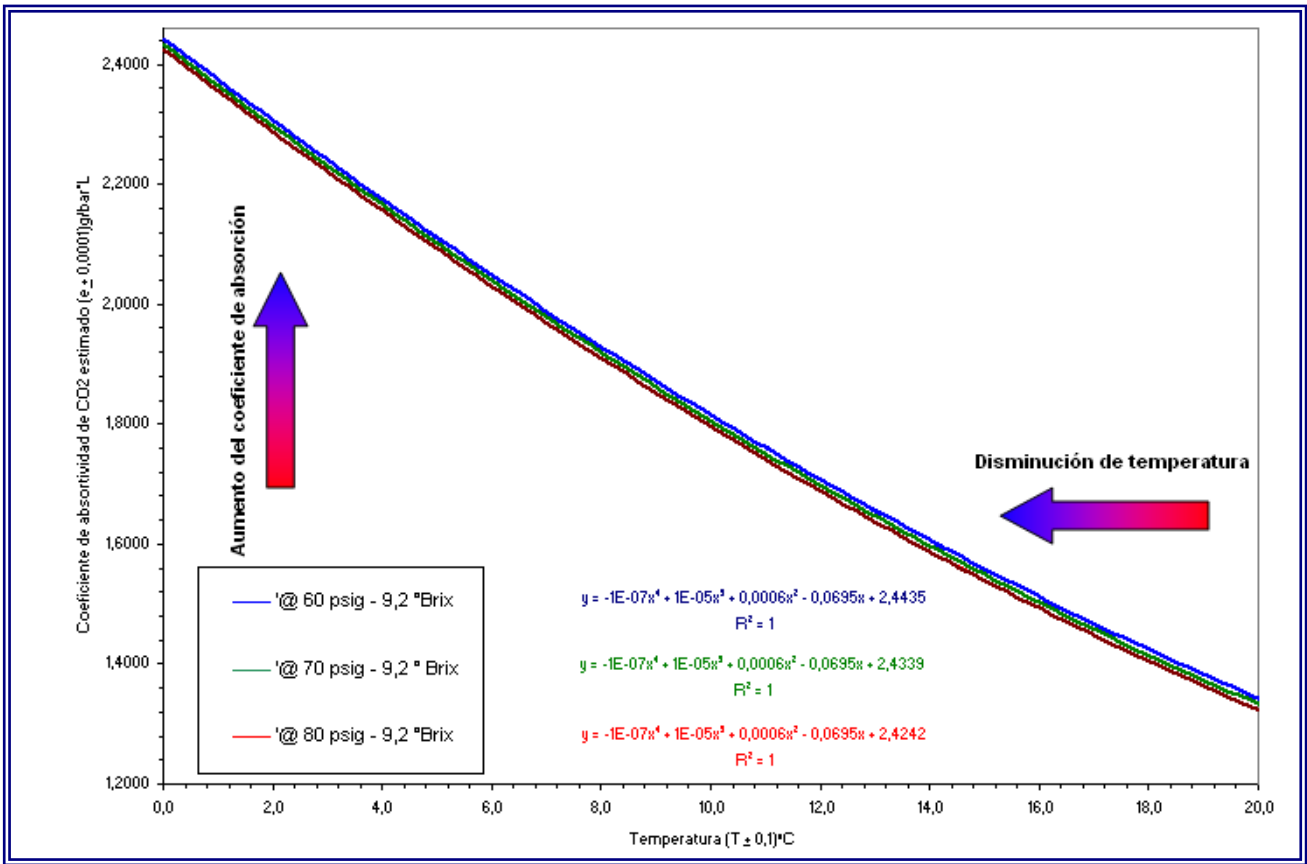
| Línea de producción | Presión de alimentación de $\text{CO}_2$ ( $P_{ac}$ )kPa | Presión de inyección de $\text{CO}_2$ ( $P_{ic}$ )kPa | Presión del tanque carbonatador ( $P_{tc}$ )kPa | Presión del tanque de llenado ( $P_{tl}$ )kPa | Caída de presión Carbonatador-llenadora ( $-\Delta P_{C-LL}$ )kPa |
|---------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 3                   | (1000 $\pm$ 120)                                         | (800 $\pm$ 130)                                       | (520 $\pm$ 40)                                  | (430 $\pm$ 30)                                | (90 $\pm$ 20)                                                     |
| 4                   | (1000 $\pm$ 80)                                          | (520 $\pm$ 10)                                        | (490 $\pm$ 20)                                  | (440 $\pm$ 10)                                | (52 $\pm$ 6)                                                      |

Se observa que tanto la transferencia de calor del ambiente al fluido, como la caída de presión en la línea de producción 3 son mayores respecto a la línea 4, y dicho comportamiento es determinante en la pérdida de carbonatación tanto por transporte y desorción debido a los cambios de estados termodinámicos y equilibrios de solubilidad en las unidades de carbonatación y llenado para ambas líneas. Con el objeto de establecer la variable de mayor influencia en el proceso de transferencia de masa, se determinó la influencia de las condiciones operacionales en el equilibrio de solubilidad del  $\text{CO}_2$ ,

#### **5.2.4.3. Variación teórica del coeficiente de absorción de $\text{CO}_2$ , en función de las condiciones de operación:**

De acuerdo a la ecuación del coeficiente de absorción de  $\text{CO}_2$  (véase ec. 2.9), se evaluó inicialmente el efecto de la temperatura en el coeficiente de absorción de  $\text{CO}_2$  a

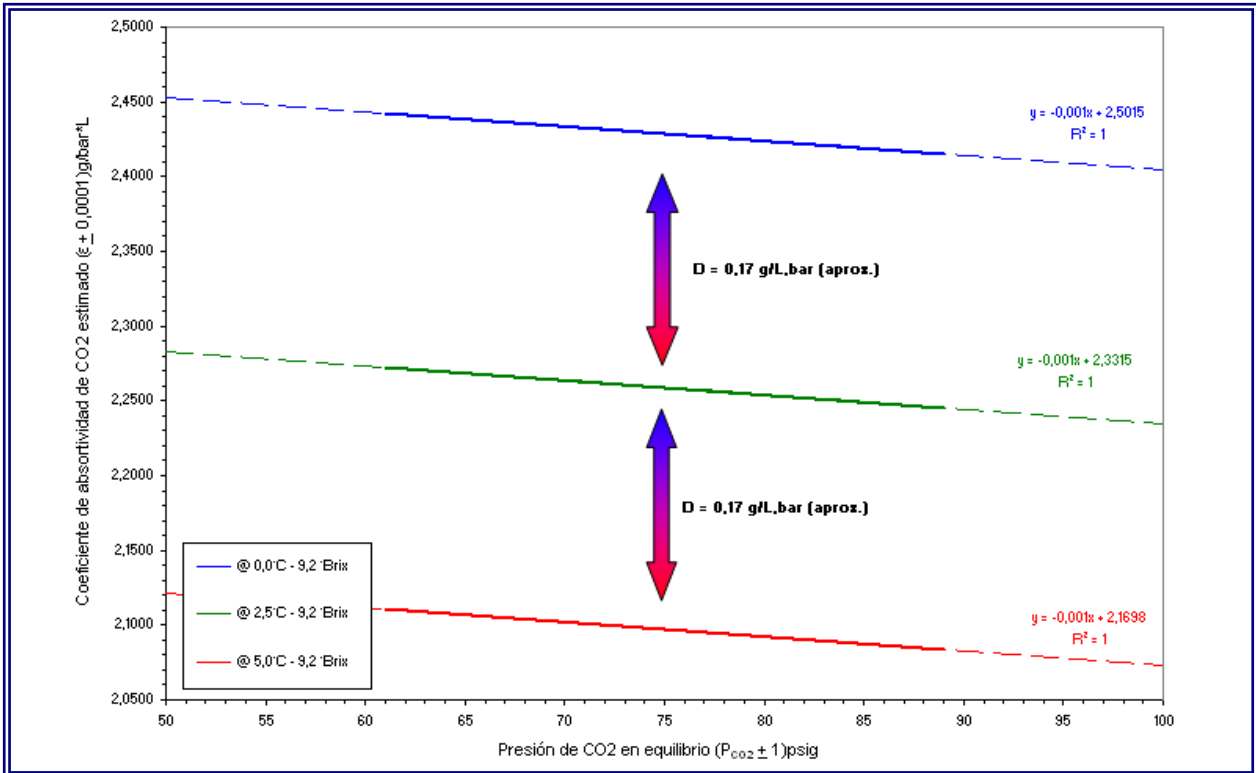
presiones de operación del tanque de estabilización, correspondientes a 60, 70 y 80 psig, para una concentración de azúcares de 9,2 °Brix, obteniendo la tendencia mostrada en la Figura 5.37 (véase cálculos típicos 2, para el cálculo del coeficiente de absorción)



**Figura 5.37 Variación teórica del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> en función de la temperatura de equilibrio**

El coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> es una función polinómica de la temperatura, siendo este el efecto de mayor incidencia, si se compara con el efecto ocasionado a diferentes presiones de equilibrio.

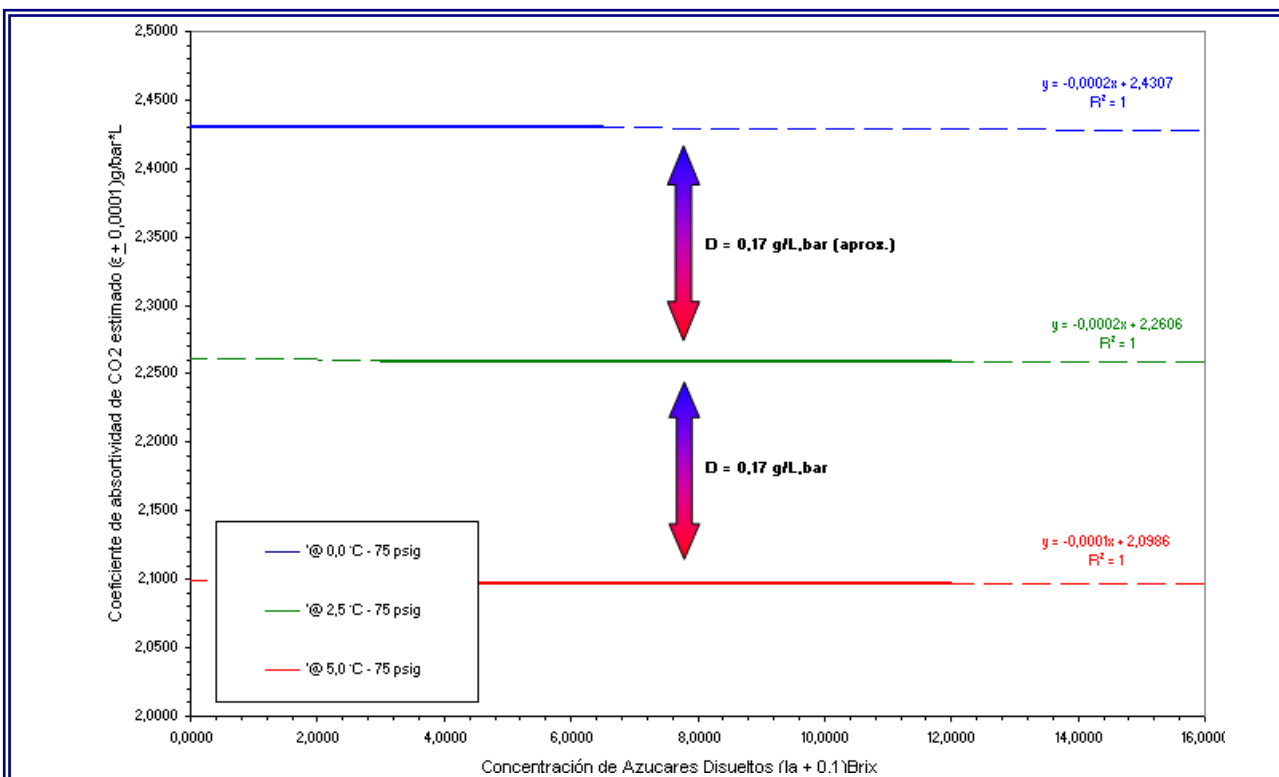
Los siguientes resultados corresponden a la variación del coeficiente de absorción a presión variable, y temperaturas de 0; 2,5 y 5 °C, a concentración 9,2 °Brix.



**Figura 5.38 Variación teórica del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> en función de la presión de equilibrio**

Al ser constante la temperatura, la ecuación resultante genera una respuesta lineal a la presión parcial de equilibrio (véase Figura 5.38), obteniendo 0,02 g/L.bar por cada 20 psig de variación, respecto a 0,17 g/L.bar para cada 2,5°C (aproximadamente 0,1 g/L.bar por cada 1°C).

Por último se evaluó el efecto de la concentración de los sólidos solubles en el coeficiente de absorción partiendo de una solución de sacarosa al 8% hasta 12%, a temperaturas de 0; 2,5 y 5 °C, para una presión de operación de 75 psig, obteniendo el comportamiento exhibido en la Figura 5.39.



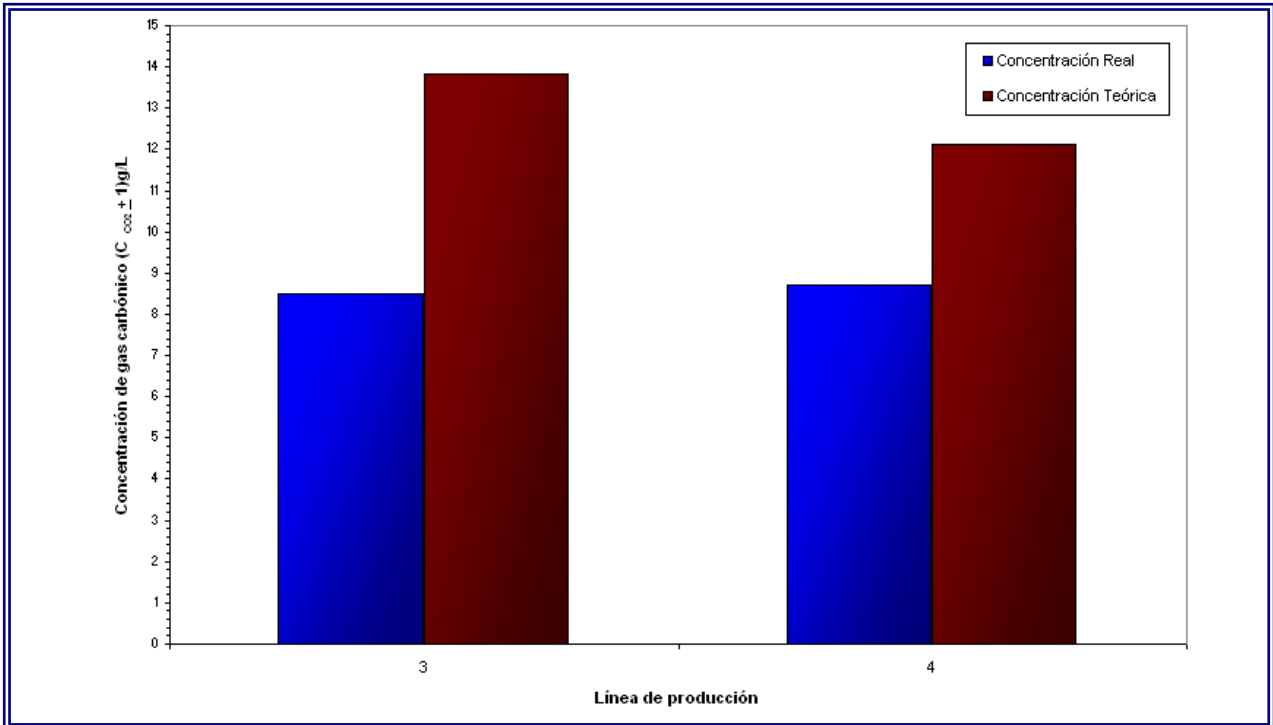
**Figura 5.39 Variación teórica del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> en función de la concentración de azúcares.**

A diferentes concentraciones se obtienen variaciones poco significativas del coeficiente de absorción; por cada incremento de 0,1 °Brix disminuye el coeficiente de absorción en 0,00002 g/L·bar. La máxima concentración de CO<sub>2</sub> se obtiene al considerar al tanque carbonatador como una etapa de equilibrio de eficiencia 100% y a las condiciones de operación (*Century Beverage Preparation Systems* y *The soft drinks companion*); por ello fue evaluado tanto el coeficiente de absorción, como la concentración máxima y real en el producto terminado, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 5.22 (véase cálculos típicos 3)

**TABLA 5.22**  
**CONCENTRACIÓN DE GAS CARBÓNICO A LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN**  
**DEL TANQUE CARBONATADOR EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN**  
**3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea | Carbonatador      |                    | °Brix | Coeficiente de absorción de CO <sub>2</sub> (ε) g/L·bar | Volumen de carbonatación (V <sub>CO2</sub> ) adim | Concentración de CO <sub>2</sub> (g/L) |         | Porcentaje de pérdida teórico (Pérd)% |
|-------|-------------------|--------------------|-------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------------------------------------|
|       | Presión (Pc) psig | Temperatura (T) °C |       |                                                         |                                                   | Real                                   | Teórica |                                       |
| 3     | 75,0              | 2,8                | 9,26  | 2,3393                                                  | 4,3                                               | 8,4968                                 | 13,8388 | 38,6                                  |
| 4     | 71,0              | 5,7                | 9,30  | 2,0513                                                  | 4,4                                               | 8,6944                                 | 12,1231 | 28,4                                  |

1 vol.CO<sub>2</sub> = 1,976 g/L (*Zahm & Nagel*)



**Figura 5.40 Gráfico comparativo de las concentraciones reales y teóricas de gas carbónico en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL**

En la Tabla 5.22 y Figura 5.40, se aprecia la cantidad de gas carbónico absorbido en la línea de producción 3 y 4, en relación a sus condiciones operacionales actuales, observando que la misma es mayor en la línea 3; caso contrario ocurre con la pérdida ocasionada durante el transporte de la bebida del tanque carbonatador al tanque de llenado debido al flujo, transferencia de calor y ruptura de los equilibrios de solubilidad, obteniendo pérdidas estimadas del 38,6% del total absorbido en la línea 3 y 28,4% en la línea 4 (véase cálculos típicos), por consiguiente los factores influyentes corresponden a las temperaturas obtenidas en enfriamiento y en el producto terminado, así como la caída de presión y caudal entre el carbonatador y la llenadora.

Seguidamente, se caracterizaron los productos en proceso con la finalidad de determinar las propiedades de los fluidos, las cuales permitirán cuantificar los flujos posteriormente.

#### 5.2.4.4. Caracterización de los jarabes de preparación y bebida en el sistema de mezcla.

La siguiente fase de análisis corresponde a los ensayos experimentales realizados a nivel de mezcla jarabe-agua, que permiten definir las propiedades de la bebida. La Tabla 5.23 muestra los resultados obtenidos para la densidad de la bebida en diferentes puntos del proceso (véase cálculos típicos 4)

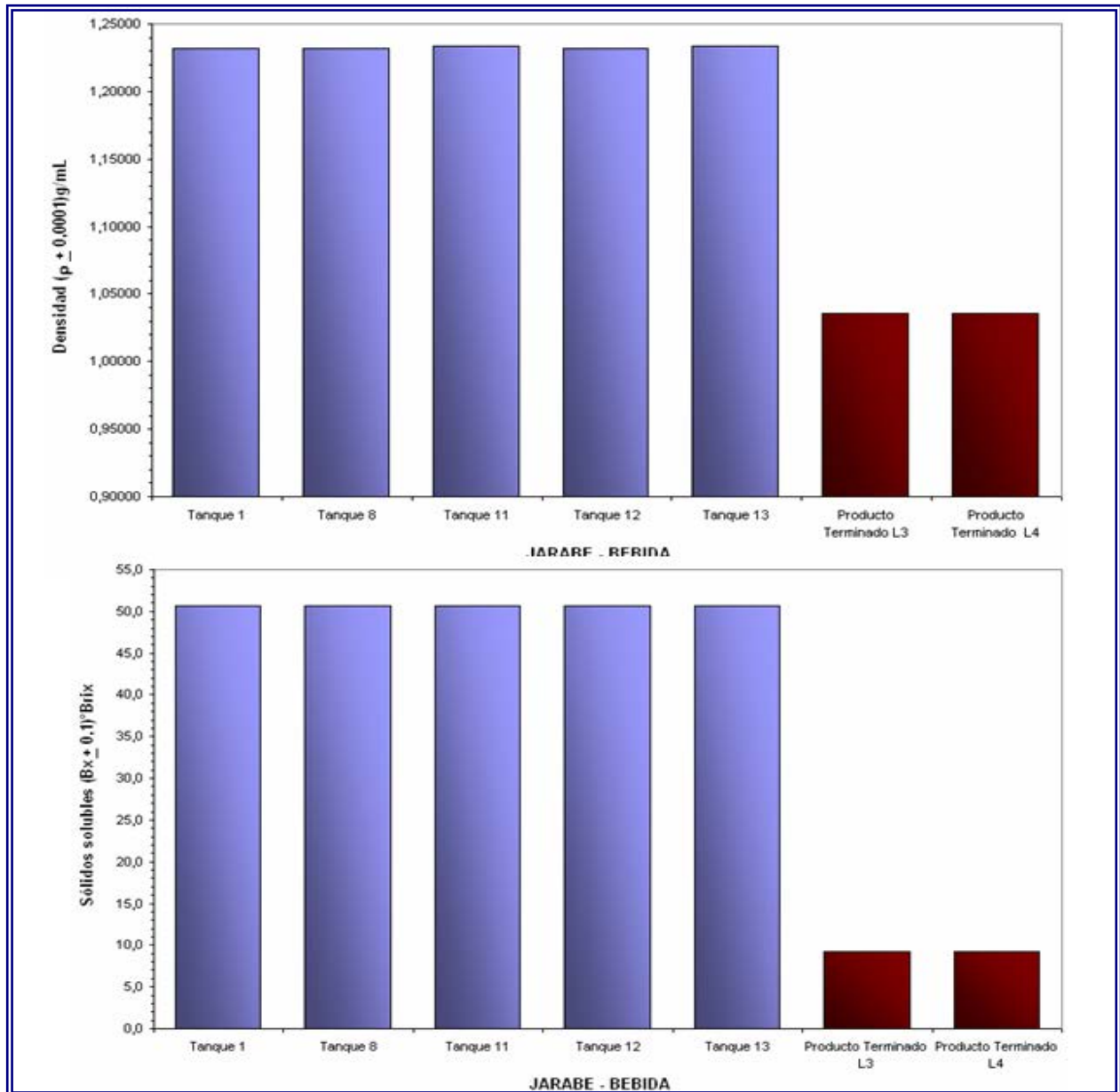
**TABLA 5.23**  
**DENSIDADES DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO**

| Fluido                                         | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Densidad<br>( $\rho_b \pm 0,00001$ )g/mL | Temperatura<br>( $T_b \pm 0,5$ )°C |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| Tanque de preparación de jarabe terminado n°1  | 50,6                                                   | 1,23205                                  | 21,0                               |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n°8  | 50,7                                                   | 1,23200                                  | 20,0                               |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n°11 | 50,7                                                   | 1,23329                                  | 21,0                               |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n°12 | 50,6                                                   | 1,23187                                  | 21,0                               |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n°13 | 50,7                                                   | 1,23327                                  | 21,0                               |
| Producto terminado<br>Línea de producción 3    | 9,3                                                    | 1,03573                                  | 19,0                               |
| Producto terminado<br>Línea de producción 4    | 9,3                                                    | 1,03571                                  | 19,0                               |

Masa del picnómetro vacío:  $(34,5042 \pm 0,0001)$ g

Volumen del picnómetro:  $(25,809 \pm 0,001)$ mL

Se evaluaron cinco jarabes de preparación, obteniendo una media de concentración de  $(50,7 \pm 0,1)$ °Brix y densidad de  $(1,232 \pm 0,002)$ g/mL; para el producto terminado se obtuvo una densidad de  $(1,03572 \pm 0,00001)$ g/mL a  $(9,3 \pm 0,1)$ °Brix. Los resultados permiten establecer una diferencia de 41,4 °Brix y 0,19628 g/mL entre el jarabe terminado y el producto, la cual se debe a la dilución controlada del jarabe en la preparación de la mezcla para el producto en el área de llenado. La Figura 5.41 presenta de forma resumida, la comparación de la densidad de jarabe terminado a la densidad de la bebida, así como a los respectivos valores de °Brix de cada una.



**Figura 5.41 Comparación de las densidades y concentraciones de azúcares de los jarabes de preparación y productos terminados**

Posteriormente, se evaluó la viscosidad de los distintos jarabes y bebidas (véase Apéndice A.10) empleando un viscosímetro Brookfield, obteniendo los siguientes resultados presentados en la Figura 5.42.

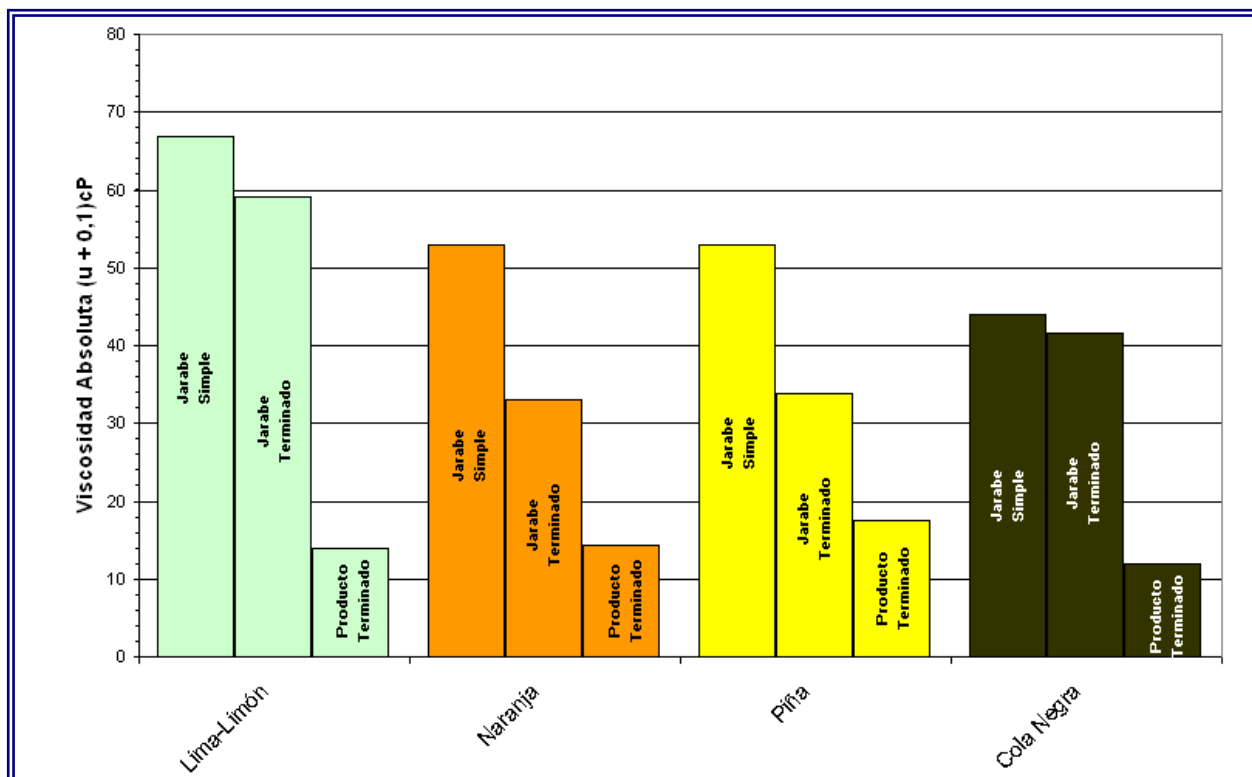


Figura 5.42 Viscosidades absolutas de jarabes y bebidas.

La bebida de cola negra desde los jarabes de preparación hasta el producto terminado presenta la viscosidad mas baja, en cuanto al jarabe simple y producto terminado (véase Figura 5.42). Estas diferencias se deben a las formulaciones, y a las densidades de cada bebida. Dicho parámetro es una propiedad del fluido que afecta directamente sus patrones de flujo y será empleado en la determinación de los caudales de proceso. Seguidamente, se llevó a cabo la determinación experimental de la relación de dilución agua-jarabe, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 5.24

**TABLA 5.24**  
**DILUCIÓN DE JARABES DE PREPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS**

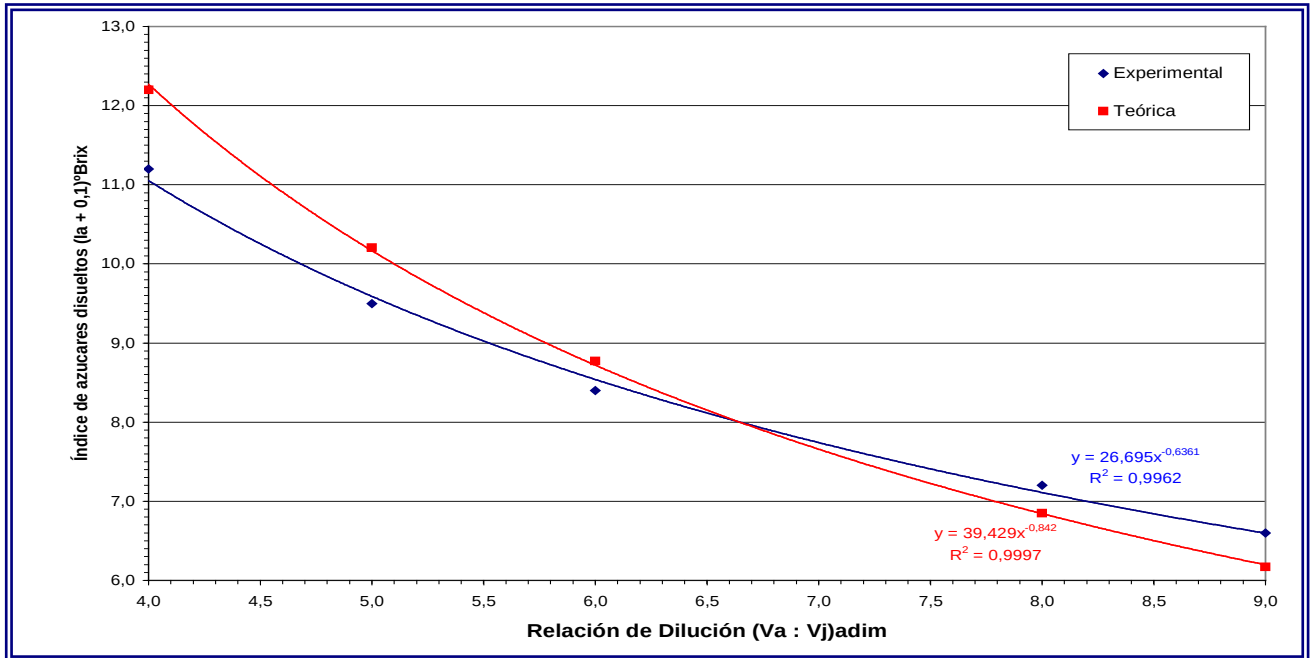
| Relación de dilución<br>(Va : Vj)adim | Densidad del fluido<br>( $\rho \pm 0,00001$ )g/mL | Índice de azúcares disueltos ( $la \pm 0,1$ )°Brix |                 |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|
|                                       |                                                   | Experimental                                       | Balance de Masa |
| 9 : 1                                 | 1,02238                                           | 6,6                                                | 6,2             |
| 8 : 1                                 | 1,02634                                           | 7,2                                                | 6,8             |
| 6 : 1                                 | 1,03133                                           | 8,4                                                | 8,8             |
| 5 : 1                                 | 1,03678                                           | 9,5                                                | 10,2            |
| 4 : 1                                 | 1,04507                                           | 11,2                                               | 12,2            |

Masa del picnómetro lleno:  $(40,5417 \pm 0,0001)$ g  
°Brix del jarabe terminado:  $(50,6 \pm 0,1)$ °Brix

Volumen del picnómetro:  $(68,278 \pm 0,001)$ mL  
Temperatura de referencia:  $(20,0 \pm 0,5)$ °C



De la Tabla 5.24 se obtiene la Figura 5.43, la cual permite relacionar las diluciones a nivel experimental y las estimaciones de la propiedad de respuesta (°Brix en producto terminado).



**Figura 5.43 Curva de dilución Agua-Jarabe y variación del índice de azúcares disueltos en la bebida**

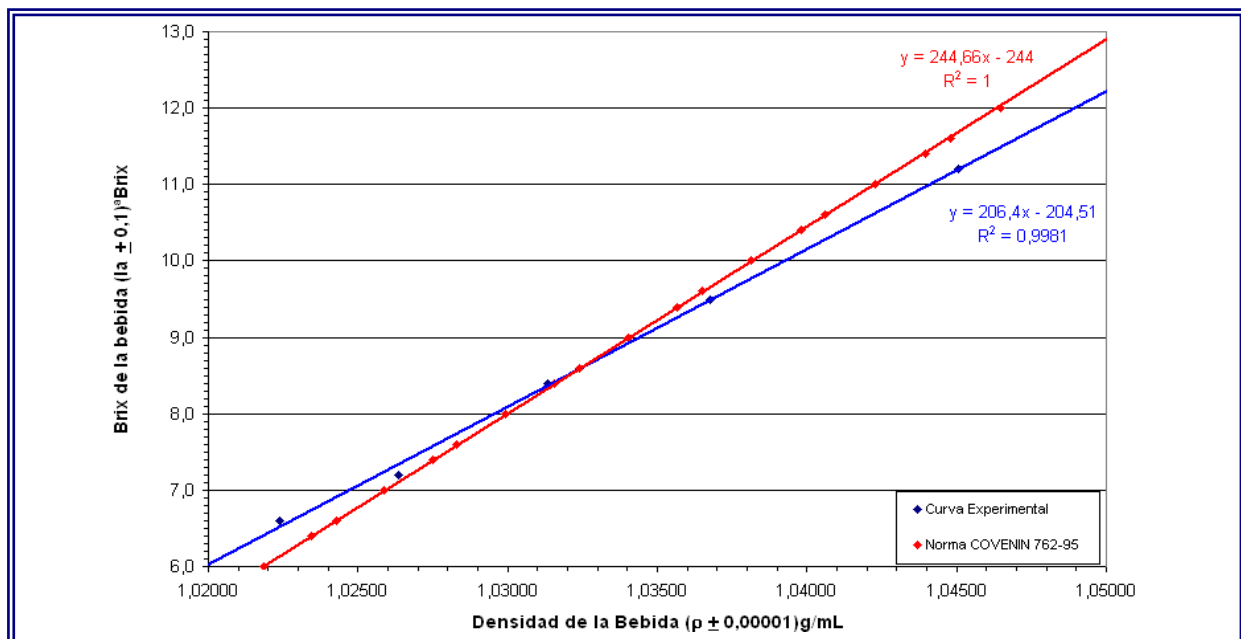
A partir de la Figura 5.43, se establece que por cada 5,34 volúmenes de agua se requiere 1 unidad de volumen de jarabe terminado, necesaria para obtener 9,2°Brix de forma experimental, respecto a 5,63 volúmenes de agua teóricamente. Las diferencias existentes entre la curva teórica y la experimental se deben a las características de la mezcla, desde la concentración de sólidos solubles, en suspensión y sedimentables, así como a la preparación de las diluciones a nivel experimental.

A partir de los resultados obtenidos, se establece la relación experimental y teórica de la concentración de azúcares disueltos y la densidad de la bebida (véase Tabla 5.25, norma COVENIN 762-95 y Figura 5.44), obteniendo los siguientes valores:

**TABLA 5.25**  
**RELACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE LOS GRADOS BRIX EN LA BEBIDA Y SU DENSIDAD**

| °Brix<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Densidad de la bebida ( $\rho \pm 0,00001$ )g/mL |             |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|
|                                 | Experimental                                     | Teórica (*) |
| 6,0                             | 1,01991                                          | 1,02183     |
| 6,2                             | 1,02088                                          | 1,02264     |
| 6,4                             | 1,02185                                          | 1,02346     |
| 6,6                             | 1,02282                                          | 1,02428     |
| 6,8                             | 1,02379                                          | 1,02510     |
| 7,0                             | 1,02476                                          | 1,02591     |
| 7,2                             | 1,02573                                          | 1,02673     |
| 7,4                             | 1,02670                                          | 1,02755     |
| 7,6                             | 1,02766                                          | 1,02837     |
| 7,8                             | 1,02863                                          | 1,02918     |
| 8,0                             | 1,02960                                          | 1,03000     |
| 8,2                             | 1,03057                                          | 1,03082     |
| 8,4                             | 1,03154                                          | 1,03164     |
| 8,6                             | 1,03251                                          | 1,03245     |
| 8,8                             | 1,03348                                          | 1,03327     |
| 9,0                             | 1,03445                                          | 1,03409     |
| 9,2                             | 1,03542                                          | 1,03491     |
| 9,4                             | 1,03639                                          | 1,03572     |
| 9,6                             | 1,03735                                          | 1,03654     |
| 9,8                             | 1,03832                                          | 1,03736     |
| 10,0                            | 1,03929                                          | 1,03818     |
| 10,2                            | 1,04026                                          | 1,03899     |
| 10,4                            | 1,04123                                          | 1,03981     |
| 10,6                            | 1,04220                                          | 1,04063     |
| 10,8                            | 1,04317                                          | 1,04145     |
| 11,0                            | 1,04414                                          | 1,04226     |
| 11,2                            | 1,04511                                          | 1,04308     |
| 11,4                            | 1,04608                                          | 1,04390     |
| 11,6                            | 1,04704                                          | 1,04472     |
| 11,8                            | 1,04801                                          | 1,04553     |
| 12,0                            | 1,04898                                          | 1,04635     |

(\*): Norma COVENIN 762-95

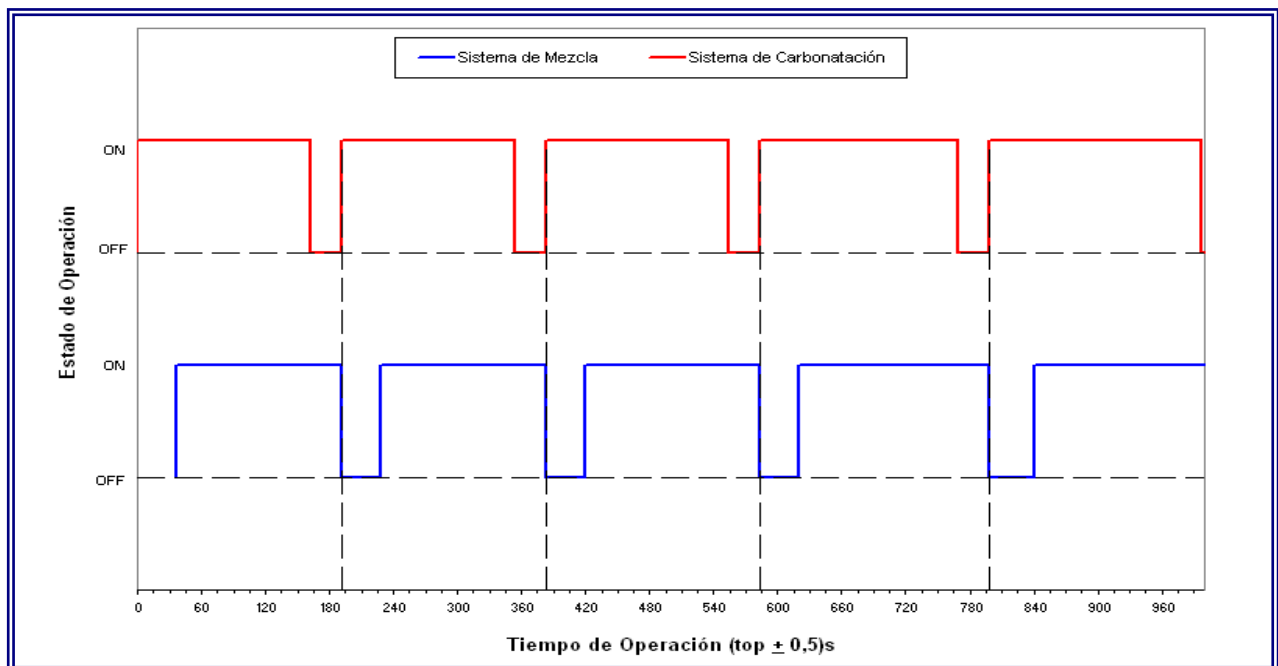


**Figura 5.44 Variación del índice de azúcares disueltos y la densidad de la bebida experimental y teórica**

Existe diferencia entre la recta obtenida a nivel experimental y la obtenida de la norma COVENIN 762-95; la razón principal es la formulación del jarabe, la cual es diferente a la referencia empleada en la norma, correspondiente a una solución de sacarosa estandarizada. Se observa en la Figura 5.44, para el rango de variación de  $[9,0 ; 9,4]^{\circ}\text{Brix}$ , los valores experimentales y teóricos obtenidos no se separan significativamente, tal como ocurre en valores superiores a 10 ó inferiores a  $8^{\circ}\text{Brix}$ , por lo cual se puede emplear cualquiera de las correlaciones obtenidas para calcular la densidad, asumiendo un error despreciable en función de los  $^{\circ}\text{Brix}$ . Las relaciones determinadas serán empleadas posteriormente en el balance de masa y determinación de los flujos del sistema.

#### 5.2.4.5. Tiempos de ciclo de los sistemas de bombeo, caudales de mezcla y carbonatación y respuesta del sistema de enfriamiento.

Se realizaron estimaciones de los periodos de operación de las bombas del sistema de mezcla y carbonatación, a fin de determinar patrones de comportamiento y los caudales de cada una, obteniendo el comportamiento mostrado en las Figuras 5.45 a 5.50 (véase Apéndice, Tablas A.10 a A.15)



**Figura 5.45** Periodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 100 bpm

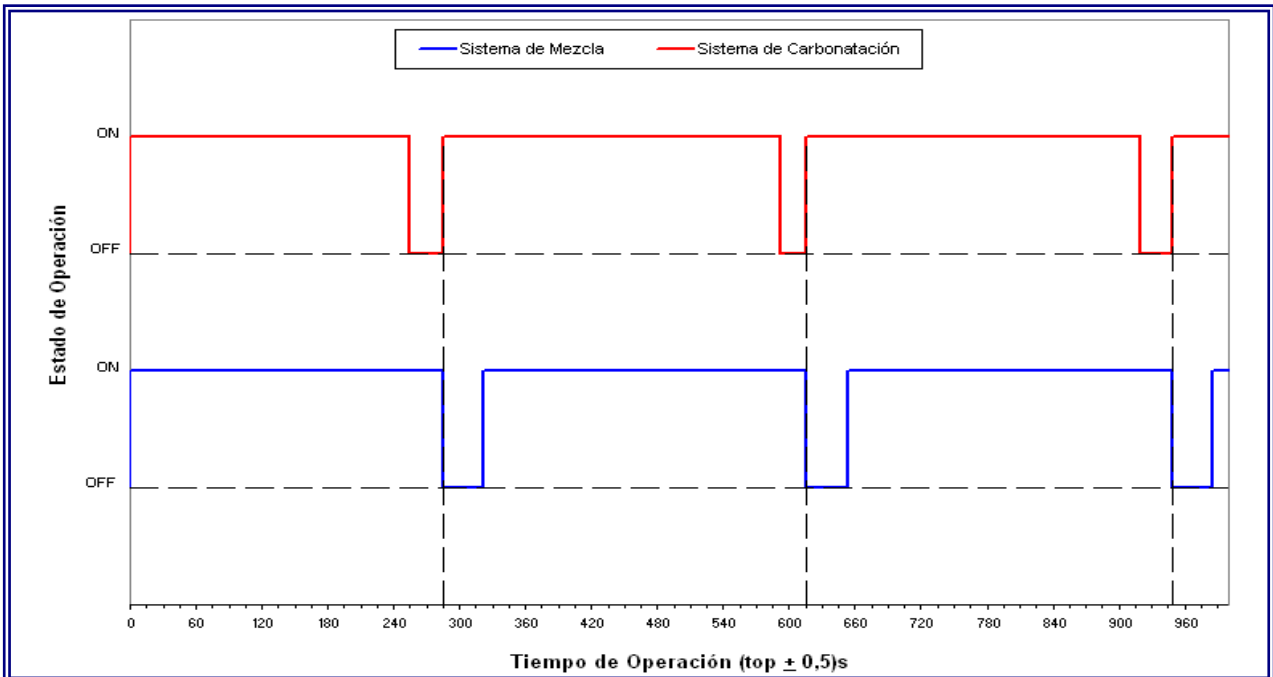


Figura 5.46 Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 110 bpm

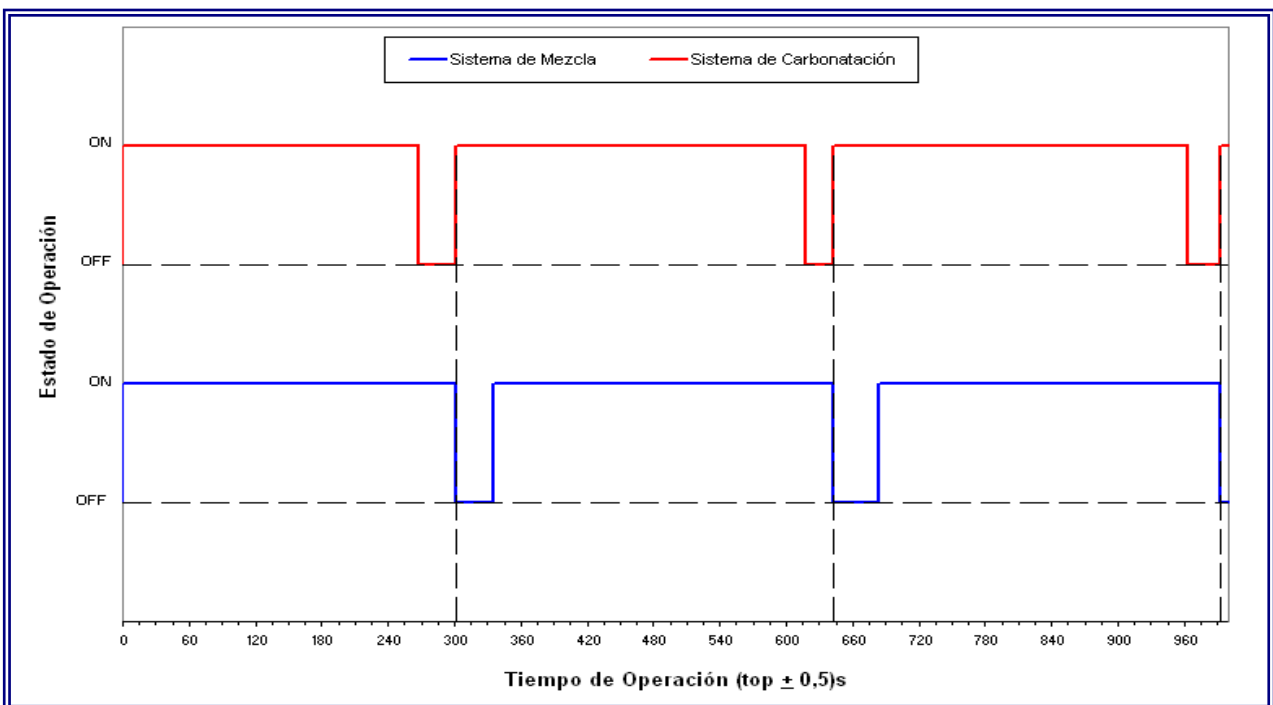


Figura 5.47 Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 3 a velocidad de llenado de 115 bpm

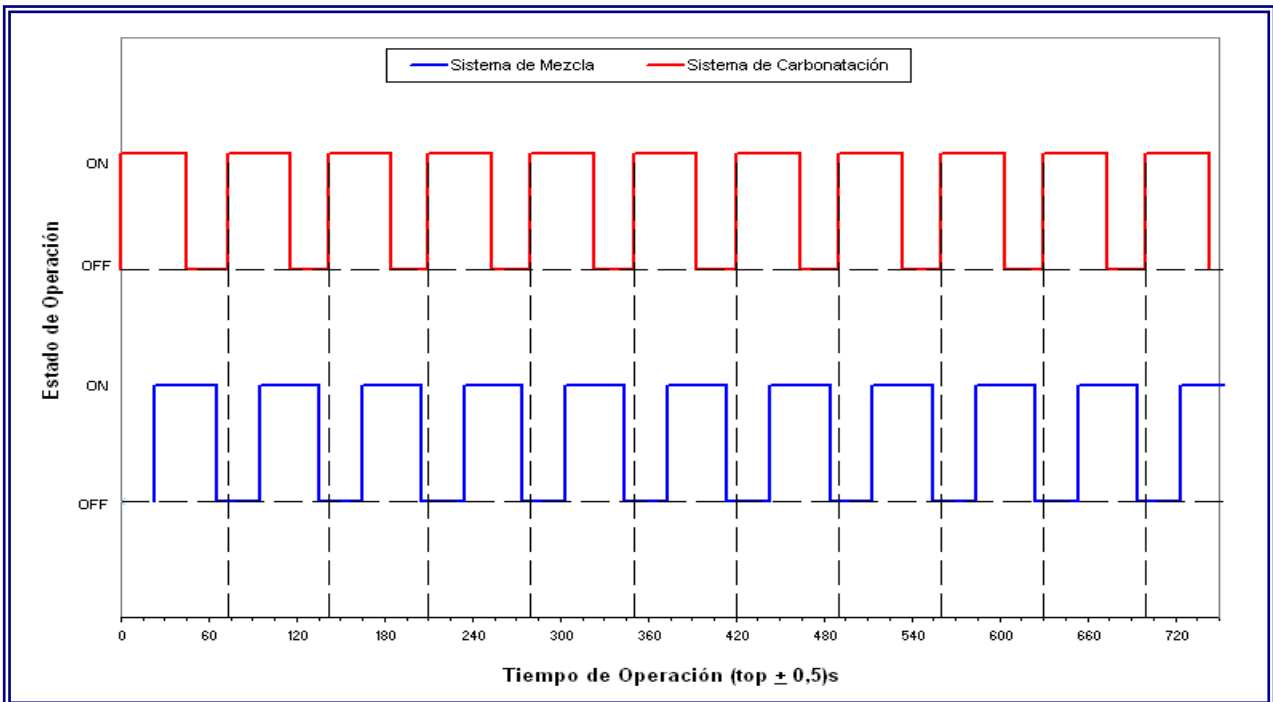


Figura 5.48 Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 100 bpm

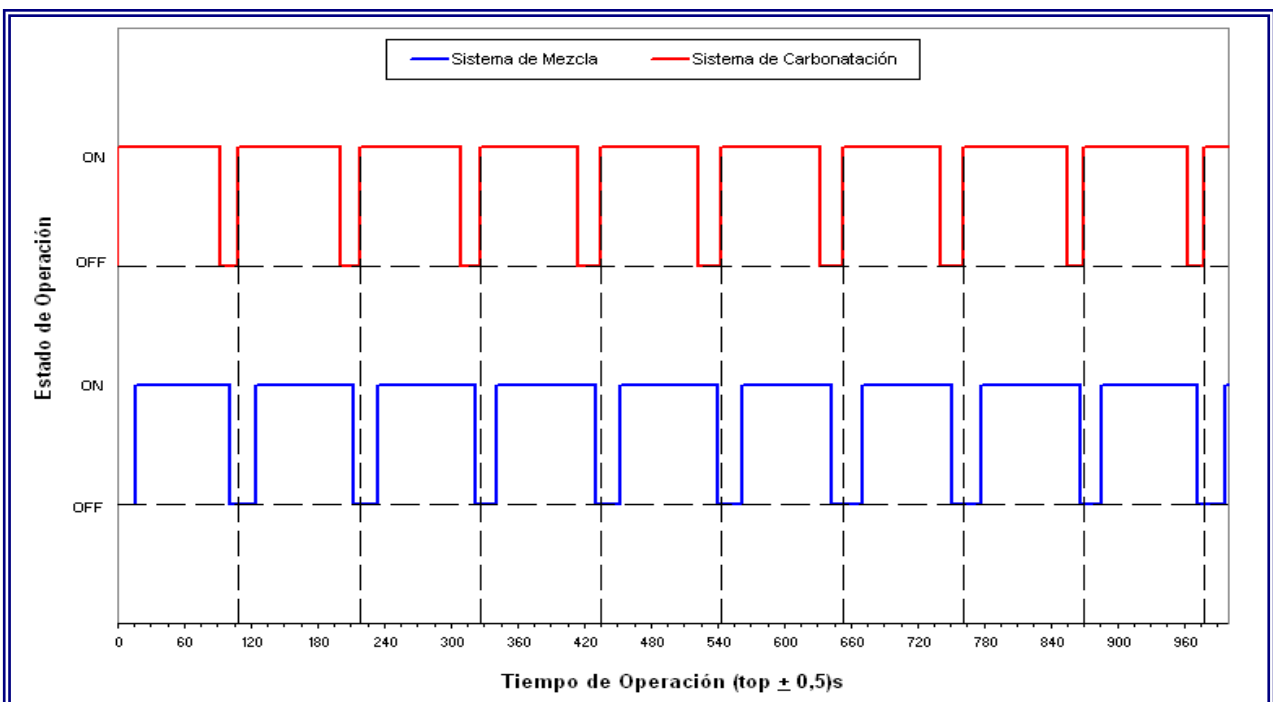
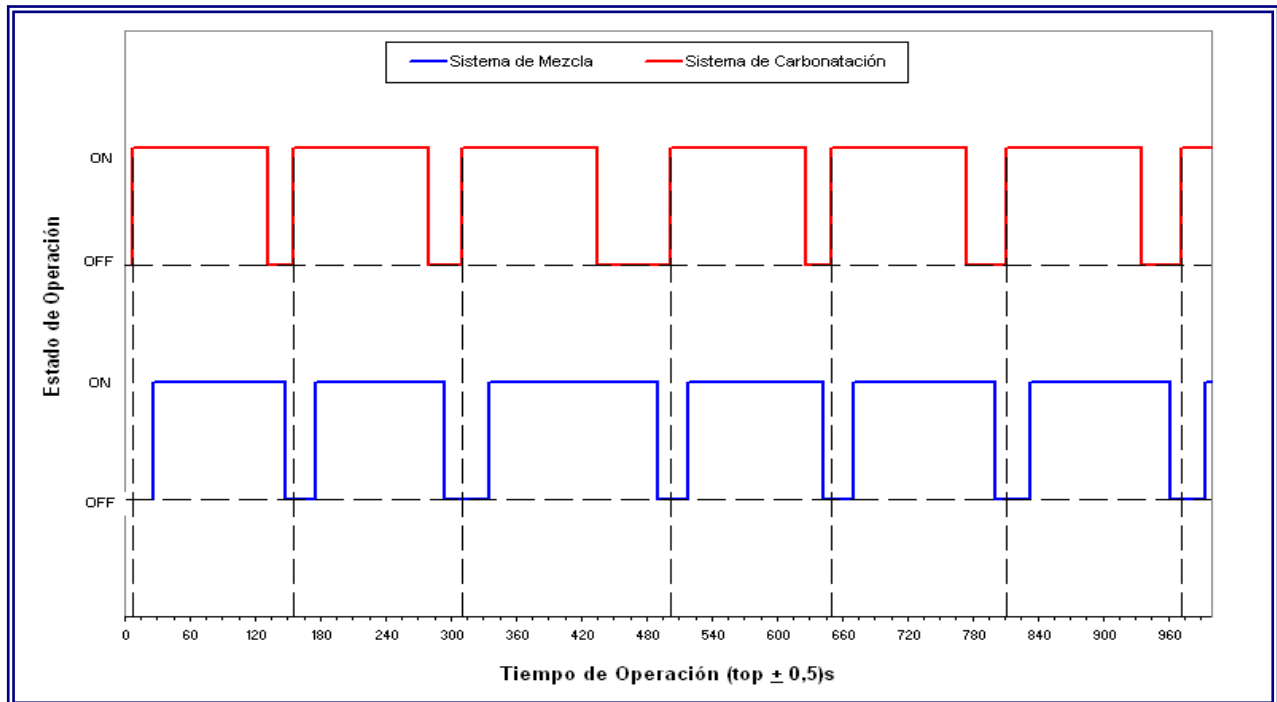


Figura 5.49 Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 110 bpm



**Figura 5.50 Períodos de operación de los sistemas de bombeo de la línea de producción 4 a velocidad de llenado de 115 bpm**

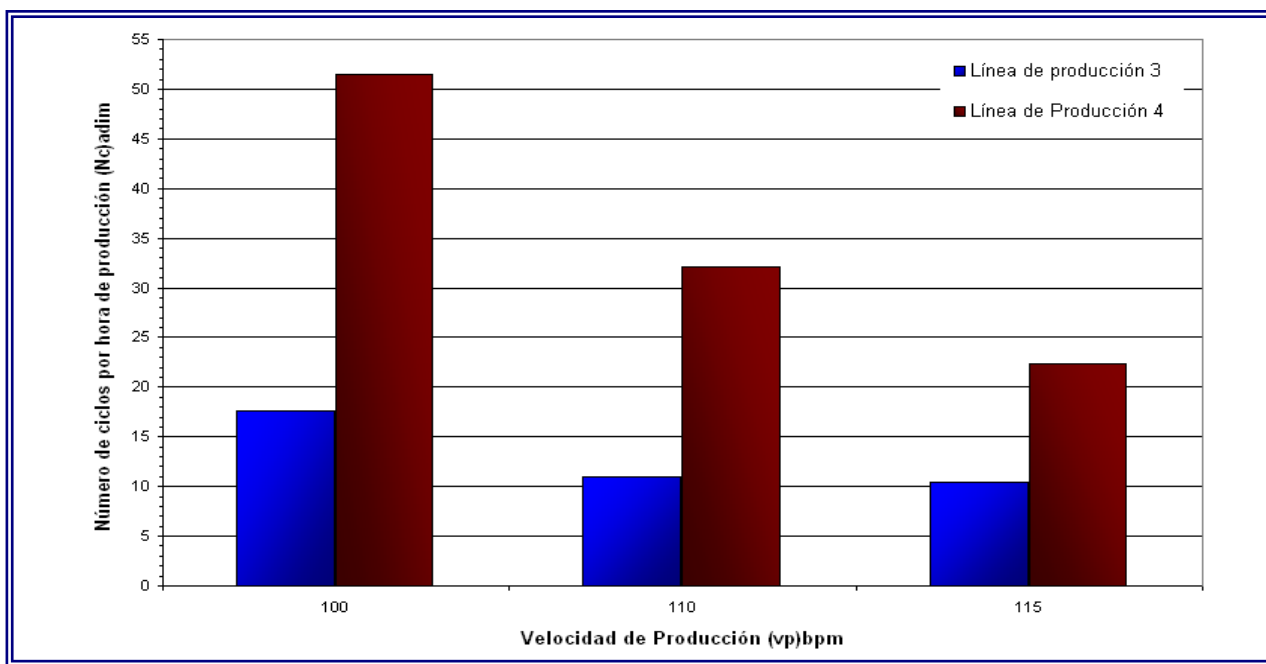
A medida que disminuye la velocidad de producción aumentan los tiempos de operación de las bombas, e indica flujos de circulación mayores a los requeridos por la llenadora. Los flujos poco continuos indican manejo de caudales excesivos, tal como se observa al comparar los tiempos operativos de la línea de producción 3 respecto a la 4, afectando la integridad del equipo y el tiempo de vida útil, ya sea por stress mecánico, desgastes de partes móviles y sellos, sobrepresión en uniones y accesorios en general. La Tabla 5.26 y la Figura 5.51 indican los tiempos de operación de las bombas, así como el número de ciclos realizados por hora de producción, presentando frecuencia elevada de ciclos en la línea de producción 4, con diferencias de 2 a 3 minutos por debajo de los tiempos operativos respecto a la línea de producción 3, es decir, por cada ciclo de la línea de producción 3 se efectúan de dos a tres ciclos en la línea de producción 4 (véase cálculos típicos 5)

**TABLA 5.26**  
**VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN A DIFERENTES VELOCIDADES DE PRODUCCIÓN**

| Línea de Producción | Velocidad de producción (vp)bpm | Tiempos de operación (ti ± 0,01)s |       |                        |       | Número de ciclos por hora (NC <sub>pump</sub> )adim |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------------------------|
|                     |                                 | Bomba de mezcla                   |       | Bomba de carbonatación |       |                                                     |
|                     |                                 | OP.                               | NOP.  | OP.                    | NOP.  |                                                     |
| 3                   | 100                             | 167,82                            | 36,90 | 175,78                 | 29,59 | 18                                                  |
|                     | 110                             | 291,18                            | 37,84 | 305,87                 | 24,68 | 11                                                  |
|                     | 115                             | 305,11                            | 38,93 | 319,10                 | 26,32 | 10                                                  |
| 4                   | 100                             | 40,65                             | 29,30 | 43,61                  | 26,58 | 51                                                  |
|                     | 110                             | 84,84                             | 21,63 | 90,34                  | 18,20 | 32                                                  |
|                     | 115                             | 130,18                            | 31,01 | 124,37                 | 36,29 | 22                                                  |

OP.: Bomba operativa – estado ON

NOP.,: Bomba no operativa – estados OFF



**Figura 5.51** Número de ciclos de operación de los sistemas de bombeo por hora de producción en las líneas 3 y 4

A partir de los tiempos de ciclos y el volumen de llenado se determinaron los caudales de las bombas, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 5.27

**TABLA 5.27**  
**CAUDALES ESTIMADOS DEL SISTEMA DE PREPARACIÓN**

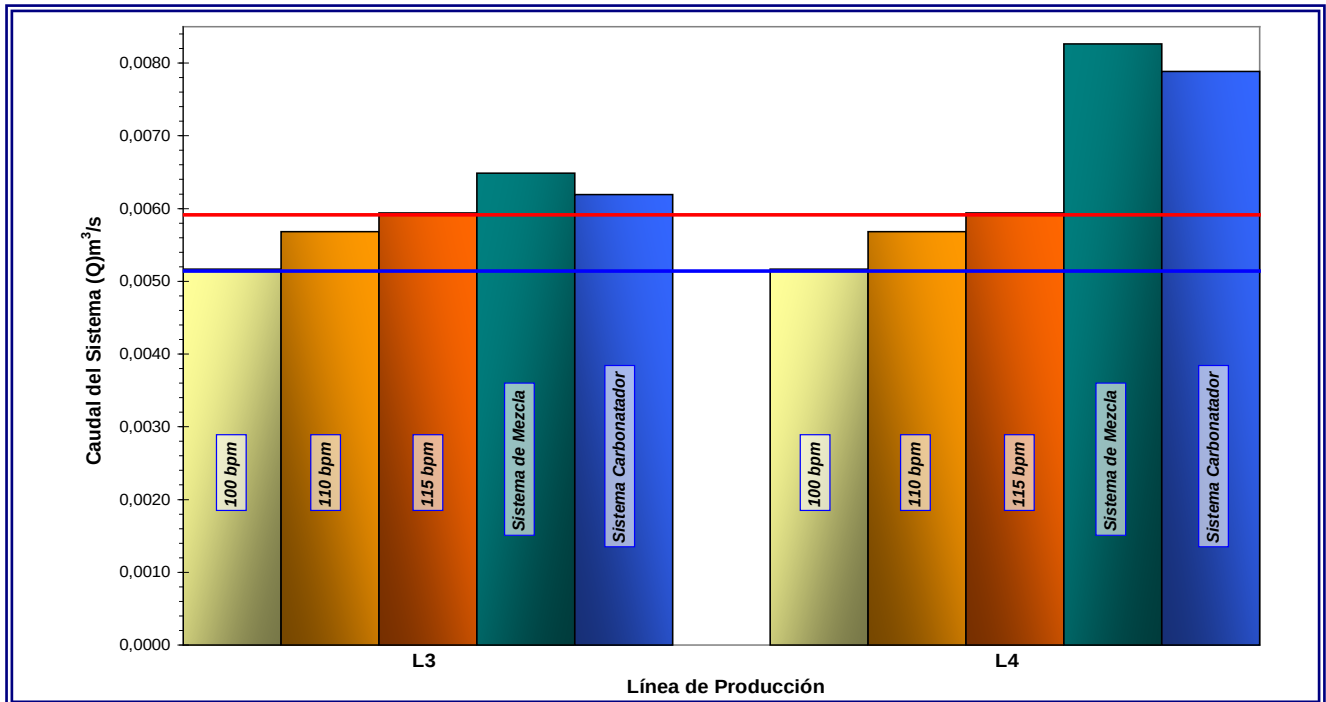
| Línea | Velocidad Producción (vp)bpm | Caudal llenado ( $Q_{ll}$ )m <sup>3</sup> /s | Tiempo de ciclo (TC)s | Volumen requerido ( $V_r$ )m <sup>3</sup> | Caudal ( $Q_i$ )m <sup>3</sup> /s |        |        |               |        |        |
|-------|------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
|       |                              |                                              |                       |                                           | Mezcla                            |        |        | Carbonatación |        |        |
|       |                              |                                              |                       |                                           | STD                               | REAL   | Media  | STD           | REAL   | Media  |
| 3     | 100                          | 0,005167                                     | 205,21                | 1,059399                                  | 0,0063                            | 0,0062 |        | 0,0060        | 0,0060 |        |
|       | 110                          | 0,005683                                     | 330,17                | 1,874280                                  | 0,0064                            | 0,0063 | 0,0064 | 0,0061        | 0,0061 | 0,0062 |
|       | 115                          | 0,005942                                     | 345,08                | 2,048288                                  | 0,0067                            | 0,0066 |        | 0,0064        | 0,0064 |        |
| 4     | 100                          | 0,005167                                     | 70,13                 | 0,362026                                  | 0,0089                            | 0,0089 |        | 0,0083        | 0,0083 |        |
|       | 110                          | 0,005683                                     | 108,03                | 0,610996                                  | 0,0072                            | 0,0072 | 0,0078 | 0,0068        | 0,0067 | 0,0075 |
|       | 115                          | 0,005942                                     | 160,80                | 0,956163                                  | 0,0073                            | 0,0073 |        | 0,0077        | 0,0076 |        |

STD: Caudal a volumen estándar (3,1 L).

REAL: Caudal para el volumen de llenado

Línea de Producción 3: 3075 mL

Línea de Producción 4: 3081 mL



**Figura 5.52 Gráfico comparativo de los flujos volumétricos del sistema de preparación a diferentes velocidades de llenado en las líneas 3 y 4**

Se observa en la Tabla 5.27 y en la Figura 5.52, mayor caudal de bebida en la línea de producción 4 presentando un porcentaje de sobreflujo de 32 a 51% en el sistema de mezcla respecto al caudal de la llenadora-ensasadora; es decir, se requiere de un caudal de  $0,0059\text{m}^3/\text{s}$  ( $21,39\text{m}^3/\text{h}$ ) a 115bpm, y el sistema de mezcla maneja un caudal de  $0,0078\text{m}^3/\text{s}$  ( $28,08\text{m}^3/\text{h}$ ), equivalente a  $6,7\text{m}^3$  adicionales por cada hora en relación a la demanda de flujo de la llenadora. De 27 a 47% de sobreflujo se obtiene en el sistema carbonatador, equivalente a un caudal de  $0,0075\text{m}^3/\text{s}$  ( $27,00\text{m}^3/\text{h}$ ) y un flujo adicional de  $5,61\text{m}^3/\text{h}$ . La línea de producción 3 presenta un porcentaje en exceso de 9 a 26% en el sistema de mezcla, correspondiente a un flujo de  $0,0064\text{m}^3/\text{s}$  ( $23,04\text{m}^3/\text{h}$ ), y de 4 a 20% al excedente en el sistema carbonatador, equivalente a  $0,0062\text{m}^3/\text{s}$  ( $22,32\text{m}^3/\text{h}$ ), contra un caudal de llenado a 115bpm de  $0,0059\text{m}^3/\text{s}$  ( $21,39\text{m}^3/\text{h}$ ).

El caudal del sistema de bombeo no varía respecto a los cambios del equipo de llenado, sólo influye en los tiempos de operación de la bomba. La línea de producción 4 presenta un caudal de mezcla 42% superior al caudal requerido de la llenadora y 20% mayor al caudal procesado por el sistema de enfriamiento de la línea 3, disminuyendo los tiempos de contactos con las placas del evaporador y la eficiencia del sistema.



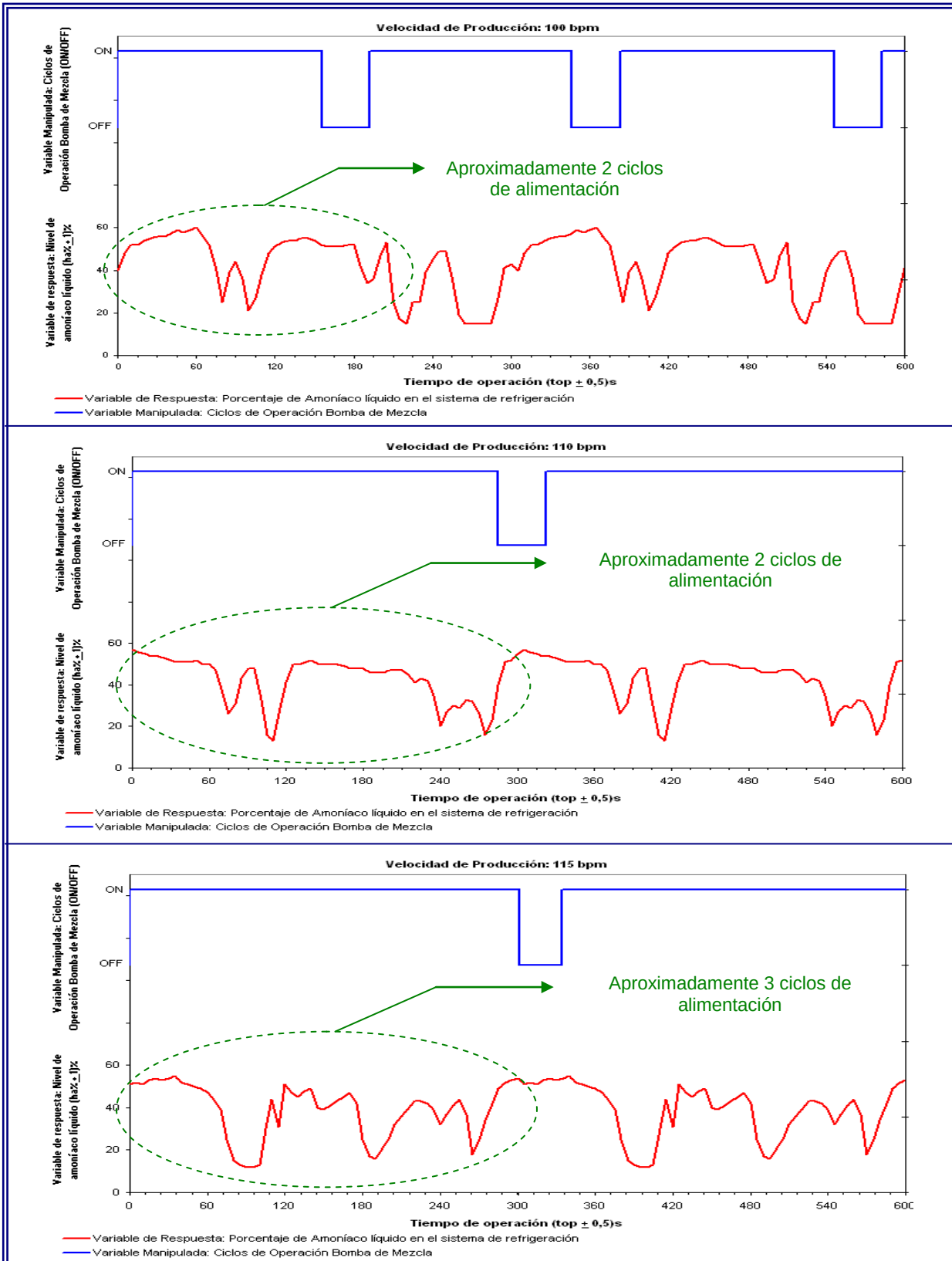
Adicionalmente, el sobreflujo puede ocasionar deficiencias de mezclado, debido a fluctuaciones en las líneas de alimentación de jarabe o agua, y cambios en el cabezal de la bomba debido a generación de vacío en la línea de agua u obstrucción de filtros en la línea de jarabe. El sistema de refrigeración responde al flujo de bebida de forma oscilatoria, alimentando en ciclos de compresión-evaporación el amoníaco líquido; dichas respuesta fueron evaluadas y los resultados se presentan en la Tabla 5.28 (véase Apéndice A.16 y A.17, y cálculos típicos 6)

**TABLA 5.28**  
**VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE AMONÍACO LÍQUIDO A DIFERENTES**  
**VELOCIDADES DE PROCESAMIENTO EM LAS LÍNEAS DE**  
**PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

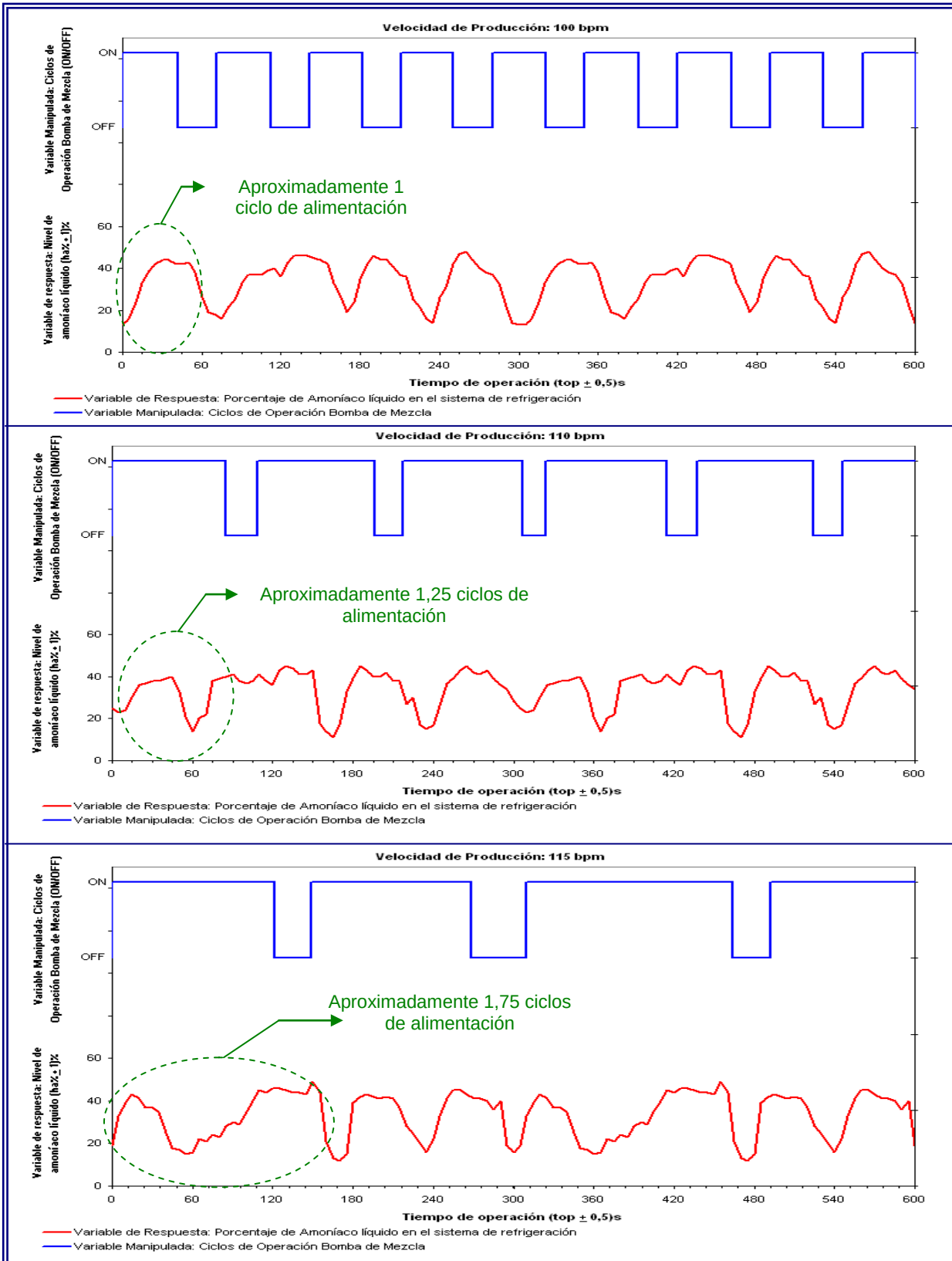
| Línea de producción | Velocidad de producción (vp)bpm | Nivel de amoníaco líquido ( $h \pm 1$ )% |      |      | Volumen de amoníaco líquido ( $V_{al} \pm 0,01$ )m <sup>3</sup> |      |      | Número de ciclos por minutos (NC <sub>amo</sub> )adim |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------|------|------|-------------------------------------------------------|
|                     |                                 | Mín.                                     | Med. | Máx. | Mín.                                                            | Med. | Máx. |                                                       |
| 3                   | 100                             | 15                                       | 42   | 60   | 0,04                                                            | 0,16 | 0,25 | 0,5                                                   |
|                     | 110                             | 13                                       | 43   | 57   | 0,03                                                            | 0,17 | 0,24 | 0,5                                                   |
|                     | 115                             | 12                                       | 39   | 55   | 0,03                                                            | 0,14 | 0,24 | 0,5                                                   |
| 4                   | 100                             | 13                                       | 34   | 48   | 0,03                                                            | 0,12 | 0,19 | 0,8                                                   |
|                     | 110                             | 11                                       | 34   | 45   | 0,02                                                            | 0,12 | 0,18 | 0,8                                                   |
|                     | 115                             | 12                                       | 33   | 49   | 0,03                                                            | 0,12 | 0,20 | 0,8                                                   |

Los niveles de amoníaco líquido así como su rango de variación se pueden evaluar, observando la respuesta del sistema de refrigeración en relación a los períodos de operación de la bomba de mezcla y en función de las velocidades de producción. Se puede apreciar en las Figuras 5.53 y 5.54 el efecto de la alimentación discontinua de bebida en el sistema de enfriamiento, generando mayor número de ciclos en la línea 4, lo cual a su vez indica mayor generación de vapor de amoníaco debido a la carga, ocasionando descompensación de los ciclos de operación de los compresores, afectando directamente el flujo de vapor en el sistema, incrementando el riesgo de arrastre de aceite desde el compresor al evaporador, y por consiguiente reducción de la transferencia de calor en los evaporadores.

A fin de disponer del indicador de eficiencia de enfriamiento, y con base en la información aportada por las Figuras 5.53 y 5.54, se determinaron las cargas de bebida y refrigerante durante el tiempo de ciclo, estimando las propiedades de cada fluido a partir de datos termodinámicos, los cuales se indican en las Tablas 5.29 y 5.30



**Figura 5.53 Respuesta del sistema de enfriamiento y alimentación de cargas térmicas en la línea de producción 3.**



**Figura 5.54 Respuesta del sistema de enfriamiento y alimentación de cargas térmicas en la línea de producción 4**

**TABLA 5.29**  
**CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN DE LA CARGA DE BEBIDA AL EVAPORADOR DEL SISTEMA DE**  
**ENFRIAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea | Caudal de mezcla<br>( $Q_m \pm 0,0001$ )<br>$m^3/s$ | Flujo másico<br>( $\dot{m} \pm 0,01$ )<br>Kg/s | Condiciones de operación (*)       |                                    |                                    |                                    | Velocidad de producción<br>(vp)bpm | Tiempo de operación bomba de mezcla<br>(Top $\pm 0,01$ )s | Masa de bebida en el tiempo de ciclo<br>( $m_{BP} \pm 0,01$ )kg |
|-------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|       |                                                     |                                                | Entrada                            |                                    | Salida                             |                                    |                                    |                                                           |                                                                 |
|       |                                                     |                                                | Temperatura<br>(T <sub>e</sub> )°C | Entalpía<br>(h <sub>e</sub> )kJ/kg | Temperatura<br>(T <sub>s</sub> )°C | Entalpía<br>(h <sub>s</sub> )kJ/kg |                                    |                                                           |                                                                 |
| 3     | 0,0065                                              | 6,72                                           | 20,0                               | 15001                              | 2,8                                | 15068                              | 100                                | 167,82                                                    | 1095,16                                                         |
|       |                                                     |                                                |                                    |                                    |                                    |                                    | 110                                | 291,18                                                    | 1956,51                                                         |
|       |                                                     |                                                |                                    |                                    |                                    |                                    | 115                                | 305,11                                                    | 2050,11                                                         |
| 4     | 0,0078                                              | 8,10                                           | 20,0                               | 15001                              | 5,7                                | 15087                              | 100                                | 40,65                                                     | 329,12                                                          |
|       |                                                     |                                                |                                    |                                    |                                    |                                    | 110                                | 84,84                                                     | 686,90                                                          |
|       |                                                     |                                                |                                    |                                    |                                    |                                    | 115                                | 130,18                                                    | 1053,98                                                         |

(\*): Estimación de propiedades empleando el software Hysys 3.1

**TABLA 5.30**  
**CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN DE REFRIGERANTE AL EVAPORADOR DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN**  
**LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

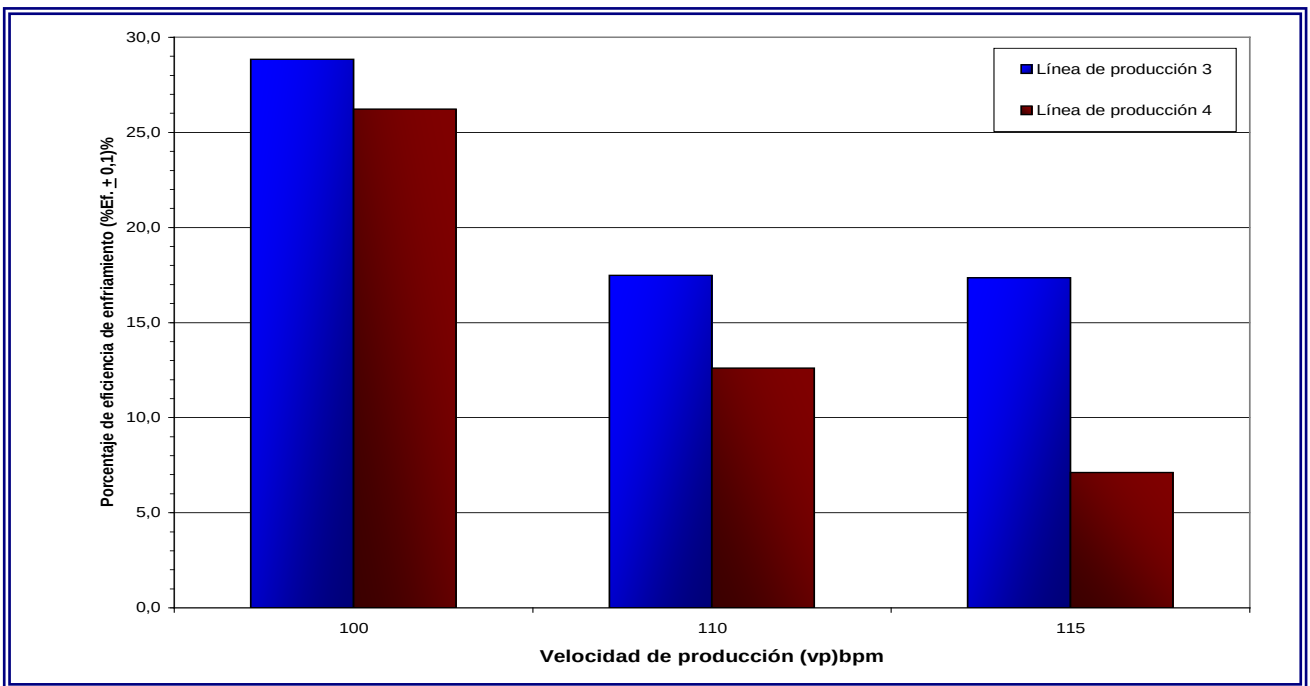
| Línea | Amoníaco Líquido (*)                       |                                 |                                                     |                                           | Velocidad de producción<br>(vp)bpm | Volumen alimentado por cada ciclo<br>(V <sub>ac</sub> $\pm 0,0001$ )m <sup>3</sup> | Número de ciclos por cada Top<br>(N <sub>cam</sub> )adim | Volumen de amoníaco en Top<br>(V <sub>at</sub> $\pm 0,0001$ )m <sup>3</sup> | Masa de amoníaco en el tiempo de ciclo<br>( $m_{AR} \pm 0,01$ )kg |
|-------|--------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|       | Presión<br>(P <sub>a</sub> $\pm 0,1$ )psig | Temperatura<br>(T $\pm 0,1$ )°C | Entalpía de vaporización<br>(h <sub>fg</sub> )kJ/kg | Densidad<br>( $\rho_l$ )kg/m <sup>3</sup> |                                    |                                                                                    |                                                          |                                                                             |                                                                   |
| 3     | 47,8                                       | -27,5                           | 1315,9                                              | 659,87                                    | 100                                | 0,2158                                                                             | 1,4000                                                   | 0,3021                                                                      | 199,36                                                            |
|       |                                            |                                 |                                                     |                                           | 110                                | 0,2077                                                                             | 2,4000                                                   | 0,4985                                                                      | 328,93                                                            |
|       |                                            |                                 |                                                     |                                           | 115                                | 0,2009                                                                             | 2,5000                                                   | 0,5023                                                                      | 331,42                                                            |
| 4     | 47,9                                       | -27,4                           | 1315,6                                              | 659,73                                    | 100                                | 0,1614                                                                             | 0,5000                                                   | 0,0807                                                                      | 53,24                                                             |
|       |                                            |                                 |                                                     |                                           | 110                                | 0,1527                                                                             | 1,1000                                                   | 0,1680                                                                      | 110,82                                                            |
|       |                                            |                                 |                                                     |                                           | 115                                | 0,1700                                                                             | 1,7500                                                   | 0,2975                                                                      | 196,27                                                            |

(\*): Perry 1992

Al realizar el balance energético correspondiente a los calores cedidos por la bebida, el calor absorbido por el refrigerante y el calor transferido del medio (véase Figura 4.4 y cálculos típicos 6) y empleando la información de las Tablas anteriores se obtienen los resultados expresados en las Tabla 5.30 y Figura 5.44.

**TABLA 5.31**  
**TRANSFERENCIA DE CALOR EN LA UNIDAD DE INTERCAMBIO TÉRMICO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción | Velocidad de producción (vp)bpm | Calor cedido por la bebida ( $Q_c \pm 0,01$ )kJ | Calor absorbido por el refrigerante ( $Q_a \pm 0,01$ )kJ | Calor transferido del medio ( $Q_{amb} \pm 0,01$ )kJ | Eficiencia de enfriamiento ( $\%Ef \pm 0,1$ )% |       |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------|
|                     |                                 |                                                 |                                                          |                                                      | $X_i$                                          | Media |
| 3                   | 100                             | 73375,72                                        | 261922,82                                                | 18547,10                                             | 28,0                                           | 21,0  |
|                     | 110                             | 131293,39                                       | 432853,42                                                | 301560,03                                            | 17,5                                           |       |
|                     | 115                             | 137574,44                                       | 436127,08                                                | 298552,64                                            | 17,4                                           |       |
| 4                   | 100                             | 18372,32                                        | 70043,54                                                 | 51671,22                                             | 26,2                                           | 15,3  |
|                     | 110                             | 38344,58                                        | 145789,50                                                | 107444,92                                            | 12,6                                           |       |
|                     | 115                             | 58836,60                                        | 258215,02                                                | 199378,42                                            | 7,1                                            |       |



**Figura 5.55 Eficiencias de enfriamiento en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL**

A partir de los resultados anteriores, se obtiene un indicador del efecto de las cargas de procesamiento en el sistema de enfriamiento, presentando la línea de producción 4 diferencias del 5,7% por debajo del valor obtenido en la línea 3; de igual forma se establece un aprovechamiento del 21,0% del calor de vaporización del refrigerante en la línea 3, respecto a 15,3% obtenido en la línea 4. El calor restante

corresponde a los efectos del medio en el calor de vaporización del refrigerante, ocasionado por la condensación externa de las tuberías y cabina de enfriamiento debido a la humedad del ambiente, así como la temperatura del medio y las corrientes convectivas de aire. Por otra parte, puede resultar poco beneficioso aprovechar el 100% del calor de vaporización del refrigerante debido a las bajas temperaturas obtenidas a la presión de operación ( $-27^{\circ}\text{C}$ ), lo cual puede ocasionar cristalización del fluido en las placas si se aumentan los tiempos de contacto, por consiguiente se deben asegurar temperaturas mayores o iguales a  $0^{\circ}\text{C}$  a la salida de la bebida y no superiores a las obtenidas en las líneas.

En reuniones efectuadas con el personal a cargo del mantenimiento del sistema de refrigeración y conocedores del proceso, se determinaron cuatro formas de aumentar la eficiencia del sistema:

1. Disminución del flujo de entrada en el sistema de enfriamiento: aumento del tiempo de contacto con las placas del evaporador.
2. Disminución de la presión de succión del sistema de compresión y ajuste de la válvula reguladora de presión: temperatura del refrigerante mas baja y disminución de la temperatura de la bebida.
3. Aumento del nivel de líquido en el acumulador de amoníaco: aumento de la cantidad de refrigerante capaz de absorber calor de la bebida alimentada.
4. Aislamiento de tuberías y tanques: reducción de la humedad y control de la temperatura del medio y de las tuberías en general.

A nivel del alcance del trabajo de grado, las propuestas están centradas en las estabilizaciones de las condiciones de operación, a partir de las condiciones operacionales y su efecto en la transferencia de calor, masa y transporte.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos respecto a los consumos de las principales materias primas (agua,  $\text{CO}_2$ , jarabe-azúcar) y la estimación de los rendimientos en relación a las operaciones habituales del proceso de manufactura.

### 5.3 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS DE DIÓXIDO DE CARBONO, JARABE TERMINADO Y AGUA EN EL PROCESO.

Se requirió establecer el comportamiento de las entradas y las salidas del proceso, tal como se observa en el siguiente diagrama:

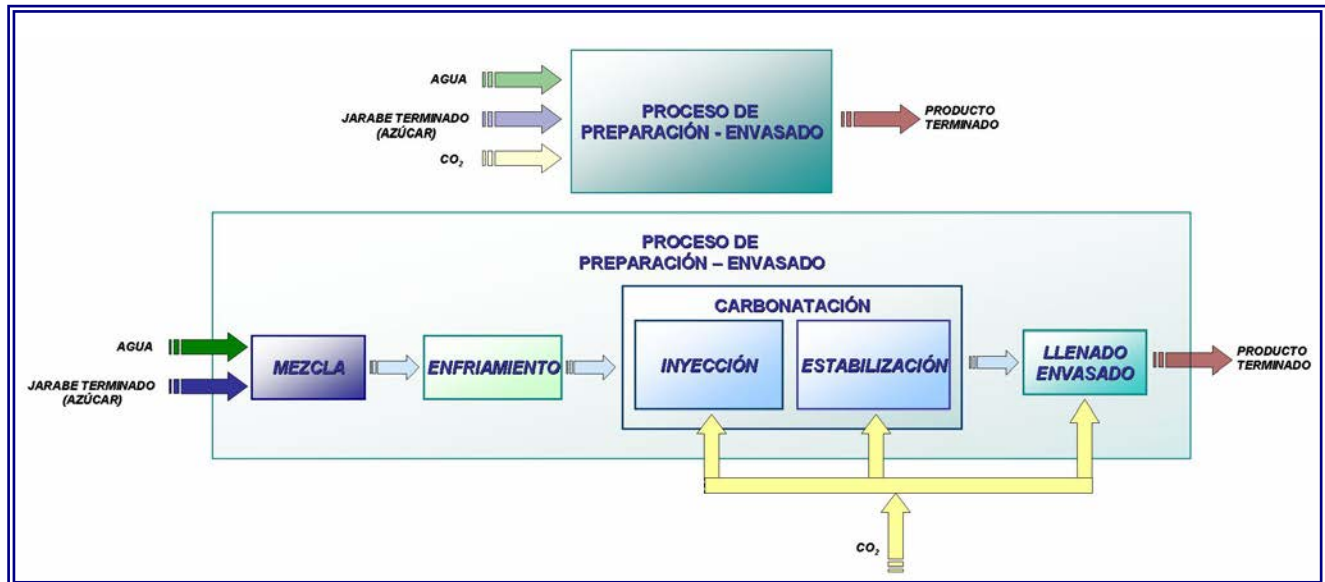


Figura 5.56 Principales entradas y salidas de materias primas, productos en proceso y producto terminado en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL

#### 5.3.1 FLUJOS VOLUMÉTRICOS Y MÁSICOS DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA DE MEZCLA

Se determinó el caudal de alimentación de jarabe terminado a las líneas de producción 3 y 4, desde los tanques de preparación hasta la succión de la bomba de mezcla, a partir del vaciado del tanque, para ello se emplearon dos tanques de preparación por línea obteniendo los resultados indicados en la Tabla 5.32 (véase cálculos típicos 7)

**TABLA 5.32**  
**CAUDALES DE ALIMENTACIÓN DE JARABE TERMINADO A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea | Tanque de preparación | Caudal de alimentación ( $Q_{aJT}$ )m <sup>3</sup> /s |          |
|-------|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------|
|       |                       | $X_i$                                                 | Media    |
| 3     | 8                     | 0,001070                                              | 0,000994 |
|       |                       | 0,000945                                              |          |
|       |                       | 0,001032                                              |          |
|       |                       | 0,001090                                              |          |
|       |                       | 0,000834                                              |          |
|       | 11                    | 0,000913                                              | 0,000960 |
|       |                       | 0,000987                                              |          |
|       |                       | 0,000983                                              |          |
|       |                       | 0,000926                                              |          |
|       |                       | 0,000994                                              |          |
| 4     | 4                     | 0,001326                                              | 0,001277 |
|       |                       | 0,001311                                              |          |
|       |                       | 0,001225                                              |          |
|       |                       | 0,001247                                              |          |
|       |                       | 0,001274                                              |          |
|       | 5                     | 0,001229                                              | 0,001262 |
|       |                       | 0,001292                                              |          |
|       |                       | 0,001265                                              |          |
|       |                       | 0,001285                                              |          |
|       |                       | 0,001238                                              |          |

Se obtuvieron diferencias de 0,0003 m<sup>3</sup>/s del caudal de alimentación de la línea 4 respecto a la línea 3, debido al cabezal de cada bomba de mezcla; las diferencias de los caudales medidos son despreciables (menores a  $3 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s), por lo cual se promediaron los valores obtenidos para las dos corridas efectuadas obteniendo: (0,00098  $\pm$  0,00002)m<sup>3</sup>/s en la línea de producción 3 y (0,0013  $\pm$  0,0001)m<sup>3</sup>/s, en la línea 4. Posteriormente, fueron medidos los caudales de alimentación de agua a las líneas 3 y 4 obteniendo los resultados presentados en la Tabla 5.33

**TABLA 5.33**  
**CAUDALES DE ALIMENTACIÓN DE AGUA TERMINADO A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

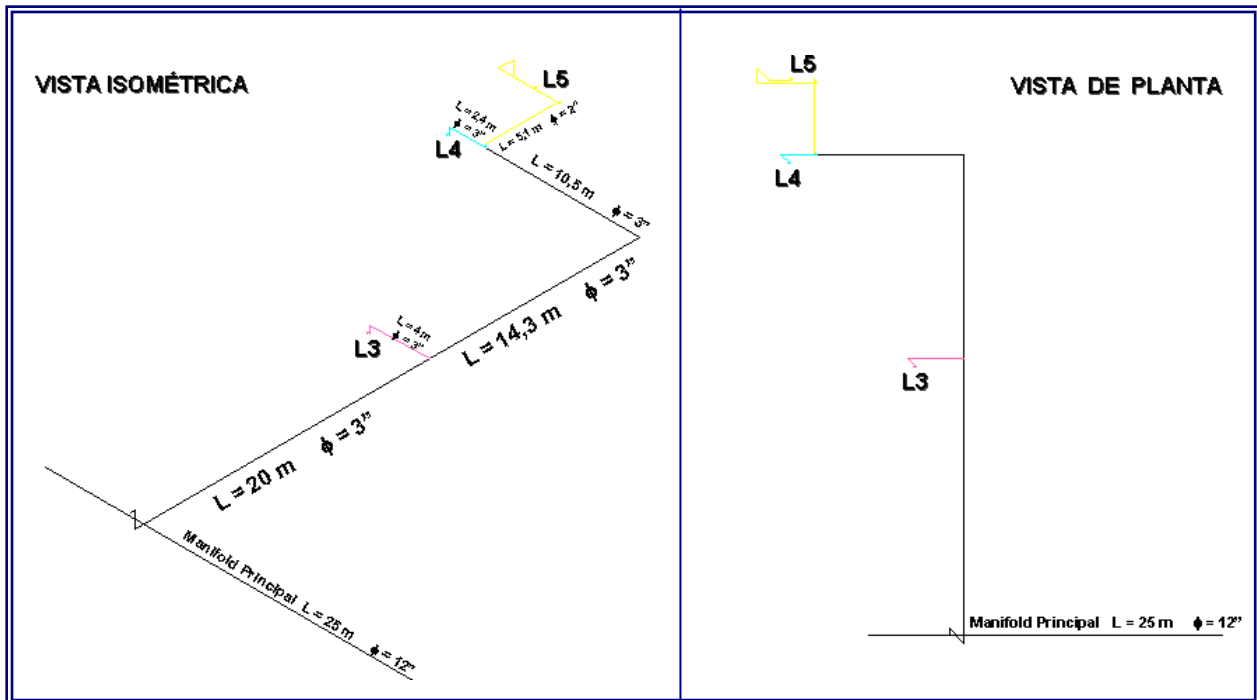
| Línea de producción | Corrida | Caudal de alimentación ( $Q_{aH_2O}$ )m <sup>3</sup> /s |          |
|---------------------|---------|---------------------------------------------------------|----------|
|                     |         | $X_i$                                                   | Media    |
| 3                   | 1       | 0,006455                                                | 0,006382 |
|                     |         | 0,006656                                                |          |
|                     |         | 0,006355                                                |          |
|                     |         | 0,006113                                                |          |
|                     |         | 0,006333                                                |          |
|                     | 2       | 0,006121                                                | 0,006526 |
|                     |         | 0,006273                                                |          |
|                     |         | 0,006682                                                |          |
|                     |         | 0,006574                                                |          |
|                     |         | 0,006979                                                |          |
|                     | 3       | 0,006455                                                | 0,005932 |
|                     |         | 0,006682                                                |          |
|                     |         | 0,006390                                                |          |
|                     |         | 0,006153                                                |          |
|                     |         | 0,006816                                                |          |



**TABLA 5.33 (cont.)**  
**CAUDALES DE ALIMENTACIÓN DE AGUA TERMINADO A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción | Corrida | Caudal de alimentación ( $Q_{aH_2O}$ ) m <sup>3</sup> /s |          |
|---------------------|---------|----------------------------------------------------------|----------|
|                     |         | $X_i$                                                    | Media    |
| 4                   | 1       | 0,002343                                                 | 0,001938 |
|                     |         | 0,002383                                                 |          |
|                     |         | 0,001907                                                 |          |
|                     |         | 0,001397                                                 |          |
|                     |         | 0,001661                                                 |          |
|                     | 2       | 0,002593                                                 | 0,002323 |
|                     |         | 0,002323                                                 |          |
|                     |         | 0,002399                                                 |          |
|                     |         | 0,001736                                                 |          |
|                     |         | 0,002566                                                 |          |
|                     | 3       | 0,003690                                                 | 0,003772 |
|                     |         | 0,003872                                                 |          |
|                     |         | 0,003646                                                 |          |
|                     |         | 0,003944                                                 |          |
|                     |         | 0,003707                                                 |          |

Se observa una diferencia del caudal de agua promedio en la línea 4 de 0,0036 m<sup>3</sup>/s menor al caudal de la línea 3 (0,0027 m<sup>3</sup>/s para la línea 4 y 0,0063 m<sup>3</sup>/s para la línea 3), presentando mayor variación del caudal de entrada (véase Tabla 5.33, corrida 1, 2 y 3 para las línea 3 y 4), debido a fallas y fluctuaciones en la red de alimentación; por consiguiente, se procedió a realizar el análisis del diseño de la red de tuberías, la cual se representa en la Figura 5.57.

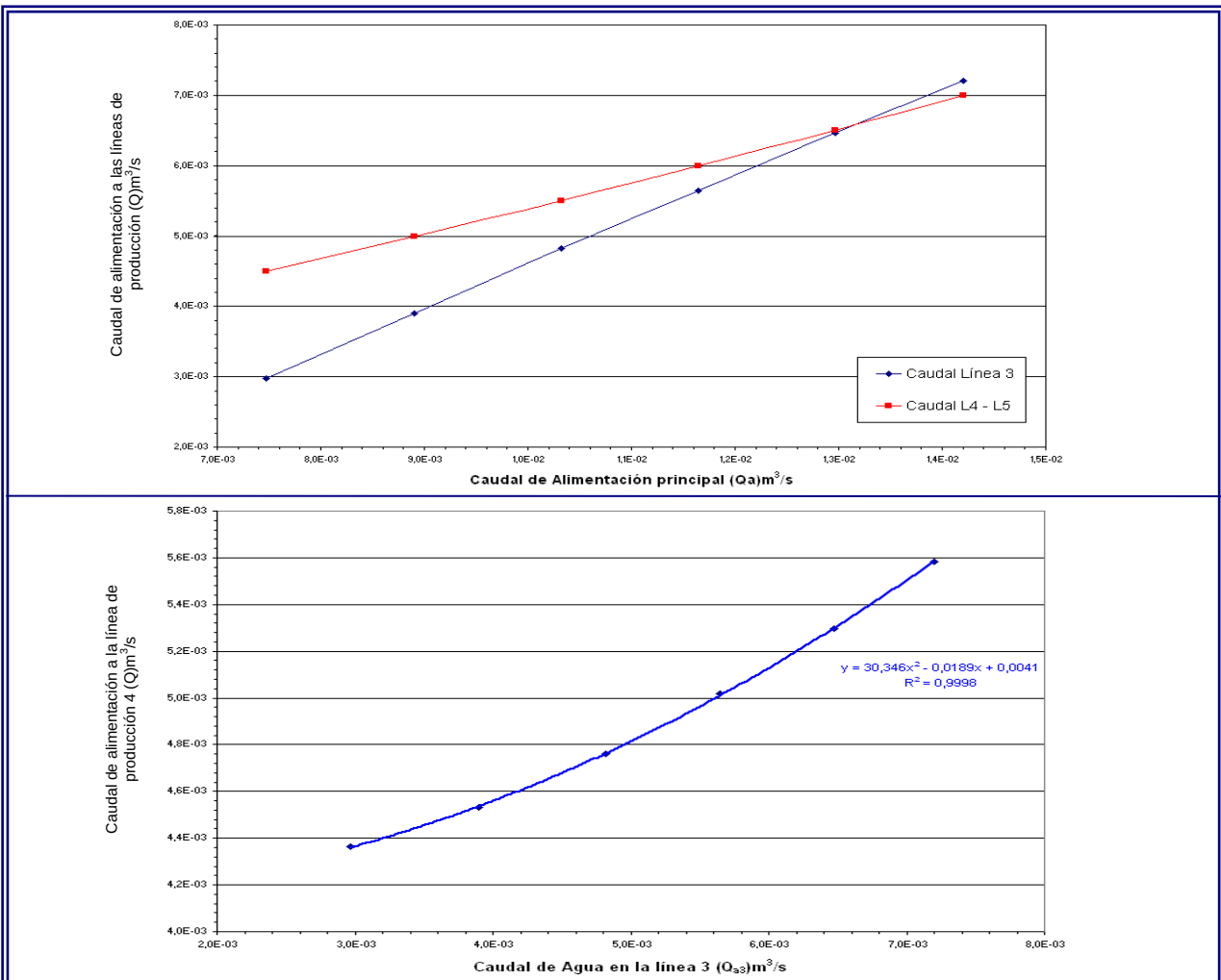


**Figura 5.57 Red de alimentación de agua a las líneas de producción 3, 4 y 5.**

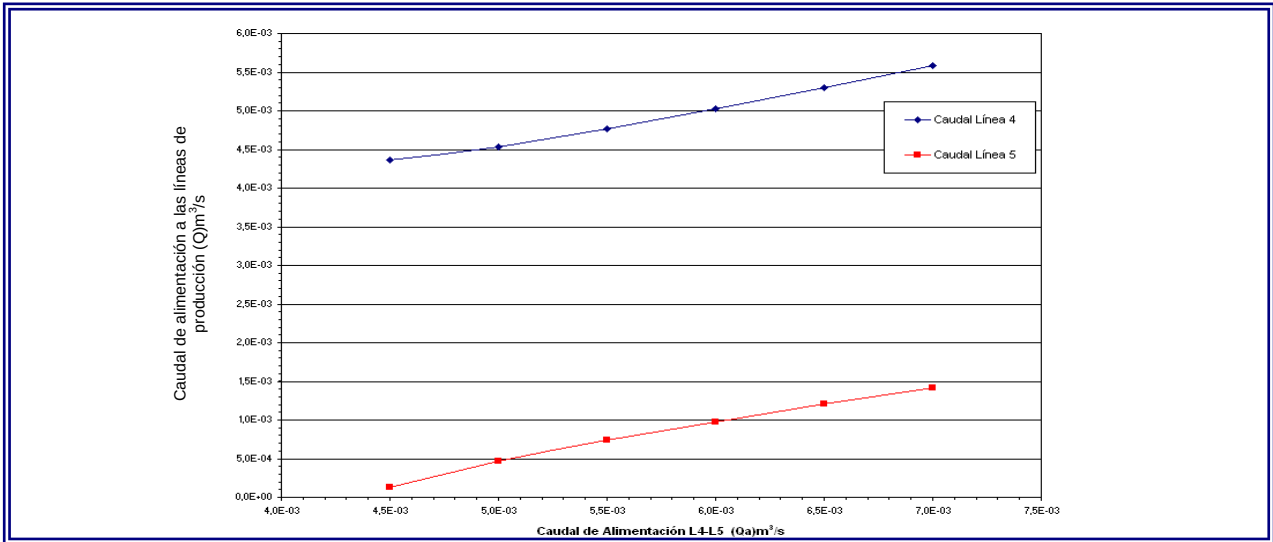
Se efectuó un procedimiento iterativo variando los caudales por tramo de alimentación a las líneas, determinando las presiones en los puntos de división en función a la distribución de accesorios, tramos de tuberías, cambios de diámetro y caídas de presión (véase cálculos típicos 10). Los resultados se presentan en la tabla 5.34 y Figura 5.47.

**TABLA 5.34**  
**VARIACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS DE AGUA TRATADA EN LAS LÍNEAS 3, 4 Y 5**

| Caudal de alimentación por diseño ( $Q_{ai}$ )m <sup>3</sup> /s |          |                    |          |          |
|-----------------------------------------------------------------|----------|--------------------|----------|----------|
| Alimentación principal                                          | Línea 3  | Alimentación L4-L5 | Línea 4  | Línea 5  |
| 0,014200                                                        | 0,007200 | 0,007000           | 0,005585 | 0,001415 |
| 0,012970                                                        | 0,006470 | 0,006500           | 0,005295 | 0,001205 |
| 0,011645                                                        | 0,005645 | 0,006000           | 0,005020 | 0,000980 |
| 0,010320                                                        | 0,004820 | 0,005500           | 0,004760 | 0,000740 |
| 0,008900                                                        | 0,003900 | 0,005000           | 0,004530 | 0,000470 |
| 0,007470                                                        | 0,002970 | 0,004500           | 0,004365 | 0,000135 |



**Figura 5.58 Variación de los caudales de alimentación de agua en la red de distribución a las líneas 3, 4 y 5**



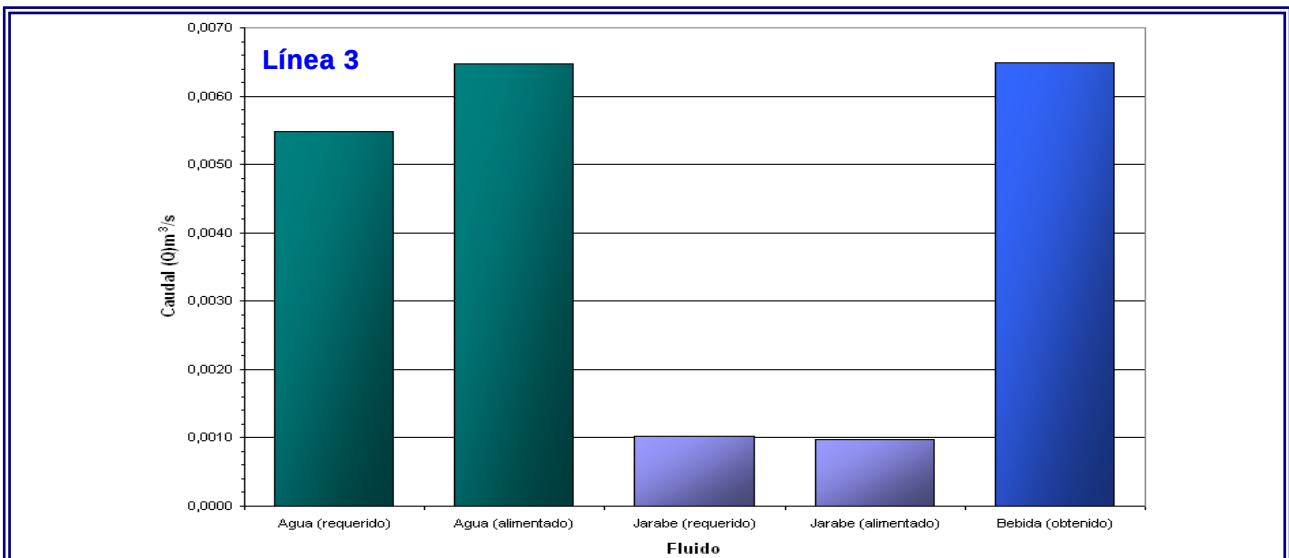
**Figura 5.58 Variación de los caudales de alimentación de agua en la red de distribución a las líneas 3, 4 y 5 (cont.)**

A partir de las estimaciones anteriores, se efectuó la comparación entre los caudales requeridos y los caudales alimentados, los cuales se presentan en la Tabla 5.35 y en las Figuras 5.59

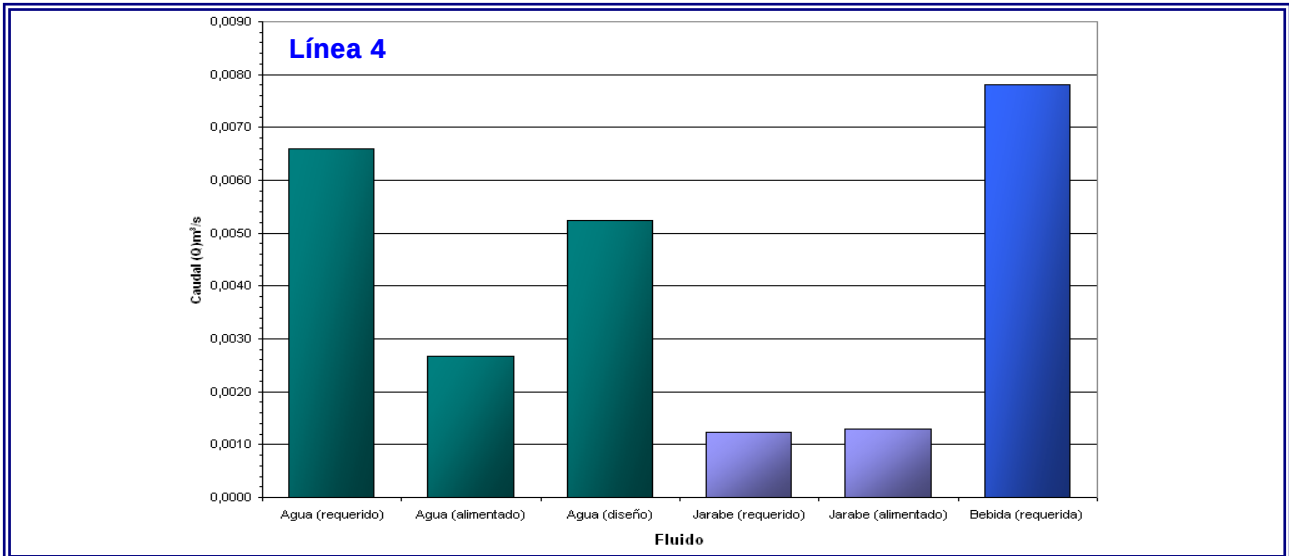
**TABLA 5.35**  
**COMPARACIÓN DE CAUDALES REQUERIDOS POR EL SISTEMA DE MEZCLA Y LOS CAUDALES DE ALIMENTACIÓN A LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea | Caudal requerido por el sistema de mezcla ( $Q_{mi}$ ) m³/s |                  |        | Caudales de alimentación al sistema ( $Q_{ai}$ ) m³/s |        |        |
|-------|-------------------------------------------------------------|------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|--------|
|       | Bebida                                                      | Jarabe terminado | Agua   | Jarabe terminado                                      | Agua   |        |
|       |                                                             |                  |        |                                                       | Medido | Diseño |
| 3     | 0,0064                                                      | 0,0010           | 0,0055 | 0,0010                                                | 0,0063 | (*)    |
| 4     | 0,0078                                                      | 0,0012           | 0,0066 | 0,0013                                                | 0,0027 | 0,0052 |

(\*): Caudal de agua de la línea 3 empleado como referencia



**Figura 5.59 Gráfico comparativo de los caudales requeridos por el sistema de mezcla y los caudales alimentados a la línea de producción 3 y 4**



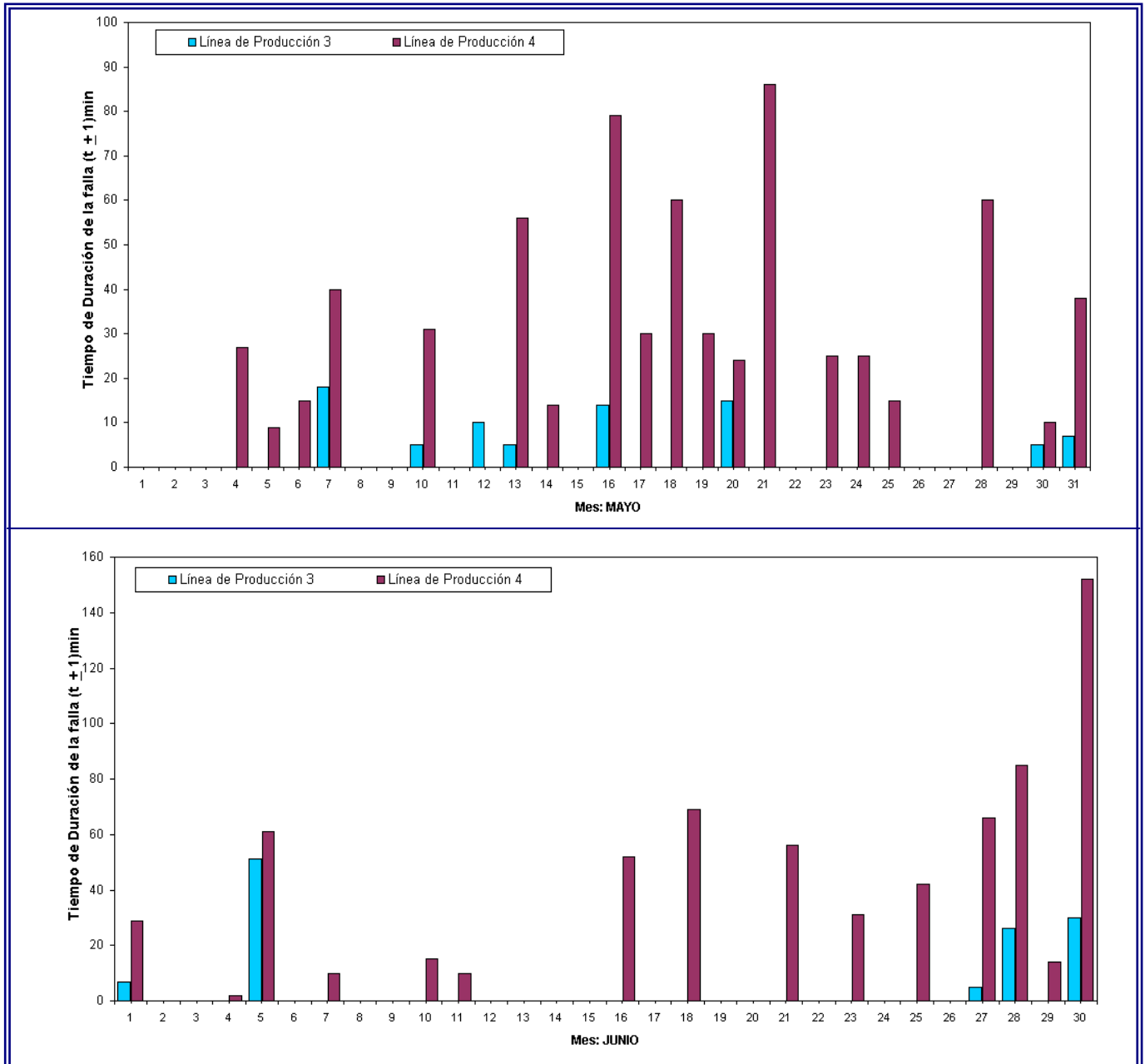
**Figura 5.59 Gráfico comparativo de los caudales requeridos por el sistema de mezcla y los caudales alimentados a la línea de producción 3 y 4 (cont.)**

Como se puede observar en los gráficos anteriores (véase Figura 5.59), la línea de producción 4 se ve afectada en la alimentación de agua debido al flujo ramificado del tramo principal hacia la línea 3, así como por la alimentación hacia la línea 5, incrementado por las pérdidas y caídas de presión en los tramos, lo cual reduce el caudal requerido. Otro factor determinante es el sobreflujo existente en la bomba de mezcla, la cual exige mayor cantidad durante sus períodos operativos. Al relacionar los flujos alimentados de jarabe en las líneas 3 y 4 (véase Tabla 5.35 y Figura 5.59), se observa que solo difiere el caudal medido en la línea 4 en  $0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$ ), y el valor obtenido en la línea 3 coincide en ambos casos, y esto se debe a que la red de distribución y alimentación de jarabe, opera según los requerimientos de la bomba de mezcla.

A fin de comprobar el efecto del sobreflujo de agua en la línea 4, se procedió a evaluar los datos históricos suministrados por el departamento de producción, en cuanto a frecuencia y duración de paradas no programadas, específicamente en la bomba de mezcla, obteniendo los resultados de la tabla 5.36 y Figuras 5.60 y 5.61.

**TABLA 5.36**  
**TIEMPO DE DURACIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS POR FALTA DE AGUA Y JARABE TERMINADO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea | Tiempo de duración de parada ( $t_{\text{pnp}} \pm 0,1$ )min |                  |       |                  |       |                  |        |                  |
|-------|--------------------------------------------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|--------|------------------|
|       | Mayo                                                         |                  | Junio |                  | Julio |                  | Agosto |                  |
|       | Agua                                                         | Jarabe terminado | Agua  | Jarabe terminado | Agua  | Jarabe terminado | Agua   | Jarabe terminado |
| 3     | 79,0                                                         | 67,0             | 119,0 | 11,0             | 53,0  | 8,0              | 130,0  | 81,0             |
| 4     | 674,0                                                        | 52,0             | 694,0 | 18,0             | 508,0 | 20,0             | 1192,0 | 96,0             |



**Figura 5.60 Comparación de tiempos muertos por deficiencia de caudal de alimentación de agua en las líneas de producción 3 y 4 (Mayo-Agosto)**

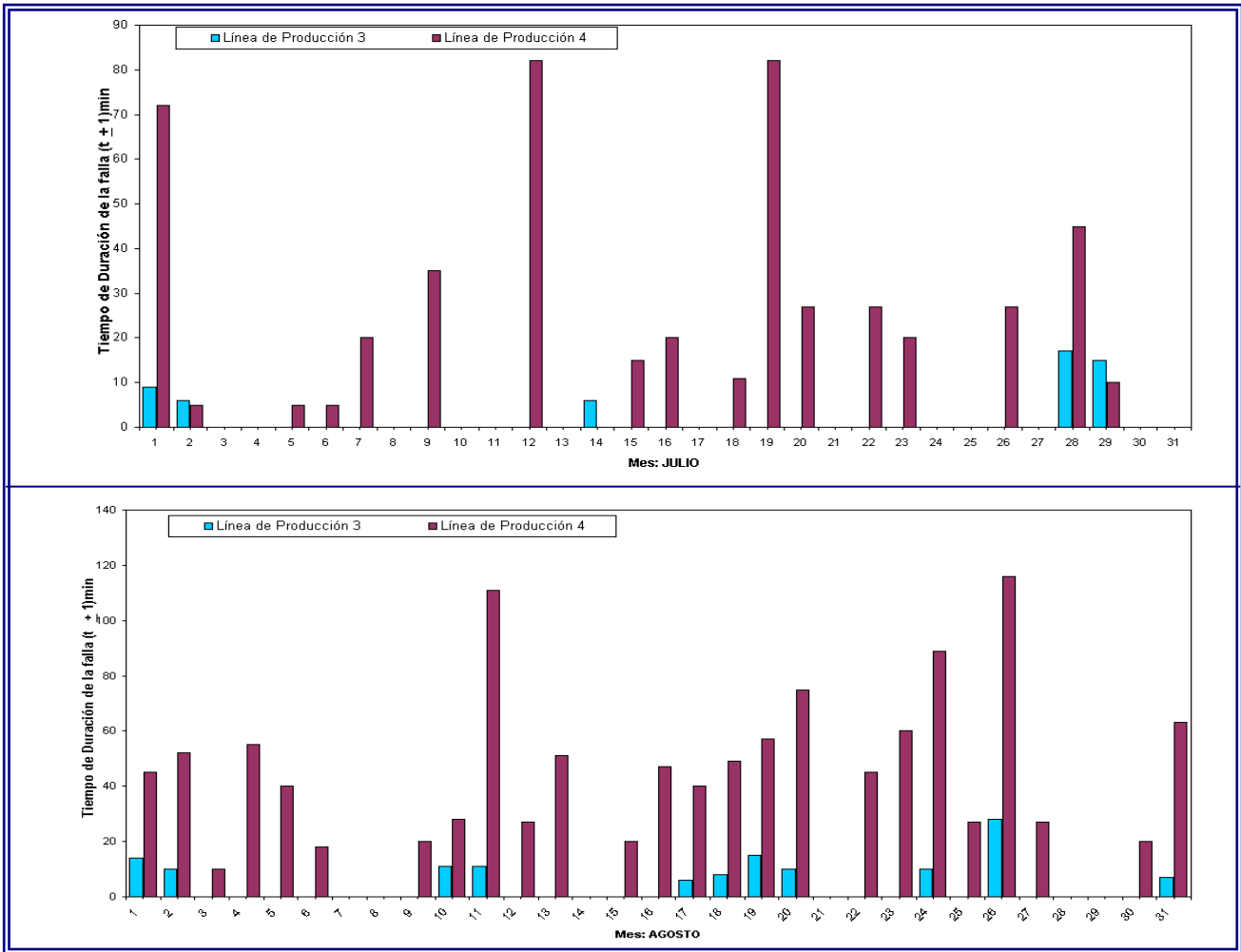


Figura 5.60 (cont.) Comparación de tiempos muertos por deficiencia de caudal de alimentación de agua en las líneas de producción 3 y 4 (Mayo-Agosto)

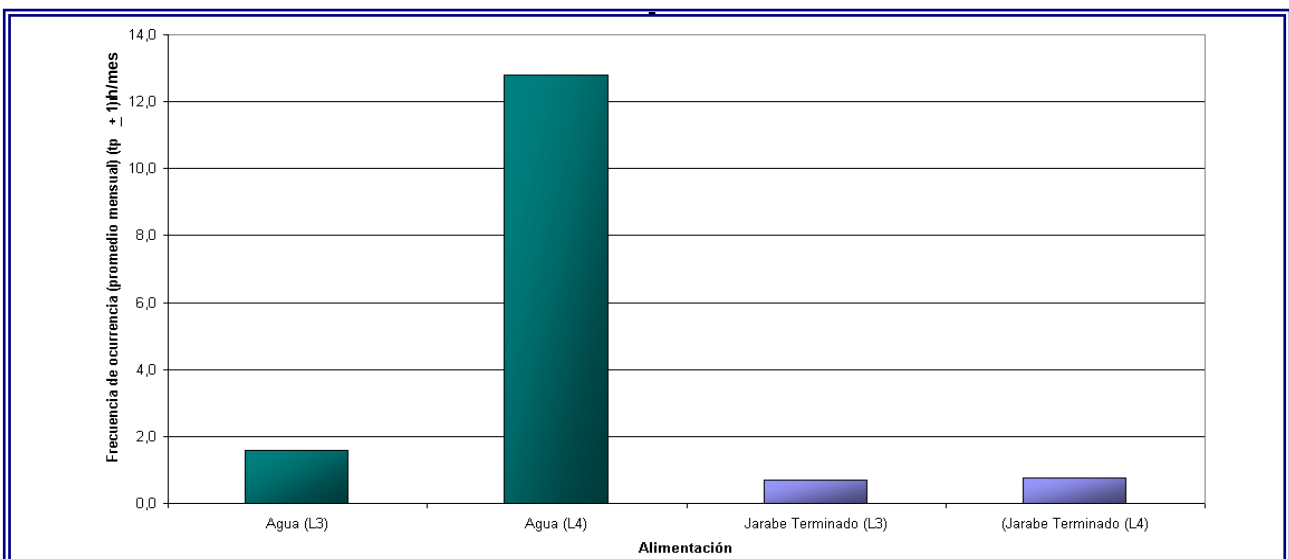


Figura 5.61 Comparación de tiempos muertos por deficiencia de caudal de alimentación de agua y jarabe terminado en las líneas de producción 3 y 4

Se determinó una frecuencia de tiempos por paradas no programadas de 51,1 horas (3068,0 minutos) debido a deficiencias del caudal de alimentación de agua en la línea 4, respecto a 6,4 horas (381,0 minutos) de promedio mensual en la línea 3. La frecuencia de ocurrencia por caudal de jarabe deficiente corresponde a 0,7 horas en la línea de producción 3 y 0,8 horas en la línea 4, por cada mes de producción.

Como puede observarse, el sobreflujo de la bomba de mezcla en la línea de producción 4 afecta la eficiencia del sistema de enfriamiento, los tiempos operativos y puede ocasionar generación de productos no conformes por mezclado incorrecto.

Seguidamente, se determinó el flujo de CO<sub>2</sub> requerido en el proceso de inyección llevado a cabo en el sistema carbonatador.

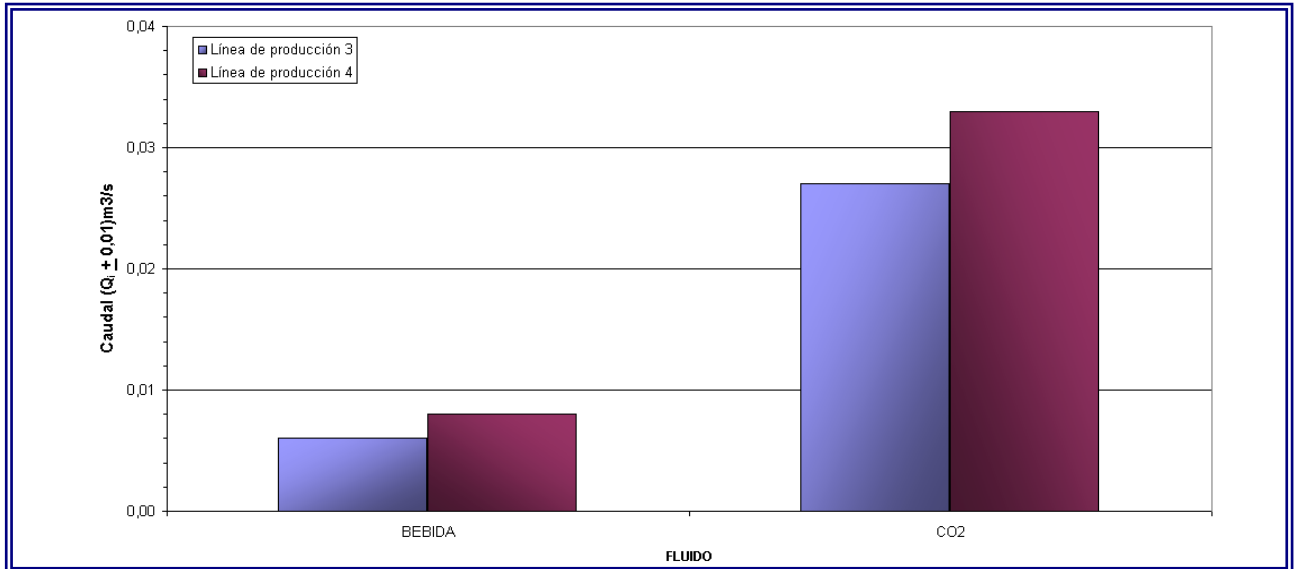
### **5.3.2 FLUJOS VOLUMÉTRICOS Y MÁSICOS DE CO<sub>2</sub> EN EL SISTEMA CARBONATADOR.**

El proceso de carbonatación se lleva a cabo por difusión del gas carbónico en la bebida; la fase líquida circula en contracorriente a la fase gaseosa, la cual se disuelve por efecto de alta presión y baja temperatura. Por consiguiente, se puede determinar el flujo de CO<sub>2</sub> requerido en el sistema, a partir del caudal circulante de bebida en la bomba de carbonatación y la relación volumétrica CO<sub>2</sub>/Agua deseada (véase apéndice C, cálculos típicos 7 y 8), obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 5.37 y Figura 5.62 y 5.63.

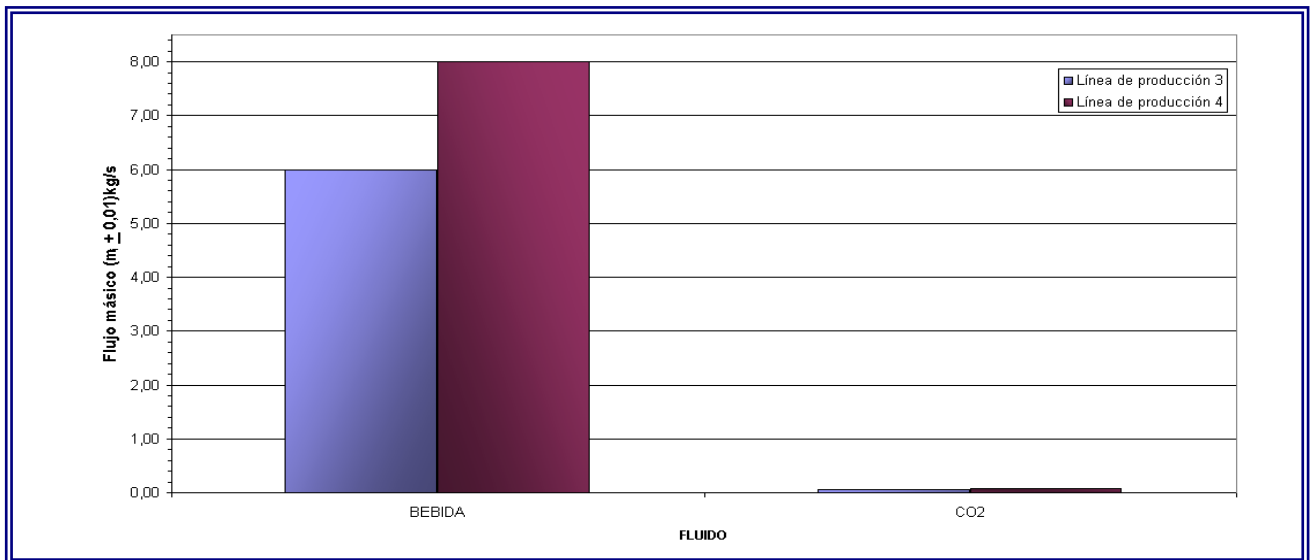
**TABLA 5.37**  
**ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE CO<sub>2</sub> REQUERIDO EN EL PROCESO DE INYECCIÓN EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción |            | Flujo de bebida en bomba de carbonatación      |                 | Carbonatación                 |                                    | Flujo de CO <sub>2</sub> requerido (*)           |                 |
|---------------------|------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
|                     |            | Volumétrico (Q <sub>c</sub> )m <sup>3</sup> /s | Másico (mc)kg/s | Volumen (V <sub>c</sub> )adim | Concentración (C <sub>c</sub> )g/L | Volumétrico (Q <sub>CO2</sub> )m <sup>3</sup> /s | Másico (mc)kg/s |
| 3                   | Media      | 0,0060                                         | 6,4120          | 4,3                           | 8,5                                | 0,0258                                           | 0,2193          |
|                     | Desv. Std. | 0,0002                                         | 0,2109          | 0,2                           | 0,4                                | 0,0009                                           | 0,0074          |
| 4                   | Media      | 0,0076                                         | 7,8550          | 4,4                           | 8,7                                | 0,0334                                           | 0,2909          |
|                     | Desv. Std. | 0,0008                                         | 0,8023          | 0,2                           | 0,4                                | 0,0034                                           | 0,0297          |

(\*): Condiciones estándar (1 atm – 0°C)



**Figura 5.52 Comparación de los flujos volumétricos de bebida y CO<sub>2</sub> en el sistema carbonatador de las líneas de producción 3 y 4**



**Figura 5.63 Comparación de los flujos másicos de bebida y CO<sub>2</sub> en el sistema carbonatador de las líneas de producción 3 y 4**

Como puede observarse, existe mayor flujo másico y volumétrico en el sistema de difusión de gas carbónico de la línea 4 respecto a la línea 3; el efecto de temperaturas, así como probablemente el diseño del difusor y las presiones de operación, hace necesario que sea contrarrestada por efectos de flujos al comparar los requerimientos de CO<sub>2</sub> a 115 bpm de 0,0261 m<sup>3</sup>/s (0,2275 kg/s), contra un flujo de gas carbónico en la línea 3 a 120 psig y 2,8°C, de 0,0258 m<sup>3</sup>/s (0,2193 kg/s; -3,6%), respecto a un flujo de CO<sub>2</sub> a 71 psig y 5,7°C en la línea 4 de 0,0334 m<sup>3</sup>/s (0,2903 kg/s;



+27,6%). A fin de obtener un parámetro de estabilización de la carbonatación en las líneas, se determinó el tiempo de residencia en el tanque carbonatador en función del volumen contenido y el caudal circulante de bebida. En base a la posición y altura del electrodo de control de nivel a 0,75 m sobre la base del tanque, equivalente a  $0,47 \text{ m}^3$ , se calculó el tiempo de residencia como la relación volumen de líquido en el tanque a caudal de circulación, obteniendo los resultados indicados en la Tabla 5.38.

**TABLA 5.38**  
**FLUJOS MÁSICOS Y VOLUMÉTRICOS Y TIEMPO DE RESIDENCIA DE LA BEBIDA**  
**EN EL SISTEMA DE CARBONATACIÓN EN LAS LÍNEA DE PRODUCCIÓN**  
**3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL**

| Línea de producción |            | Flujo másico ( $m_i$ )kg/s |                 |                    | Flujo volumétrico ( $Q_i$ )m <sup>3</sup> /s |                 |                    | Tiempo de residencia ( $T_r \pm 0,01$ )s |
|---------------------|------------|----------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------------------|
|                     |            | Bebida                     | CO <sub>2</sub> | Bebida Carbonatada | Bebida                                       | CO <sub>2</sub> | Bebida Carbonatada |                                          |
| 3                   | Media      | 6,4120                     | 0,2263          | 6,6383             | 0,0060                                       | 0,0259          | 0,0062             | 75,66                                    |
|                     | Desv. Std. | 0,2109                     | 0,0074          | 0,2183             | 0,0002                                       | 0,0266          | 0,0002             |                                          |
| 4                   | Media      | 7,8550                     | 0,2903          | 8,1453             | 0,0076                                       | 0,0365          | 0,00863            | 61,75                                    |
|                     | Desv. Std. | 0,8023                     | 0,0297          | 0,8320             | 0,0008                                       | 0,0034          | 0,0010             |                                          |

De forma análoga al sistema de mezcla, se observa en el sistema de carbonatación flujos superiores a los requeridos, obteniendo 4,3 % adicional en la línea de producción 3 (+0,00025 m<sup>3</sup>/s; +0,90 m<sup>3</sup>/h), y 27,9 % adicional en la línea 4 (+0,00166 m<sup>3</sup>/s, +5,97 m<sup>3</sup>/h), los cuales influyen directamente en el comportamiento exhibido por el parámetro de carbonatación y, en el rendimiento y consumo de CO<sub>2</sub>. De acuerdo a los valores obtenidos de los tiempos de residencia en el tanque (véase, Tabla 5.38), se obtuvo 1,26 minutos (1 minuto 16 segundos) de tiempo de contacto en la línea de producción 3 respecto a 1,03 minutos (1 minuto 2 segundos) en la línea 4, lo cual puede afectar en la transferencia de calor del medio a la bebida, incrementando su temperatura y por consiguiente, ocasionando mayor pérdida de carbonatación en dicha línea.

Otro factor determinante en el comportamiento de la carbonatación corresponde a la caída de presión entre el tanque carbonatador y el tanque de llenado en la línea de producción 3, de 12,33 psi respecto a 7,5 psi en la línea 4; adicionalmente el tramo de tubería entre los tanques mide 13,3 m en la línea 3 y 10,9 m en la línea 4, requiriendo mayores presiones de operación en la línea 3 para superar las pérdidas ocasionadas

por tramos tuberías. El caudal experimental entre ambos equipos no fue determinado debido a la inestabilidad del sistema y carencia de equipos de medición, por lo cual se realizó la comprobación del máximo flujo entre ambos tanques (véase apéndice C, cálculos típicos 11), obteniendo los resultados expresados en la tabla 5.39.

**TABLA 5.39**  
**ESTIMACIÓN DEL MÁXIMO FLUJO DE CIRCULACIÓN ENTRE EL TANQUE**  
**CARBONATADOR Y EL TANQUE DE LLENADO DE LAS LÍNEAS**  
**DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea de producción | Velocidad del fluido (v)m/s | Número de Reynolds (Re)adim | Factor de fricción de Darcy (fd)adim | Caudal máximo (Q <sub>c</sub> )m <sup>3</sup> /s |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 3                   | 4,2798                      | 33281,3658                  | 0,0324                               | 0,0273                                           |
| 4                   | 3,3588                      | 26118,9621                  | 0,0324                               | 0,0214                                           |

Densidad de la bebida:  $(1035 \pm 1)\text{kg/m}^3$

Viscosidad de la bebida:  $(0,0120 \pm 0,0001)\text{kg/(m.s)}$

Diámetro interno de la tubería: 0,0901 m

Rugosidad relativa: 0,00045 adim (\*)

(\*) Aproximación a acero inoxidable a partir de acero comercial

Se obtuvo un caudal de circulación de 0,0273 m<sup>3</sup>/s (98,28 m<sup>3</sup>/h) en la línea de producción 3 y 0,0214 m<sup>3</sup>/s (77,04 m<sup>3</sup>/h) en la línea de producción 4, lo cual permite comprobar que a las condiciones de operación entre el carbonatador y la llenadora, se obtienen los siguientes condiciones de operación:

- 1) Caudales de operación de 98,28 m<sup>3</sup>/h en la línea 3 y 77,04 m<sup>3</sup>/h en la línea 4
- 2) Pérdida de temperatura de 6°C en la línea 3 y 3°C en la línea 4
- 3) Caída de presión de 12,33 psi en la línea 3 y 7,5 psi en la línea 4
- 4) Volumen de carbonatación de 4,3 en la línea y a 4,4 e la línea 4
- 5) Índice de capacidad de procesos para el parámetro de carbonatación de 0,47 en la línea 3 respecto a 0,52 en la línea 4

Existen mayor cantidad de factores negativos que afectan la carbonatación en la línea 3 en relación a la línea 4.

Posteriormente, se procedió a cuantificar las pérdidas por purga de la llenadora y los drenajes efectuados durante las operaciones de control de parámetros de calidad del agua, los cuales constituyen las pérdidas inherentes al proceso productivo.

### 5.3.3 PÉRDIDAS POR PURGAS Y DRENAJES DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS.

Se determinaron las pérdidas ocasionadas por las purgas de las llenadoras durante el mes de noviembre, luego de realizarse las correcciones en el equipo de llenado en cuanto al contenido neto, obteniendo los resultados indicados en la Tabla 5.40

**TABLA 5.40**  
**ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE BEBIDA OCASIONADA POR PURGA DEL EQUIPO DE LLENADO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea | Frecuencia / duración | Caudal de purga de bebida<br>( $Q_{bp} \pm 0,000001$ )m <sup>3</sup> /s | Caudal de purga de jarabe<br>( $Q_{bp} \pm 0,0000001$ )m <sup>3</sup> /s | Caudal de purga de agua<br>( $Q_{bp} \pm 0,000001$ )m <sup>3</sup> /s |
|-------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 3     | Continua              | 0,000026                                                                | 0,0000041                                                                | 0,000022                                                              |
| 4     | Continua              | 0,000031                                                                | 0,0000049                                                                | 0,000026                                                              |

De acuerdo a los resultados anteriores se llevó a cabo la estimación, de las pérdidas por drenaje sobre una base mensual, considerando producción continua por turnos de 8 horas cada uno, y frecuencias de paradas programadas por saneamientos y mantenimientos de dos por semana y duración de 4 horas, obteniendo:

**TABLA 5.41**  
**ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS DRENADO EN LAS LLENADORAS 3 Y 4 DE BIG COLA 3100 mL POR MES DE PRODUCCIÓN**

| Línea de producción | Volumen drenado de bebida<br>( $v_{bd} \pm 2$ )m <sup>3</sup> | Volumen drenado de jarabe terminado<br>( $v_{bd} \pm 0,3$ )m <sup>3</sup> | Volumen drenado de agua<br>( $v_{bd} \pm 2$ )m <sup>3</sup> |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 3                   | 65                                                            | 10,2                                                                      | 54                                                          |
| 4                   | 77                                                            | 12,2                                                                      | 65                                                          |

Existe mayor pérdida en la purga de la llenadora 4 en relación a la línea 3, ocasionando una pérdida mensual de aproximadamente 77000 L al mes, respecto a 65000 L en la línea 3, y entre ambas equivalen aproximadamente a una pérdida en producción de 45806 botellas al mes, a nivel de costos y del impacto ocasionado por el efluente, este factor resulta contraproducente. No obstante, cabe destacar que dicha purga es un parámetro inherente al proceso productivo, y su reutilización y aprovechamiento se llevan a cabo en conjunto con el departamento de proyectos, específicamente en la ejecución del trabajo de grado ***“Estimación de las pérdidas***

**estándar de las siete líneas de producción de AJEVEN C.A.”**, por consiguiente, las propuestas referidas a este punto se encuentran fuera del alcance de esta investigación.

Posteriormente fueron estimadas las pérdidas producidas en la planta de tratamiento de agua durante las operaciones de estabilización y control de parámetros de calidad del agua, obteniendo los resultados representados en la Tabla 5.42.

**TABLA 5.42**  
**ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DURANTE LAS OPERACIONES DE CONTROL Y AJUSTES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA**

| Unidad                    | Causa de la purga                   | Frecuencia          | Tiempo promedio del drenado (t ± 1)min | Caudal promedio de la purga (Qda ± 0,005)m <sup>3</sup> /s |       |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|
| Tanque Reactor 1          | Parámetros físico-químicos del agua | Una vez por turno   | 5 – 10                                 | 0,009                                                      | 0,008 |
| Tanque Reactor 2          |                                     |                     |                                        | 0,006                                                      |       |
| Filtro de Arena           | Retrolavado                         | Un filtro por turno | 30                                     | 0,010                                                      | 0,011 |
| Filtro de Carbón Activado |                                     |                     |                                        | 0,012                                                      |       |

De acuerdo a la frecuencia establecida, se determinó la pérdida mensual ocasionada por las operaciones de control, obteniendo los siguientes resultados (véase Tabla 5.43):

**TABLA 5.43**  
**ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA DRENADO MENSUALMENTE EN LAS OPERACIONES DE AJUSTES DE PARÁMETROS EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

| Volumen drenado en tanques reactores (V <sub>dr</sub> ± 80)m <sup>3</sup> | Volumen drenado en baterías de filtros (V <sub>bf</sub> ± 700)m <sup>3</sup> | Volumen total drenado (V <sub>ad</sub> ± 800)m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 320                                                                       | 1500                                                                         | 1900                                                        |

Durante las operaciones de control de planta de agua se obtiene un valor 15 veces mayor al total drenado por ambas líneas en las llenadoras y 0,1 veces menor al consumido sólo por las líneas 3 y 4 a la velocidad promedio de producción.

Posteriormente, durante el mes de febrero del presente año se realizaron curvas de operación de los consumos de las líneas de producción 3 y 4 a fin de determinar la distribución de la producción total de 3100 mL, así como los consumos en proceso de las principales materias primas.

### 5.3.4 CONSUMOS EN PROCESO Y CURVAS DE OPERACIÓN:

En esta fase de la investigación se emplearon los datos del apéndice A (véase Tablas A.23 a A.24, y cálculos típicos 9), obteniendo los resultados de la Tabla 5.44.

**TABLA 5.44**  
**VARIACIÓN DEL CONTENIDO MÁSCICO DE CO<sub>2</sub> EN LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN PARA EL PRIMER DÍA DE EVALUACIÓN**

| Fecha      | Tiempo (t)min | Masa contenida en los tanques de alimentación<br>(mca ± 0,5)kg |           |           |           |         | Flujo Máscico<br>(m <sub>CO<sub>2</sub></sub> ± 400)<br>kg/h (*) |
|------------|---------------|----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|------------------------------------------------------------------|
|            |               | BOC                                                            | PRAXAIR 1 | PRAXAIR 2 | PRAXAIR 3 | TOTAL   |                                                                  |
| 21/02/2006 | 0             | 26591,0                                                        | 10000,0   | 0,0       | 12101,0   | 48692,0 | -----                                                            |
|            | 60            | 26136,5                                                        | 10000,0   | 0,0       | 12101,0   | 48237,5 | 500                                                              |
|            | 120           | 26136,5                                                        | 10000,0   | 0,0       | 10605,0   | 46741,5 | 1500                                                             |
|            | 180           | 25909,0                                                        | 9550,0    | 541,0     | 9627,0    | 45627,0 | 1100                                                             |
|            | 240           | 25909,0                                                        | 9550,0    | 369,0     | 7772,0    | 43600,0 | 2000                                                             |
|            | 295           | 25682,0                                                        | 9550,0    | 1276,0    | 5126,0    | 41634,0 | 2100                                                             |
|            | 355           | 25455,0                                                        | 9550,0    | 1857,0    | 3570,0    | 40432,0 | 1200                                                             |
| 22/02/2006 | 0             | 23863,0                                                        | 9550,0    | 27353,0   | 4718,0    | 65484,0 | -----                                                            |
|            | 70            | 23636,0                                                        | 9550,0    | 26912,0   | 3570,0    | 63668,0 | 1500                                                             |
|            | 140           | 23636,0                                                        | 10000,0   | 26470,0   | 2841,0    | 62947,0 | 600                                                              |
|            | 185           | 23409,0                                                        | 9750,0    | 26470,0   | 2503,0    | 62132,0 | 1100                                                             |
|            | 240           | 23409,0                                                        | 9750,0    | 25996,0   | 1857,0    | 61012,0 | 1200                                                             |
|            | 295           | 23409,0                                                        | 9750,0    | 25996,0   | 1276,0    | 60431,0 | 600                                                              |
|            | 355           | 23409,0                                                        | 9750,0    | 25523,0   | 1003,0    | 59685,0 | 700                                                              |
| 23/02/2006 | 0             | 22727,0                                                        | 9550,0    | 15093,0   | 25,0      | 47395,0 | -----                                                            |
|            | 60            | 22727,0                                                        | 9550,0    | 14603,0   | 25,0      | 46905,0 | 500                                                              |
|            | 120           | 22727,0                                                        | 9550,0    | 13624,0   | 25,0      | 45926,0 | 1000                                                             |
|            | 195           | 22727,0                                                        | 9550,0    | 13113,0   | 25,0      | 45415,0 | 400                                                              |
|            | 235           | 22727,0                                                        | 9550,0    | 12604,0   | 25,0      | 44906,0 | 800                                                              |
|            | 300           | 22727,0                                                        | 9550,0    | 11598,0   | 25,0      | 43900,0 | 900                                                              |
|            | 365           | 22273,0                                                        | 9550,0    | 11101,0   | 25,0      | 42949,0 | 900                                                              |
| 26/02/2006 | 420           | 22273,0                                                        | 9350,0    | 10116,0   | 25,0      | 41764,0 | 1300                                                             |
|            | 0             | 20909,0                                                        | 10400,0   | 19217,0   | 3941,0    | 54467,0 | -----                                                            |
|            | 65            | 20909,0                                                        | 10400,0   | 18726,0   | 3205,0    | 53240,0 | 1100                                                             |
|            | 165           | 20682,0                                                        | 10200,0   | 17697,0   | 2841,0    | 51420,0 | 1100                                                             |
|            | 250           | 20682,0                                                        | 10200,0   | 17181,0   | 2165,0    | 50228,0 | 800                                                              |
|            | 305           | 20682,0                                                        | 10200,0   | 16665,0   | 1857,0    | 49404,0 | 900                                                              |
|            | 360           | 20682,0                                                        | 10200,0   | 16129,0   | 1549,0    | 48560,0 | 900                                                              |
| 26/02/2006 | 0             | 20682,0                                                        | 10200,0   | 16129,0   | 1276,0    | 48287,0 | -----                                                            |
|            | 60            | 20455,0                                                        | 10200,0   | 15594,0   | 1003,0    | 47252,0 | 1035                                                             |
|            | 130           | 20455,0                                                        | 10200,0   | 15093,0   | 1003,0    | 46751,0 | 429                                                              |
|            | 235           | 20455,0                                                        | 10200,0   | 14603,0   | 541,0     | 45799,0 | 544                                                              |
|            | 350           | 20455,0                                                        | 10200,0   | 13113,0   | 197,0     | 43965,0 | 957                                                              |
|            | 420           | 20455,0                                                        | 10200,0   | 12604,0   | 197,0     | 43456,0 | 436                                                              |

(\*): error equivalente a la desviación estándar del flujo máscico

La Tabla anterior permite observar la variación por hora de las alimentaciones de gas carbónico a las líneas de producción, y fueron evaluadas secuencialmente con la producción por hora de las líneas, obteniendo los resultados de la tabla 5.45.

**TABLA 5.45**  
**INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DURANTE EL PERÍODO DE EVALUACIÓN**

| Fecha      | Línea | Tiempo (t)min | Botellas producidas | Cantidad de bebida producida |                   | Caudal de bebida (Qb ± 0,001)m³/s | Velocidad promedio de línea (vp)bpm |
|------------|-------|---------------|---------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|            |       |               |                     | Volumen (Vb + 0,3)L          | Masa (mb + 0,3)kg |                                   |                                     |
| 21/02/2006 | 3     | 5             | 10044               | 31136,4                      | 32248,0           | -----                             | 87                                  |
|            |       | 65            | 15768               | 48880,8                      | 50625,8           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 115           | 20628               | 63946,8                      | 66229,7           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 185           | 27648               | 85708,8                      | 88768,6           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 245           | 33480               | 103788,0                     | 107493,2          | 0,005                             |                                     |
|            |       | 300           | 36720               | 113832,0                     | 117895,8          | 0,003                             |                                     |
|            |       | 360           | 41256               | 127893,6                     | 132459,4          | 0,004                             |                                     |
|            | 4     | 5             | 9612                | 29797,2                      | 30861,0           | -----                             | 63                                  |
|            |       | 65            | 15444               | 47876,4                      | 49585,6           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 115           | 19440               | 60264,0                      | 62415,4           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 185           | 24192               | 74995,2                      | 77672,5           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 245           | 26460               | 82026,0                      | 84954,3           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 300           | 29808               | 92404,8                      | 95703,7           | 0,003                             |                                     |
|            |       | 360           | 31860               | 98766,0                      | 102291,9          | 0,002                             |                                     |
|            | 5     | 5             | 12096               | 6048,0                       | 6263,9            | -----                             | 205                                 |
|            |       | 65            | 22176               | 11088,0                      | 11483,8           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 115           | 31248               | 15624,0                      | 16181,8           | 0,001                             |                                     |
|            |       | 185           | 42672               | 21336,0                      | 22097,7           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 245           | 56448               | 28224,0                      | 29231,6           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 300           | 68208               | 34104,0                      | 35321,5           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 360           | 82320               | 41160,0                      | 42629,4           | 0,002                             |                                     |
| 22/02/2006 | 3     | 5             | 7992                | 24775,2                      | 25659,7           | -----                             | 93                                  |
|            |       | 75            | 14904               | 46202,4                      | 47851,8           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 125           | 19440               | 60264,0                      | 62415,4           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 190           | 25272               | 78343,2                      | 81140,1           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 245           | 30240               | 93744,0                      | 97090,7           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 300           | 35424               | 109814,4                     | 113734,8          | 0,005                             |                                     |
|            |       | 360           | 41364               | 128228,4                     | 132806,2          | 0,005                             |                                     |
|            | 4     | 5             | 7668                | 23770,8                      | 24619,4           | -----                             | 66                                  |
|            |       | 75            | 12312               | 38167,2                      | 39529,8           | 0,003                             |                                     |
|            |       | 125           | 12528               | 38836,8                      | 40223,3           | 0,000                             |                                     |
|            |       | 190           | 17712               | 54907,2                      | 56867,4           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 245           | 21168               | 65620,8                      | 67963,5           | 0,003                             |                                     |
|            |       | 300           | 25704               | 79682,4                      | 82527,1           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 360           | 31752               | 98431,2                      | 101945,2          | 0,005                             |                                     |
|            | 5     | 5             | 14448               | 7224,0                       | 7481,9            | -----                             | 204                                 |
|            |       | 75            | 26208               | 13104,0                      | 13571,8           | 0,001                             |                                     |
|            |       | 125           | 32256               | 16128,0                      | 16703,8           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 190           | 48048               | 24024,0                      | 24881,7           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 245           | 60480               | 30240,0                      | 31319,6           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 300           | 71232               | 35616,0                      | 36887,5           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 360           | 85344               | 42672,0                      | 44195,4           | 0,003                             |                                     |
| 23/02/2006 | 3     | 5             | 4536                | 14061,6                      | 14563,6           | -----                             | 87                                  |
|            |       | 65            | 8856                | 27453,6                      | 28433,7           | 0,0037                            |                                     |
|            |       | 125           | 13608               | 42184,8                      | 43690,8           | 0,0041                            |                                     |
|            |       | 185           | 19224               | 59594,4                      | 61721,9           | 0,0048                            |                                     |
|            |       | 240           | 24192               | 74995,2                      | 77672,5           | 0,0047                            |                                     |
|            |       | 305           | 29376               | 91065,6                      | 94316,6           | 0,0041                            |                                     |
|            |       | 370           | 35856               | 111153,6                     | 115121,8          | 0,0052                            |                                     |
|            |       | 430           | 41688               | 129232,8                     | 133846,4          | 0,0050                            |                                     |
|            | 4     | 5             | 2376                | 7365,6                       | 7628,6            | -----                             | 63                                  |
|            |       | 65            | 2808                | 8704,8                       | 9015,6            | 0,0004                            |                                     |
|            |       | 125           | 6696                | 20757,6                      | 21498,6           | 0,0033                            |                                     |
|            |       | 185           | 9504                | 29462,4                      | 30514,2           | 0,0024                            |                                     |
|            |       | 240           | 11664               | 36158,4                      | 37449,3           | 0,0020                            |                                     |
|            |       | 305           | 15768               | 48880,8                      | 50625,8           | 0,0033                            |                                     |
|            |       | 370           | 21168               | 65620,8                      | 67963,5           | 0,0043                            |                                     |
|            |       | 430           | 26136               | 81021,6                      | 83914,1           | 0,0043                            |                                     |
|            | 5     | 5             | 9744                | 4872,0                       | 5045,9            | -----                             | 204                                 |
|            |       | 65            | 18144               | 9072,0                       | 9395,9            | 0,0020                            |                                     |
|            |       | 125           | 32256               | 16128,0                      | 16703,8           | 0,0017                            |                                     |
|            |       | 185           | 44688               | 22344,0                      | 23141,7           | 0,0017                            |                                     |
|            |       | 240           | 55776               | 27888,0                      | 28883,6           | 0,0014                            |                                     |
|            |       | 305           | 66864               | 33432,0                      | 34625,5           | 0,0015                            |                                     |
|            |       | 370           | 78624               | 39312,0                      | 40715,4           | 0,0019                            |                                     |
|            |       | 430           | 92400               | 46200,0                      | 47849,3           | 0,0034                            |                                     |

**TABLA 5.45 (cont.)**  
**INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DURANTE EL PERÍODO DE EVALUACIÓN**

| Fecha      | Línea | Tiempo (t)min | Botellas producidas | Cantidad de bebida producida |                   | Caudal de bebida (Qb ± 0,001)m³/s | Velocidad promedio de línea (vp)bpm |
|------------|-------|---------------|---------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|            |       |               |                     | Volumen (Vb ± 0,3)L          | Masa (mb ± 0,3)kg |                                   |                                     |
| 26/02/2006 | 3     | 5             | 11016               | 34149,6                      | 35368,7           | -----                             | 90                                  |
|            |       | 70            | 17712               | 54907,2                      | 56867,4           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 160           | 27432               | 85039,2                      | 88075,1           | 0,006                             |                                     |
|            |       | 255           | 35100               | 108810,0                     | 112694,5          | 0,004                             |                                     |
|            |       | 310           | 39096               | 121197,6                     | 125524,4          | 0,004                             |                                     |
|            |       | 365           | 43848               | 135928,8                     | 140781,5          | 0,004                             |                                     |
|            | 4     | 5             | 9396                | 29127,6                      | 30167,5           | -----                             | 85                                  |
|            |       | 70            | 13392               | 41515,2                      | 42997,3           | 0,003                             |                                     |
|            |       | 160           | 22464               | 69638,4                      | 72124,5           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 255           | 29592               | 91735,2                      | 95010,1           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 310           | 35208               | 109144,8                     | 113041,3          | 0,005                             |                                     |
|            |       | 365           | 39960               | 123876,0                     | 128298,4          | 0,004                             |                                     |
|            | 5     | 5             | 5712                | 2856,0                       | 2958,0            | -----                             | 127                                 |
|            |       | 70            | 9072                | 4536,0                       | 4697,9            | 0,000                             |                                     |
|            |       | 160           | 20832               | 10416,0                      | 10787,9           | 0,001                             |                                     |
|            |       | 255           | 25872               | 12936,0                      | 13397,8           | 0,000                             |                                     |
|            |       | 310           | 36624               | 18312,0                      | 18965,7           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 365           | 43680               | 21840,0                      | 22619,7           | 0,001                             |                                     |
| 27/02/2006 | 3     | 5             | 5184                | 16070,4                      | 16644,1           | -----                             | 73                                  |
|            |       | 70            | 7992                | 24775,2                      | 25659,7           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 135           | 11448               | 35488,8                      | 36755,8           | 0,003                             |                                     |
|            |       | 240           | 21168               | 65620,8                      | 67963,5           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 355           | 30240               | 93744,0                      | 97090,7           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 425           | 34992               | 108475,2                     | 112347,8          | 0,004                             |                                     |
|            | 4     | 5             | 4212                | 13057,2                      | 13523,3           | -----                             | 71                                  |
|            |       | 70            | 10368               | 32140,8                      | 33288,2           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 135           | 16848               | 52228,8                      | 54093,4           | 0,005                             |                                     |
|            |       | 240           | 24192               | 74995,2                      | 77672,5           | 0,004                             |                                     |
|            |       | 355           | 31320               | 97092,0                      | 100558,2          | 0,003                             |                                     |
|            |       | 425           | 34992               | 108475,2                     | 112347,8          | 0,003                             |                                     |
|            | 5     | 5             | 11088               | 5544,0                       | 5741,9            | -----                             | 144                                 |
|            |       | 70            | 11088               | 5544,0                       | 5741,9            | 0,001                             |                                     |
|            |       | 135           | 19488               | 9744,0                       | 10091,9           | 0,001                             |                                     |
|            |       | 240           | 29232               | 14616,0                      | 15137,8           | 0,002                             |                                     |
|            |       | 355           | 54096               | 27048,0                      | 28013,6           | 0,001                             |                                     |
|            |       | 425           | 63840               | 31920,0                      | 33059,5           | 0,002                             |                                     |

Como se puede observar en la Tabla 5.45, la línea de producción 3 presenta el mayor volumen de producción en comparación a la línea 4 y 5, respecto a la cantidad de botellas producidas al final del período de cada evaluación; la velocidad de producción promedio de la línea 3 es 22% menor a la establecida (110 bpm), presentando un valor promedio de 85,8 bpm. La línea 4 presentó una velocidad promedio de producción de 70,4 bpm, equivalente a 36 % inferior a la exigida. A fin de obtener los rendimientos en operaciones normales, se llevó a cabo la determinación de los consumos en flujos máxicos, a partir de la frecuencia de las purgas y drenados, los cuales se indican en la tabla 5.46 y en la Figura 5.64.

**TABLA 5.46**  
**ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS MÁSCOS EN PROCESO DE ALIMENTACIÓN,**  
**CONSUMO Y PÉRDIDAS**

| Fecha           | FLUJOS MÁSCOS DE BEBIDA ( $m_B$ )kg/s |               |               |               |                |                       |
|-----------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|
|                 | Consumos                              |               |               | Pérdidas      | Alimentado     | Rendimiento (%Rend.)% |
|                 | L3                                    | L4            | L5            |               |                |                       |
| 21/02/2006      | 4,6785                                | 3,3701        | 1,7693        | 0,7533        | 10,5712        | (*)                   |
| 22/02/2006      | 4,9658                                | 3,5339        | 1,7607        | 0,7533        | 11,0137        | (*)                   |
| 23/02/2006      | 4,6769                                | 3,3878        | 1,7607        | 0,7533        | 10,5787        | (*)                   |
| 26/02/2006      | 4,8246                                | 4,5570        | 1,0961        | 0,7533        | 11,2310        | (*)                   |
| 27/02/2006      | 3,9133                                | 3,8004        | 1,2428        | 0,7533        | 9,7098         | (*)                   |
| <b>Promedio</b> | <b>4,6118</b>                         | <b>3,7298</b> | <b>1,5259</b> | <b>0,7533</b> | <b>10,6209</b> | (*)                   |

| Fecha           | FLUJOS MÁSCOS DE AGUA ( $m_a$ )kg/s (*) |               |               |               |               |                       |
|-----------------|-----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
|                 | Consumos                                |               |               | Pérdidas      | Alimentado    | Rendimiento (%Rend.)% |
|                 | L3                                      | L4            | L5            |               |               |                       |
| 21/02/2006      | 3,8009                                  | 2,7380        | 1,4374        | 0,7422        | 8,7185        | 91,4869               |
| 22/02/2006      | 4,0343                                  | 2,8710        | 1,4304        | 0,7422        | 9,0780        | 91,8240               |
| 23/02/2006      | 3,7996                                  | 2,7523        | 1,4304        | 0,7422        | 8,7245        | 91,4927               |
| 26/02/2006      | 3,9196                                  | 3,7022        | 0,8905        | 0,7422        | 9,2545        | 91,9799               |
| 27/02/2006      | 3,1792                                  | 3,0875        | 1,0097        | 0,7422        | 8,0186        | 90,7438               |
| <b>Promedio</b> | <b>3,7467</b>                           | <b>3,0302</b> | <b>1,2397</b> | <b>0,7422</b> | <b>8,7588</b> | <b>91,5055</b>        |

| Fecha           | FLUJOS MÁSCOS DE JARABE TERMINADO ( $m_{JT}$ )kg/s (**) |               |               |               |               |                       |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
|                 | Consumos                                                |               |               | Pérdidas      | Alimentado    | Rendimiento (%Rend.)% |
|                 | L3                                                      | L4            | L5            |               |               |                       |
| 21/02/2006      | 0,8776                                                  | 0,6322        | 0,3319        | 0,0111        | 1,8527        | 99,4015               |
| 22/02/2006      | 0,9315                                                  | 0,6629        | 0,3303        | 0,0111        | 1,9357        | 99,4272               |
| 23/02/2006      | 0,8773                                                  | 0,6355        | 0,3303        | 0,0111        | 1,8541        | 99,4020               |
| 26/02/2006      | 0,9050                                                  | 0,8548        | 0,2056        | 0,0111        | 1,9765        | 99,4390               |
| 27/02/2006      | 0,7341                                                  | 0,7129        | 0,2331        | 0,0111        | 1,6911        | 99,3443               |
| <b>Promedio</b> | <b>0,8651</b>                                           | <b>0,6996</b> | <b>0,2862</b> | <b>0,0111</b> | <b>1,8620</b> | <b>99,4028</b>        |

| Fecha           | FLUJOS MÁSCOS DE AZÚCAR ( $m_{SAC}$ )kg/s (*) |               |               |               |               |                       |
|-----------------|-----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
|                 | Consumos                                      |               |               | Pérdidas      | Alimentado    | Rendimiento (%Rend.)% |
|                 | L3                                            | L4            | L5            |               |               |                       |
| 21/02/2006      | 0,4441                                        | 0,3199        | 0,1679        | 0,0056        | 0,9375        | 99,4015               |
| 22/02/2006      | 0,4713                                        | 0,3354        | 0,1671        | 0,0056        | 0,9795        | 99,4272               |
| 23/02/2006      | 0,4439                                        | 0,3216        | 0,1671        | 0,0056        | 0,9382        | 99,4020               |
| 26/02/2006      | 0,4579                                        | 0,4325        | 0,1040        | 0,0056        | 1,0001        | 99,4390               |
| 27/02/2006      | 0,3714                                        | 0,3607        | 0,1180        | 0,0056        | 0,8557        | 99,3443               |
| <b>Promedio</b> | <b>0,4377</b>                                 | <b>0,3540</b> | <b>0,1448</b> | <b>0,0056</b> | <b>0,9422</b> | <b>99,4028</b>        |

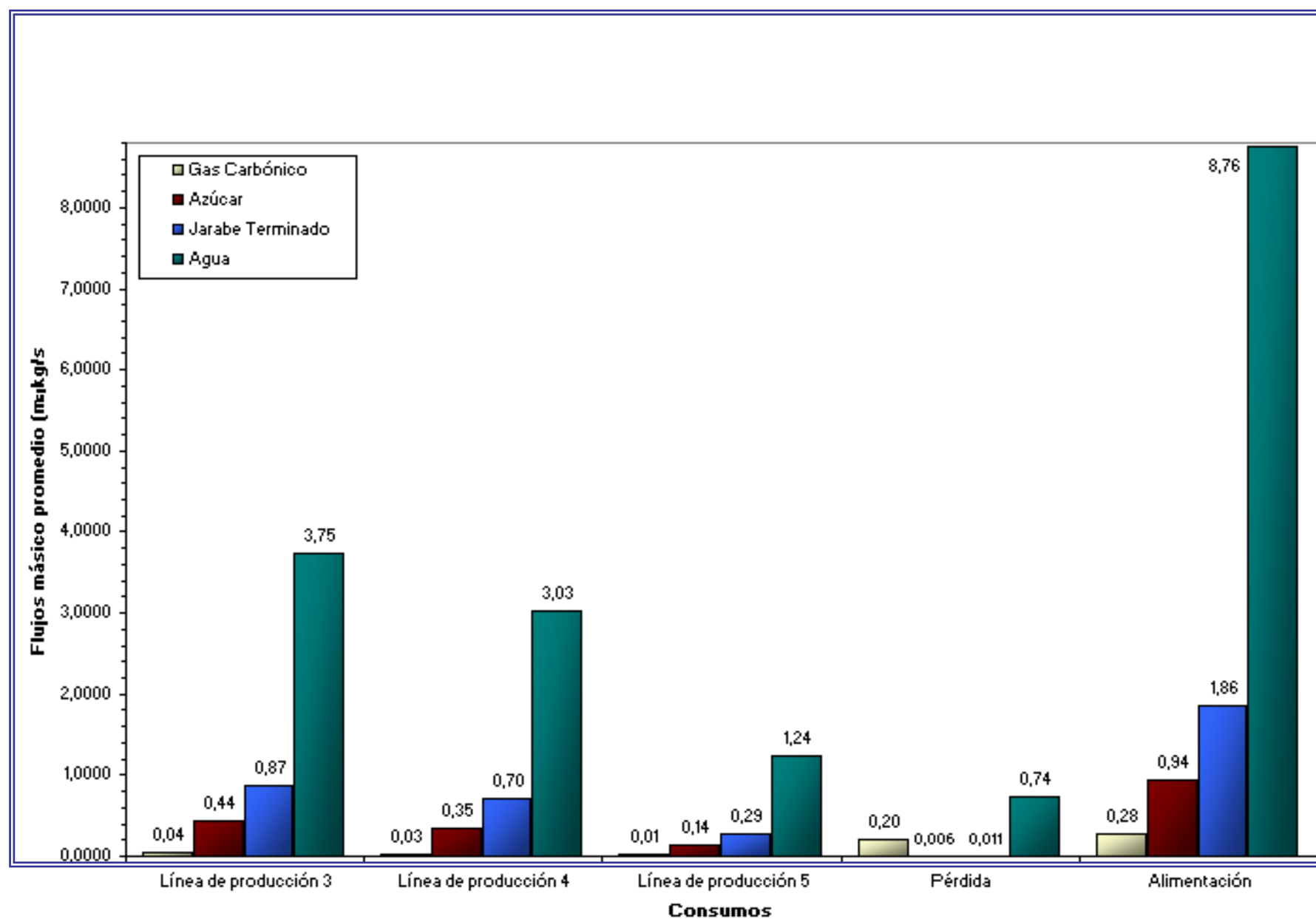
  

| Fecha           | FLUJOS MÁSCOS DE CO <sub>2</sub> ( $m_{CO2}$ )kg/s |               |               |               |               |                       |
|-----------------|----------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
|                 | Consumos                                           |               |               | Pérdidas      | Alimentado    | Rendimiento (%Rend.)% |
|                 | L3                                                 | L4            | L5            |               |               |                       |
| 21/02/2006      | 0,0396                                             | 0,0282        | 0,0144        | 0,3056        | 0,3878        | 21,1965               |
| 22/02/2006      | 0,0423                                             | 0,0305        | 0,0145        | 0,1850        | 0,2723        | 32,0602               |
| 23/02/2006      | 0,0393                                             | 0,0252        | 0,0141        | 0,1449        | 0,2235        | 35,1678               |
| 26/02/2006      | 0,0411                                             | 0,0382        | 0,0077        | 0,1865        | 0,2735        | 31,8099               |
| 27/02/2006      | 0,0319                                             | 0,0330        | 0,0091        | 0,1177        | 0,1917        | 38,6020               |
| <b>Promedio</b> | <b>0,0388</b>                                      | <b>0,0310</b> | <b>0,0120</b> | <b>0,1879</b> | <b>0,2698</b> | <b>30,3307</b>        |

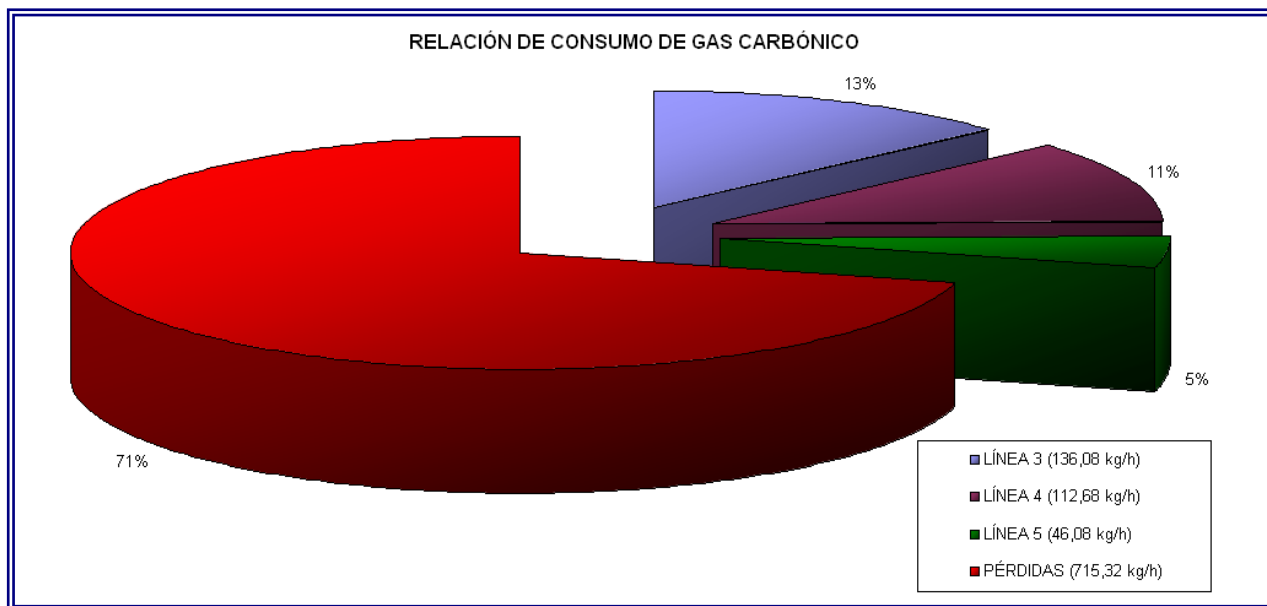
(\*): el rendimiento se calcula solo en base a materias primas

(\*\*): Solo considera pérdidas por drenado de válvulas de llenadora; no incluye productos no conformes y/o drenaje general del sistema por desajustes





Se observa en la Figura 5.64 mayor consumo de agua a nivel de las operaciones continuas de las líneas de producción, la cual constituye aproximadamente el 90,8 % de la bebida, y presenta una pérdida inherente equivalente al 9,49 % mensual del total suministrado, y se debe en mayor proporción a las operaciones de control de parámetros en la planta de tratamiento. La mayor pérdida observada en comparación a los flujos alimentados corresponde al gas carbónico, la cual presenta un valor cercano al 71 % y, se debe a la inestabilidad del sistema y pérdida del gas carbónico absorbido en las etapas de carbonatación y llenado, así como a las frecuencias de descompresión de los equipos y tanques en atmósfera controlada, seguido por las fugas en tuberías, equipos y tanques de alimentación. Las pérdidas de gas carbónico así como los consumos se presentan en la Figura 5.65.



**Figura 5.65 Relación de consumos y pérdidas de gas carbónico en el proceso productivo de las líneas 3, 4 y 5**

Por último, las pérdidas de jarabe en operaciones normales sólo corresponden al drenaje del remanente de líquido contenido en las válvulas de llenadoras, el cual se ejecuta en las envasadoras de tipo isobárico-volumétrico, es decir, en las llenadoras ALSIM de las líneas 1, 3 y 4; por consiguiente, la pérdida ocasionada en las líneas 3 y 4 es equivalente a 0,6 % (véase Tabla 5.46 y Figura 5.64) de la alimentación a las tres líneas (3, 4 y 5), e igual al 0,7% del consumo de jarabe y azúcar para la producción de formatos de 3100 mL.

Se realizaron análisis del comportamiento exhibido por las líneas de producción en cuanto al incremento de los lotes por hora y la velocidad de operación, construyendo curvas para las líneas 3 y 4 en relación al comportamiento deseado y el comportamiento real, así como la proporción o contribución a los lotes producidos de 3100 mL por cada línea, y la relación existente entre alimentación y consumo de gas carbónico como parámetro crítico; obteniendo los comportamientos indicados en las Figuras 5.66 a 5.70.

Se observa para el primer día de evaluación (Figura 5.66), el comportamiento de las velocidades y caudales de procesamiento por hora; la línea 3 durante las 4 primeras horas de producción presentó un ritmo de producción sostenido de 97,5 bpm (302 L/min), bajando bruscamente a 59 bpm (183 L/min) debido a fallas de operación en etapas previas al área de llenado. La línea 4 presentó un comportamiento completamente en descenso del ritmo de producción iniciando en 97 bpm (301 L/min) y terminando en 34 bpm (106 L/min), debido a fallas de operación en el equipo de empaque y en la llenadora. En el cuadro de incremento de velocidad, se puede observar el crecimiento real de la producción por línea y el ideal a un ritmo de producción sostenido de 110 bpm, obteniendo una velocidad promedio en la línea 3 (véase tabla 5.45), de 87 bpm (271 L/min) y un déficit de producción equivalente a 23 bpm, 10350 botellas no producidas (862,5 cajas/23,95 paletas). La línea 4 presentó una velocidad de producción promedio de 63 bpm y un incumplimiento de la cuota de producción del turno equivalente de 47 bpm, 21150 botellas no producidas (1762,5 cajas/49 paletas). La curva de consumo de gas carbónico permite establecer, un crecimiento lineal de los volúmenes de producción y consumos de CO<sub>2</sub>, a pesar de presentar caídas de las velocidades en las líneas, obteniendo indicadores de regresión “R<sup>2</sup>” de 0,98 de los niveles en tanques y de 0,99 para el consumo de CO<sub>2</sub> por líneas, El gráfico comparativo de los consumos por hora y línea de producción, permite comparar la línea 5 en relación a las líneas de 3100 mL, la cual consume el 10,96 % y el 89,04 % entre las líneas 3 y 4, del total de CO<sub>2</sub> fijado efectivamente en la bebida (Total consumido: 1749,7 kg; L5: 191,76 kg; L3 y L4: 1557,93 kg), para un rendimiento del turno de evaluación del 21,20 %.

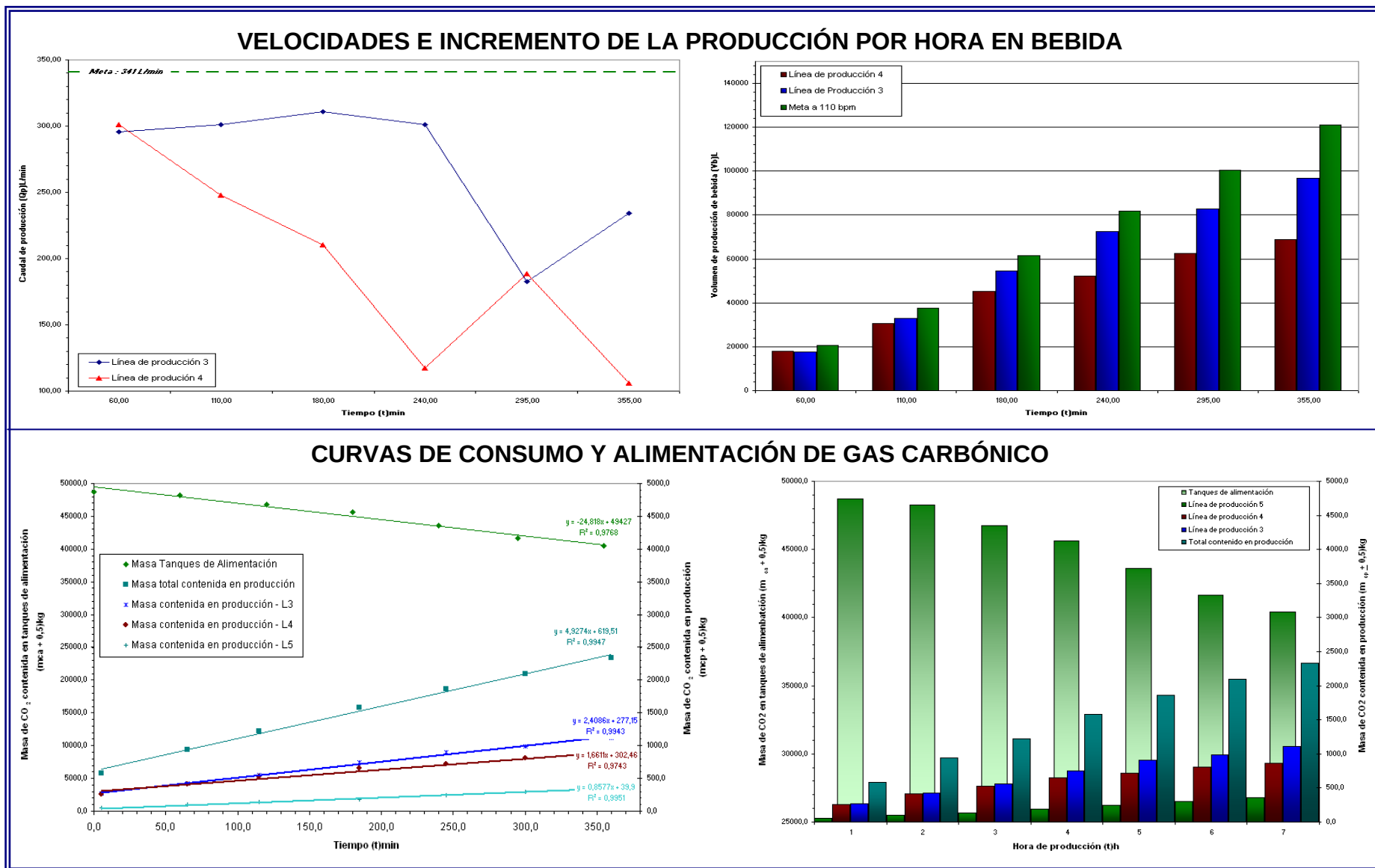
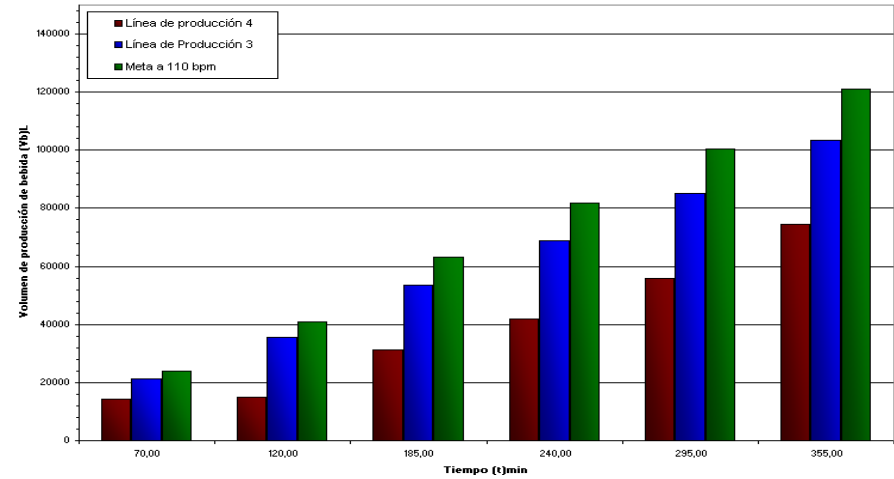
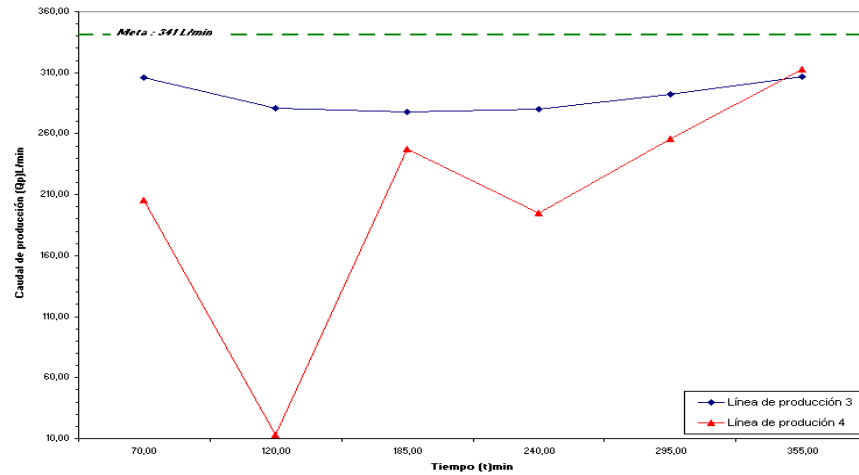


Figura 5.66 Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

(21/02/2006)

## VELOCIDADES E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN BEBIDA



## CURVAS DE CONSUMO Y ALIMENTACIÓN DE GAS CARBÓNICO

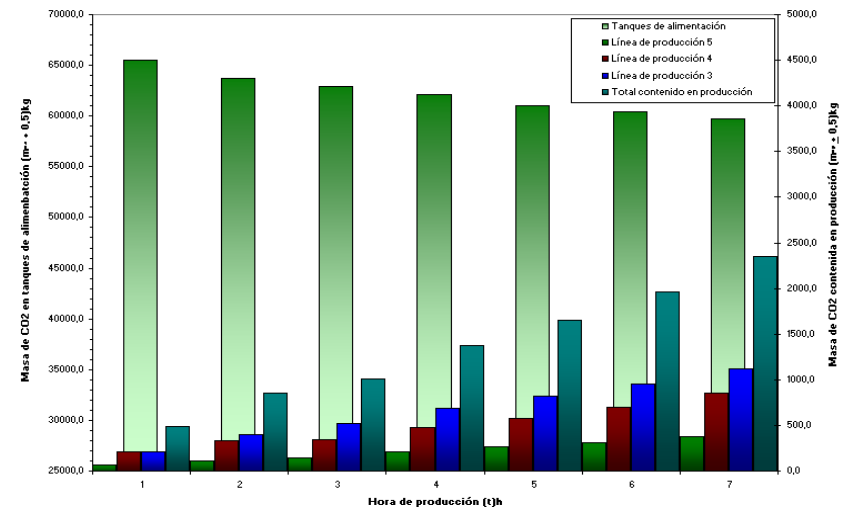
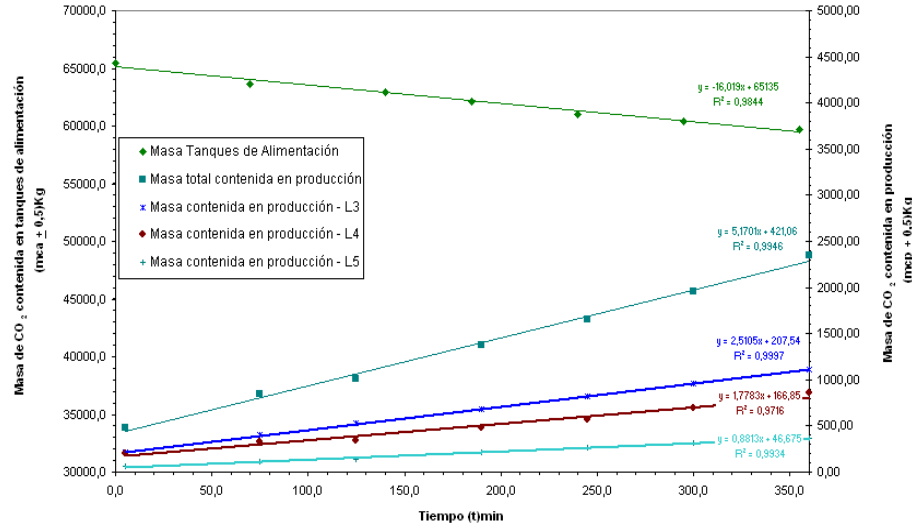
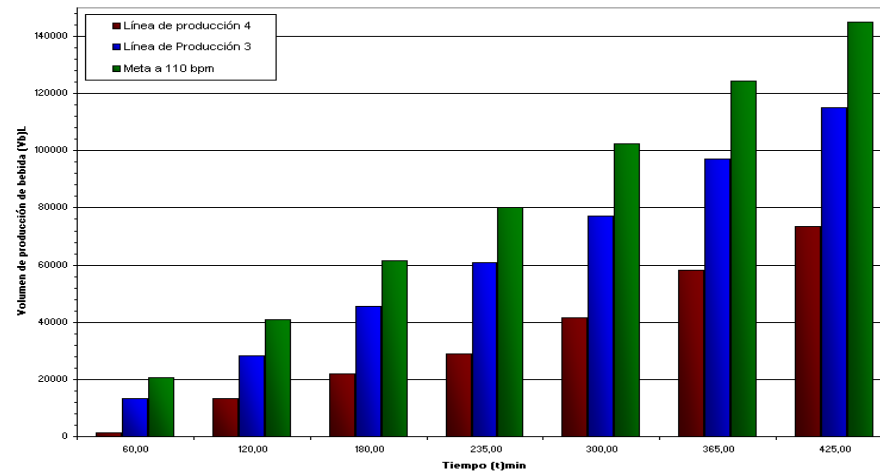
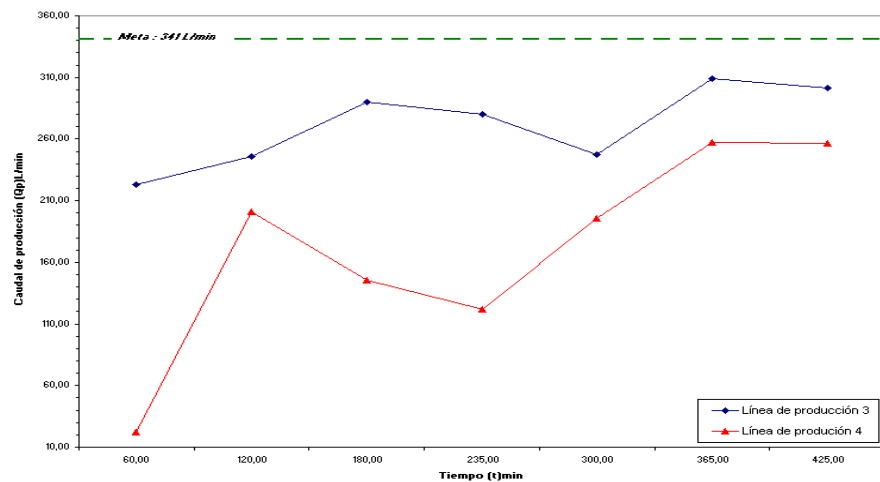


Figura 5.67 Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

(22/02/2006)

## VELOCIDADES E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN BEBIDA



## CURVAS DE CONSUMO Y ALIMENTACIÓN DE GAS CARBÓNICO

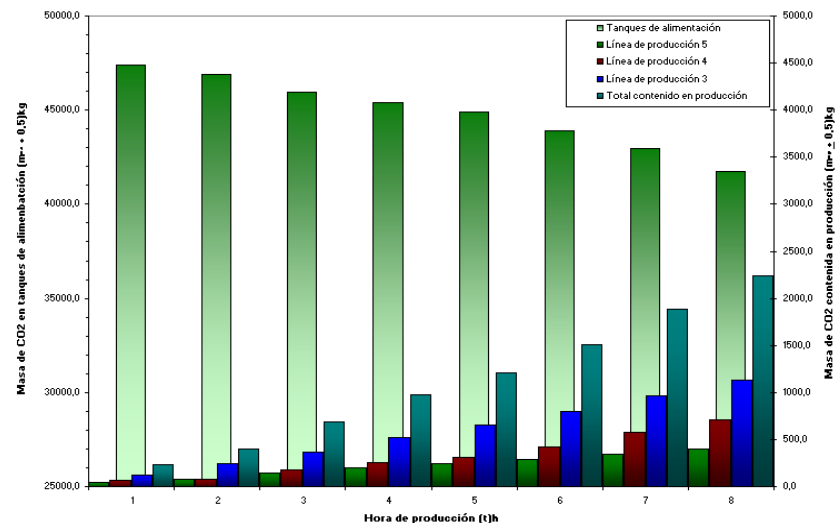
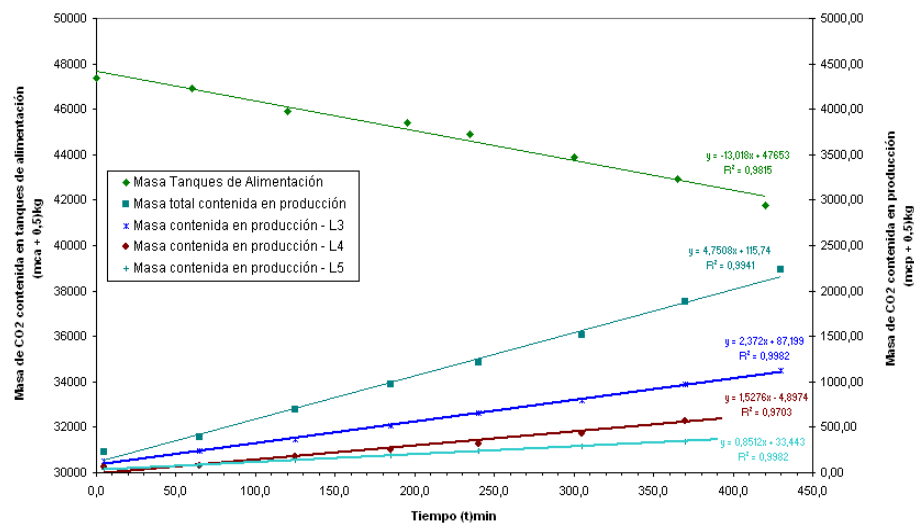
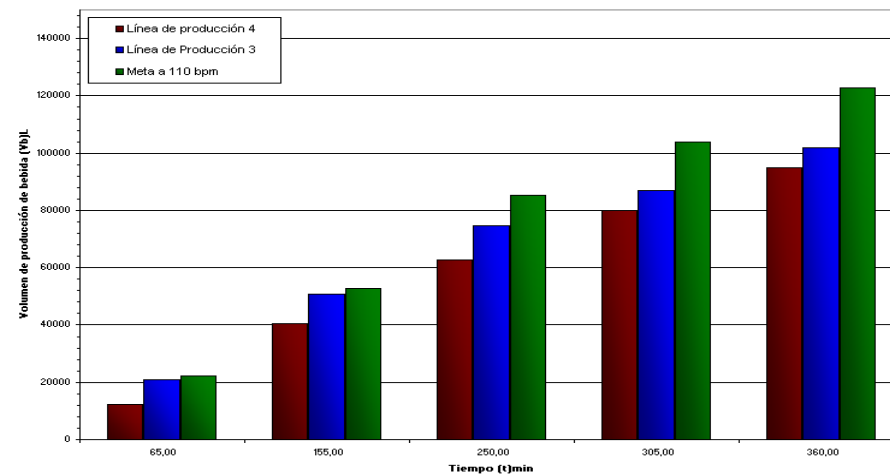
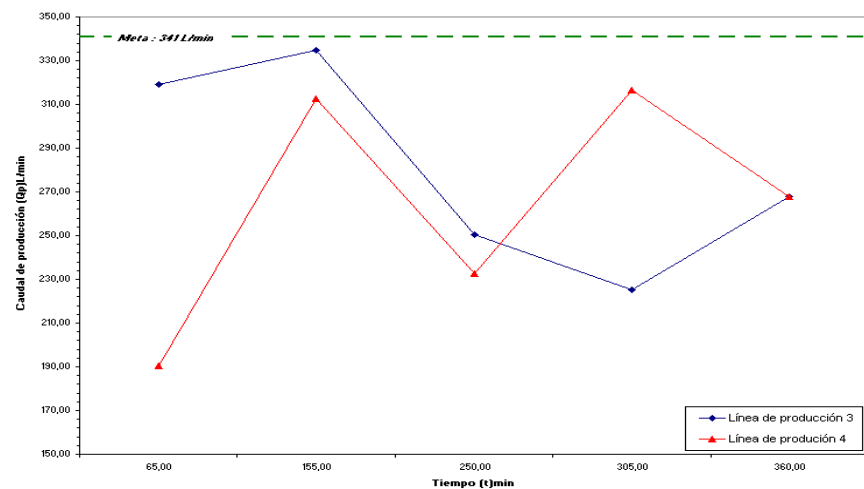


Figura 5.68 Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

(23/02/2006)

## VELOCIDADES E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN BEBIDA



## CURVAS DE CONSUMO Y ALIMENTACIÓN DE GAS CARBÓNICO

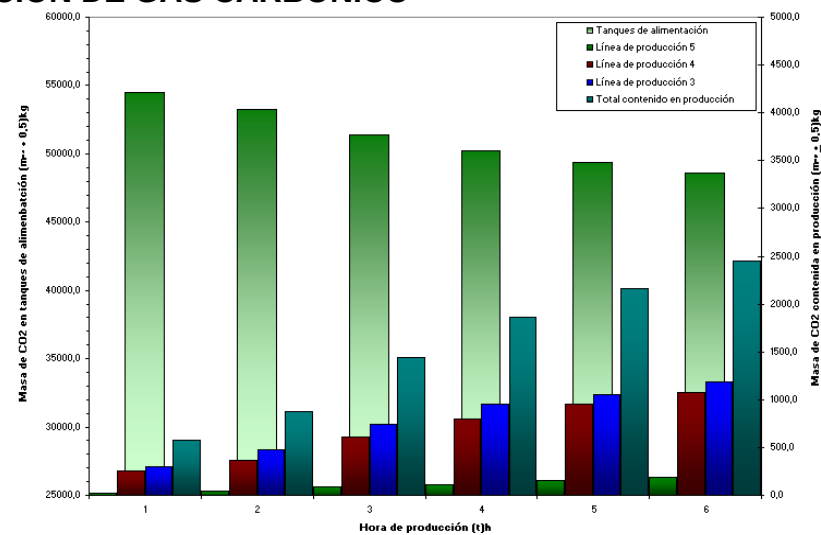
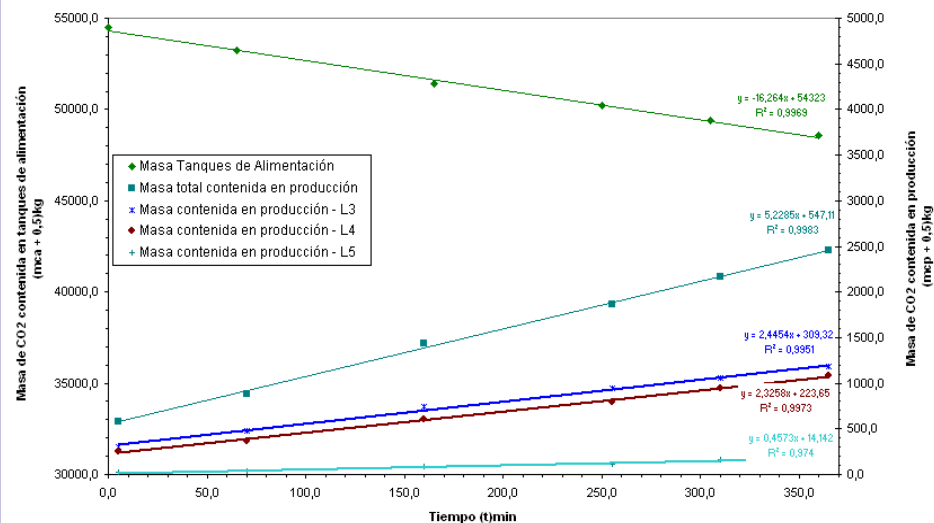
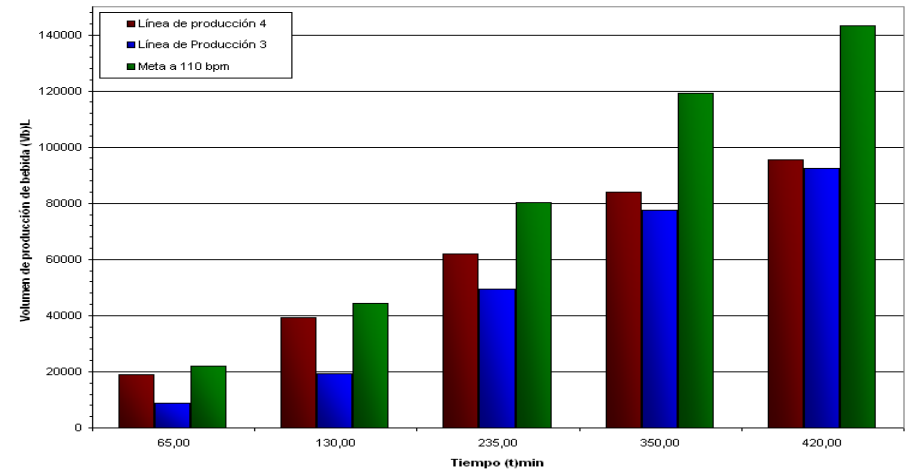
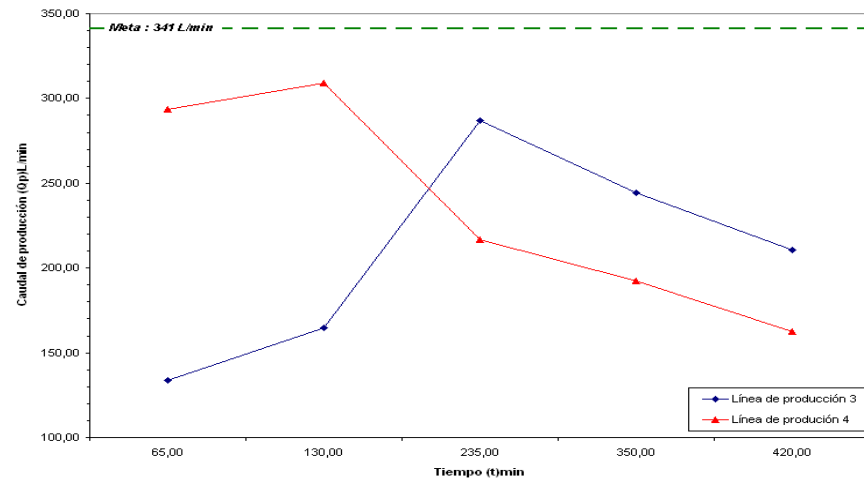


Figura 5.69 Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

(26/02/2006)

## VELOCIDADES E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN BEBIDA



## CURVAS DE CONSUMO Y ALIMENTACIÓN DE GAS CARBÓNICO

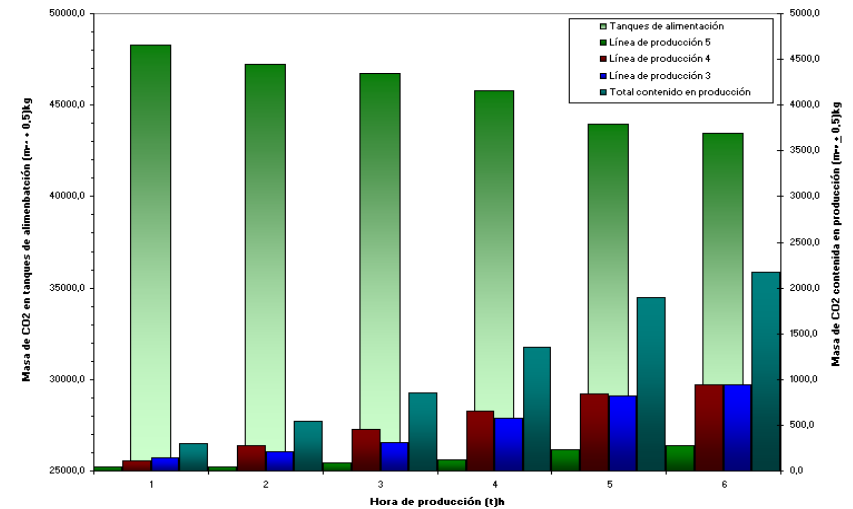
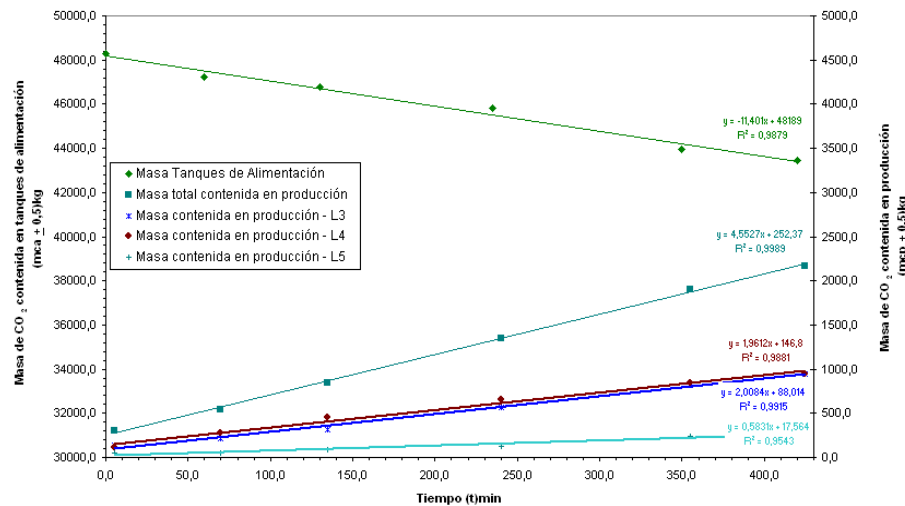


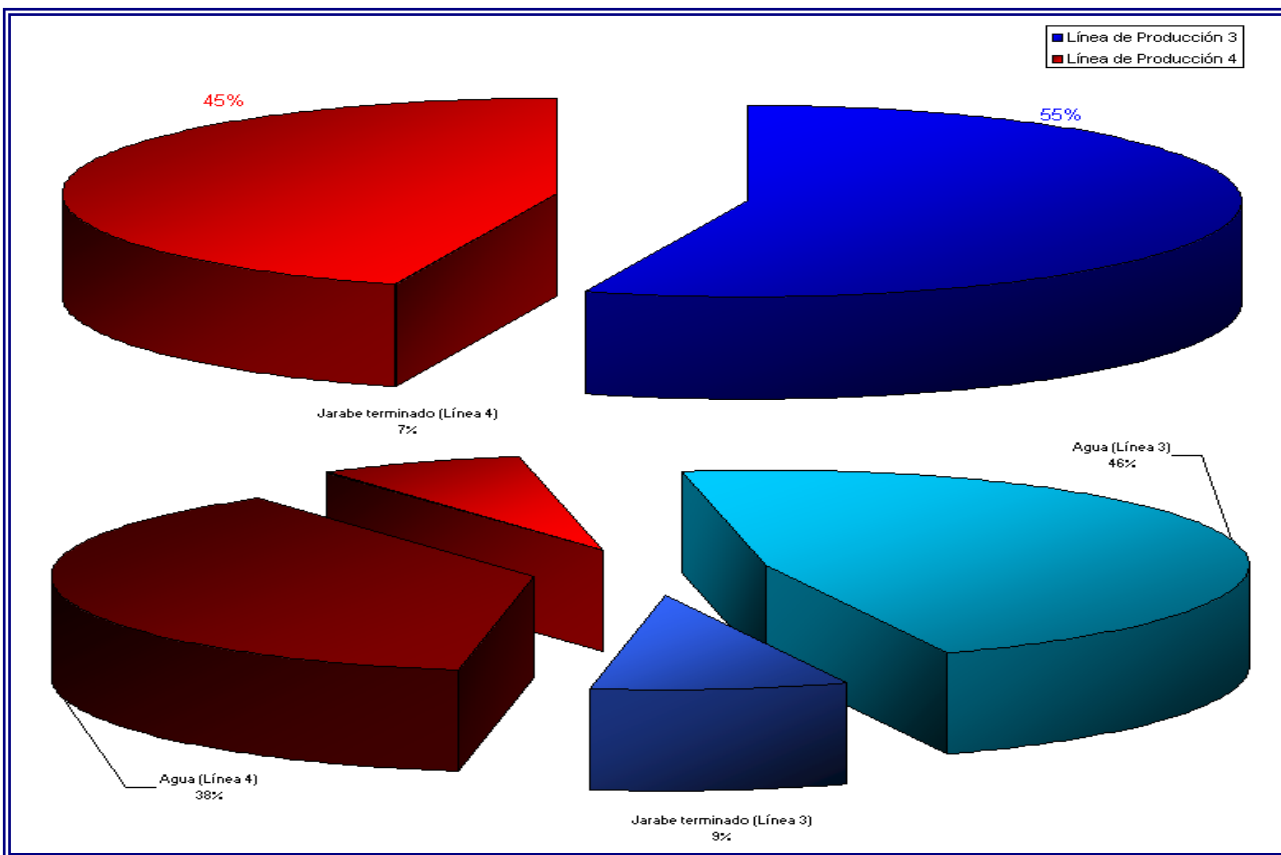
Figura 5.70 Variación de los consumos de producción por hora en las líneas 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

(27/02/2006)



Para los siguientes días de evaluación (véase Figuras 5.66 a 5.68), se observa comportamiento lineal de los volúmenes producidos, con ritmo de producción menos fluctuante en la línea 3 y superior en relación a la línea 4 (véase Tabla 5.46, velocidades de producción promedio). Se observó para los dos últimos turnos de evaluación (Figuras 5.69 y 5.70 del 26/02/2006, 2do y 3er turno), patrones inestables de las velocidades de producción, debido a fallas operacionales e intervenciones mecánicas de todo el tren productivo. Al comparar las pendientes obtenidas de las rectas se obtiene un factor de incremento de la producción en el tiempo de 2,3 en la línea de producción 3 y de 1,9 en la línea 4, los cuales están directamente relacionados a las velocidades promedios de producción.

En función de las velocidades de producción obtenidas en ambas líneas (véase Tabla 5.45, línea 3: 86 bpm; línea 4: 70 bpm), se establece la distribución de los lotes de producción y consumos por líneas de 3100 mL indicados en la Figura 5.71.



**Figura 5.71 Distribución de la producción de Big Cola 3100 mL entre las líneas 3 y 4**

El 55% de la producción de 3100 mL corresponde a la línea de producción 3 y el 45% a la línea de producción 4; el 10% de diferencia entre ambas líneas se debe a la presencia de mayor cantidad de fallas y paradas no programadas en la línea 4, las cuales se pueden observar al comparar los tiempos muertos por falta de agua en dicha de línea de 51,1 horas/mes a 6,35 horas/mes en la línea 3, así como el comportamiento exhibido en las evaluaciones por hora de producción, en relación a la velocidad de línea (Figuras 5.66 a 5.70) presentando mayor cantidad de picos y caídas de velocidad en la línea 4, por fallas tanto del área de llenado, como de procesos previos y posteriores de índole mecánico, las cuales se encuentran fuera del alcance de la investigación.

De esta forma se culmina con la fase de evaluación y análisis del proceso; a continuación se procederá al establecimiento de las mejores condiciones de operación del proceso, las cuales, posteriormente serán la base de las alternativas de mejora.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTAS DE MEJORA Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO

El siguiente capítulo presenta las alternativas de mejora del proceso, las cuales están dirigidas hacia la estabilización del proceso actual, reducción de productos no conformes y control efectivo y eficiente del proceso.

#### **6.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN Y DEFINICIÓN DE NUEVOS PARÁMETROS DE PROCESO.**

En función de los resultados anteriores, se observa mayores oportunidades de mejoras respecto a las condiciones de operación, medición e instrumentación y tolerancias de parámetros de calidad. Para ello se establecieron los siguientes criterios en relación a los comportamientos observados

##### **6.1.1 RANGOS DE VARIACIÓN REALES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD**

Como se observó en la fase de evaluación, cada parámetro fisicoquímico de calidad dispone de mayor variabilidad respecto a las especificaciones (véase Tabla 6.61). Cada una debe ser respetada y su cumplimiento es motivo de rechazo y puede afectar directamente la apreciación del cliente final, por ello se debe establecer el equilibrio entre la variabilidad real del proceso y aquellas tolerancias que otorguen al producto estabilidad a nivel sensorial y no afecten significativamente los cálculos de rendimientos y productividad. Para ello se definieron los siguientes rangos de variación y se recalcularon los índices de capacidad en función de los estudios realizados para cada parámetro.

**TABLA 6.1**  
**PROPUESTAS DE AMPLIACIÓN DE RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS**  
**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS LOTES DE PRODUCCIÓN**  
**DE BIG COLA 3100 mL EN LAS LÍNEAS 3 Y 4**

| Parámetro de calidad                   | Línea de producción | Valor nominal (VN) |      | Tolerancias ( $\pm T$ ) |            | Índice de capacidad real (Cpk) <sub>adim</sub> |      |
|----------------------------------------|---------------------|--------------------|------|-------------------------|------------|------------------------------------------------|------|
|                                        |                     | A.                 | P.   | A.                      | P.         | A.                                             | P.   |
| Carbonatación (Vc) <sub>adim</sub>     | 3                   | 4,40               | 4,35 | $\pm 0,20$              | $\pm 0,35$ | 0,47                                           | 0,91 |
|                                        | 4                   |                    |      |                         |            | 0,52                                           | 0,81 |
| Índice de azúcares disueltos (Ia)°Brix | 3                   | 9,20               | 9,25 | $\pm 0,20$              | $\pm 0,25$ | 0,80                                           | 1,34 |
|                                        | 4                   |                    |      |                         |            | 0,53                                           | 1,07 |

**A: Actual**

**P: Propuesta**

Dichos rangos fueron definidos partiendo de la comparación entre las tolerancias, la desviación estándar y la apreciación instrumental. Las apreciaciones para ambos parámetros corresponden a  $\pm 0,1$  volúmenes de carbonatación y  $\pm 0,1$  °Brix, presentando desviaciones estándar en el orden de 0,13 volúmenes de carbonatación y 0,07 °Brix, estableciendo dispersiones de proceso mayores a la mínima instrumental. Al establecer los límites de proceso a  $3\sigma$ , se obtienen valores cercanos a  $\pm 0,3$  volúmenes de carbonatación o °Brix, los cuales superan a las tolerancias definidas a  $\pm 0,2$  volúmenes de carbonatación o °Brix del valor nominal.

Al definir los nuevos límites para la carbonatación se obtienen valores de índices de capacidad de 0,91 y 0,81 para las líneas de producción 3 y 4, respectivamente. Los límites establecidos corresponden a un incremento de la variabilidad de la especificación de 0,20 a 0,35 volúmenes de carbonatación (de  $\pm 4,5\%$  a  $\pm 8,0\%$ ) y equivale a dejar de producir el 9,37% y 11,51% de productos fuera de las tolerancias en las líneas 3 y 4, e incluir aquellos que se encuentran dentro de la variabilidad del proceso y pasar a producir solo 0,34% y 1,47% de productos fuera de especificación, además de trabajar con las variaciones reales del proceso.

Al realizar el mismo estudio para los índices de azúcares disueltos, la ampliación de tolerancias de  $\pm 0,20$  a  $\pm 0,25$  °Brix (de  $\pm 2,2\%$  a  $2,7\%$ ), ocasiona un incremento del índice de capacidad de 0,80 y 0,53, a 1,34 y 1,07 en las líneas 3 y 4, respectivamente, y

equivale a pasar de 9,58% y 16,35% de productos fuera de especificación a 1,93% y 2,63%, en las líneas de producción 3 y 4 de Big Cola 3100 mL.

Por otra parte, el proceso no es capaz de producir dentro de las nuevas tolerancias de carbonatación y °Brix, ya que el establecimiento de las mismas corresponde a la búsqueda del equilibrio entre los rangos de variación y la estabilización del proceso, orientada a la disminución de la variabilidad, por consiguiente se deben definir nuevas condiciones operacionales que contribuyan a los índices de capacidad, basadas en las oportunidades de mejora detectadas en el proceso.

#### **6.1.2 ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO:**

Como se observa en la fase anterior, la línea de producción 3 presenta menor índice de capacidad para carbonatación (véase Tabla 5.8) y la línea 4 menor índice de capacidad para °Brix (véase Tabla 5.10); adicionalmente, la línea 4 presenta menor eficiencia de enfriamiento (véase Tabla 5.30), mayor frecuencia de paradas por caudal deficiente de agua (véase Tabla 5.36), así como mayor caudal de procesamiento de bebida en todos los sistemas de bombeo (véase Tabla 5.26 y Figura 5.51), respecto a la línea 3. A nivel de instrumentación, las líneas requieren del establecimiento de puntos de control que permitan evaluar los productos en proceso antes de llegar al producto final. Para ello, el establecimiento de las condiciones de operación se realizó de forma gradual, unidad a unidad de procesamiento.

##### **6.1.2.1 Sistema de Mezcla:**

La variable principal a controlar corresponde a los flujos de mezcla, los cuales deben satisfacer la demanda de bebida requerida por el equipo de envasado. Las líneas de producción presentan excedentes de los caudales de mezcla, lo cual afecta a nivel operacional, los tiempos de ciclo de la bomba y paradas no programadas.

La bomba de mezcla dispone de placas de orificio que se encuentran ubicadas en las líneas de descarga de jarabe terminado y regula el cabezal de la rama; actualmente la placa de orificio de la línea 3 dispone de un diámetro de 9,5 mm contra 10,5 mm en la línea 4, lo cual produce mayor caudal de circulación en la línea 4 debido a que la pérdida de energía producida es menor a mayor diámetro. Se propone reducir el diámetro de la placa de orificio de la línea 4 a 9,5 mm, con la intención de disminuir el caudal de operación de la bomba cercano al valor obtenido en la línea de producción 3, aumentando la pérdida de energía por la línea 4; lo cual influye directamente sobre el cabezal de la bomba y en el transporte del fluido desde el punto de mezcla hasta la siguiente unidad (cabina de enfriamiento).

A fines prácticos, se asume una caída de presión equivalente a la producida en la línea 3, lo cual se traduce en la obtención del mismo caudal de procesamiento para ambas líneas, los cuales se presentan en la Tabla 6.2 (véase cálculos típicos 12).

**TABLA 6.2**  
**ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE BEBIDA EN LA BOMBA DE MEZCLA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 A PARTIR DEL AUMENTO DE LA PÉRDIDA DE ENERGÍA EN LA RAMA DE JARABE**

| Línea             | Caudal (Q <sub>i</sub> )m³/s |        | Línea de jarabe terminado                |                                            |         |                                        |                                       |                                       |
|-------------------|------------------------------|--------|------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                   |                              |        | Diámetro del orificio (D <sub>o</sub> )m | Velocidad del fluido (v <sub>JT</sub> )m/s |         | (D <sub>o</sub> /D <sub>i</sub> ) adim | Coef. orificio (C <sub>o</sub> ) adim | Caída de presión manométrica (-ΔP)kPa |
|                   | Bebida                       | Jarabe |                                          | Orificio                                   | Tubería |                                        |                                       |                                       |
| 4                 | 0,0078                       | 0,0012 | 0,0105                                   | 14,2737                                    | 0,9412  | 0,2568                                 | 0,6700                                | 28,4044                               |
| 3 -4 <sup>e</sup> | 0,0065                       | 0,0010 | 0,0095                                   | 14,4710                                    | 0,7811  | 0,2323                                 | 0,6750                                | 28,8055                               |

Superíndice <sup>e</sup>: caudal estabilizado aproximado

Los efectos esperados corresponden a la estabilización del flujo, reducción de la frecuencia de paradas por caudal de agua deficiente en la alimentación, reducción de la variabilidad del °Brix, e incremento de la velocidad promedio de producción actual. Además, se debe regular el flujo mediante válvulas actuadas manual y automáticamente, a fin de disminuir el caudal de alimentación a la cabina de enfriamiento. A continuación, se presentan los valores estimados de caudal a corto y largo plazo, y su efecto en los tiempos operacionales, velocidades de producción y frecuencias de paradas.

**TABLA 6.3**  
**ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE**  
**OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MEZCLA DE LAS LÍNEAS 3 Y 4**  
**EN EL PROCESO PRODUCTIVO A 110 BPM**

| Línea | Periodo de propuesta | Caudal de operación de la bomba de mezcla (Qm)m <sup>3</sup> /s | Tiempos de paradas no programadas (tnp) mín/turno | Tiempos de operación de la bomba (Top)mín | Velocidad de producción promedio (vp)bpm | Incremento de producción por turno (cajas) |
|-------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 3     | Actual               | 0,0065                                                          | 1,6                                               | 5,50                                      | 86,0                                     | -----                                      |
|       | Corto plazo          | 0,0065                                                          | 1,6                                               | 5,50                                      | 86,0                                     | -----                                      |
|       | Largo plazo          | 0,0057                                                          | 1,4                                               | ≈ ∞                                       | 86,0                                     | 1,83                                       |
| 4     | Actual               | 0,0078                                                          | 9,4                                               | 1,79                                      | 70,0                                     | -----                                      |
|       | Corto plazo          | 0,0065                                                          | 7,5                                               | 5,50                                      | 70,4                                     | 17,41                                      |
|       | Largo plazo          | 0,0057                                                          | 6,9                                               | ≈ ∞                                       | 71,0                                     | 22,92                                      |

**Caudal requerido por la envasadora: 0,0057 m<sup>3</sup>/s**

Las propuestas tienden a estabilizar el caudal haciendo continuo el flujo en función de la demanda requerida por el equipo de envasado; sin embargo, es necesario definir la capacidad de la planta de tratamiento de aguas en función de los consumos por líneas y la red de alimentación, factor que se encuentra fuera del alcance de la investigación.

Seguidamente, se evaluaron los efectos de la reducción del caudal de mezcla en los sistemas de enfriamiento y en las condiciones de operación del sistema carbonatador.

#### **6.1.2.2 Sistema de enfriamiento:**

El análisis de las evaluaciones realizadas a los evaporadores de las líneas 3 y 4 arrojó una presión de operación promedio de 48 psig para ambas líneas, así como un volumen de amoníaco disponible en el tanque acumulador de 0,1602 m<sup>3</sup> y 0,1214 m<sup>3</sup> por cada línea. El volumen de amoníaco líquido alimentado por ciclo corresponde a 0,1845 m<sup>3</sup> cada 0,8 minutos, y 0,1455 m<sup>3</sup> cada 0,6 minutos en las líneas 3 y 4, lo cual indica que tanto la cantidad de amoníaco alimentado por ciclo y el nivel disponible del tanque acumulador es menor en la línea 4, lo cual contribuye a la disminución de la eficiencia de enfriamiento en la misma.

Las propuestas de estabilización se orientaron en la disminución de la carga térmica, incrementando el volumen de amoníaco líquido en los tanques acumuladores y el tiempo de los ciclos de alimentación, a fin de aumentar la eficiencia de enfriamiento y disminuir la temperatura de la bebida, tal como se indica en los resultados de la Tabla 6.4.

**TABLA 6.4**  
**ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUDAL DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE MEZCLA DE LAS LÍNEAS 3 Y 4 EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A 110 BPM**

| Línea de producción | Periodo de propuesta | Caudal de operación de la bomba de mezcla ( $Q_m$ )m <sup>3</sup> /s | Volumen de amoníaco líquido del acumulador ( $V_{ac}$ )m <sup>3</sup> | Temperatura de salida de la bebida ( $T_b$ )°C | Eficiencia de enfriamiento (%Efic.)% |
|---------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 3                   | Actual               | 0,0065                                                               | 0,1602                                                                | 2,8                                            | 36,4                                 |
|                     | Corto plazo          | 0,0065                                                               | 0,1602                                                                | 2,8                                            | 36,4                                 |
|                     | Largo plazo          | 0,0057                                                               | (*)                                                                   | (*)                                            | (*)                                  |
| 4                   | Actual               | 0,0078                                                               | 0,1214                                                                | 5,7                                            | 23,1                                 |
|                     | Corto plazo          | 0,0065                                                               | 0,1602                                                                | 2,8                                            | 36,4                                 |
|                     | Largo plazo          | 0,0057                                                               | (*)                                                                   | (*)                                            | (*)                                  |

**Caudal requerido por la envasadora: 0,0057 m<sup>3</sup>/s**

**(\*): Debe ser determinado por medio del diseño experimental.**

Las condiciones de estabilización están orientadas hacia la estandarización de ambas líneas en cuanto a las condiciones operacionales. A largo plazo no se estimó el efecto de la disminución del caudal, ya que el mismo debe realizarse paralelamente ajustando el volumen de amoníaco en el acumulador, aplicando como herramienta de evaluación el diseño experimental, estableciendo como variable de respuesta la temperatura de salida y como factores controlados el flujo de alimentación y el volumen contenido en el tanque, a fin de minimizar los riesgos de cristalización en las placas debido a las bajas temperaturas. Al disminuir el caudal de entrada en un 12% en la línea 3 y en 36% en la línea 4 (respecto al requerido), la temperatura de salida se estima será inferior a 2,8°C, ya que aumenta el tiempo de residencia del fluido en la cabina ( $t_{res} = V_{cab}/Q_{mezcla}$ ), incrementando el tiempo de contacto en las placas, siendo el mismo inversamente proporcional al caudal de ingreso a la unidad, influyendo positivamente en la eficiencia de enfriamiento.

**Propuesta de diseño de experimento (aplica para ambas líneas):**

**Tipo Factorial 2<sup>2</sup> (aleatorizado):** debido a que se dispone de dos factores, con dos niveles (máximo y mínimo) a evaluar, los cuales son:



- o Factor A: Nivel de líquido en el acumulador (fluido que absorbe calor)
  - Nivel 1: 45%
  - Nivel 2: 55%
- o Factor B: Caudal del sistema de mezcla (fluido que cede calor)
  - Nivel 1: 0,0065 m<sup>3</sup>/s
  - Nivel 2: 0,0060 m<sup>3</sup>/s
- Variable respuesta: Temperatura de bebida a la salida de la cabina, debido a que se desea establecer la disminución de dicha temperatura
- Número de réplicas: se realizará por triplicado, de tal manera de tener la variabilidad de cada nivel, así como para descartar posibles factores de ruido
- Orden de corridas experimentales: se realizará de forma aleatoria, asegurando reducción de la influencia de los factores externos

| Orden estándar | Orden de corrida | Factor A (%) | Factor B (m <sup>3</sup> /s) |
|----------------|------------------|--------------|------------------------------|
| 3              | 1                | 45           | 0,0065                       |
| 7              | 2                | 45           | 0,0065                       |
| 8              | 3                | 55           | 0,0065                       |
| 2              | 4                | 55           | 0,0060                       |
| 5              | 5                | 45           | 0,0060                       |
| 6              | 6                | 55           | 0,0060                       |
| 4              | 7                | 55           | 0,0065                       |
| 11             | 8                | 45           | 0,0065                       |
| 12             | 9                | 55           | 0,0065                       |
| 9              | 10               | 45           | 0,0060                       |
| 1              | 11               | 45           | 0,0060                       |
| 10             | 12               | 55           | 0,0060                       |

Por último, a nivel instrumental se requiere colocar los manómetros de amoníaco en el evaporador de las mismas características, así como los medidores de temperatura (termoresistencias y termómetro bimetálico), con el objeto de realizar las comparaciones entre líneas de forma mas precisa y presentando las mismas desviaciones instrumentales.

### **6.1.2.3 Sistema carbonatador y envasado:**

Las propuestas para el sistema carbonatador están dirigidas hacia el máximo aprovechamiento de las corrientes de gas carbónico y el establecimiento del equilibrio en condiciones adecuadas, a partir del máximo aprovechamiento energético y la menor pérdida en transporte.

El plan de acción a seguir comprende:

1. Eliminación de fugas y regulación de las presiones y flujos de alimentación
2. Reducción del sobreflujo existente en el sistema de inyección.
3. Disminución de la caída de presión y pérdida de energía entre el tanque carbonatador y el tanque de envasado.
4. Disminución de la transferencia de calor entre la bebida y el medio ambiente.
5. Habilidad e instalación del panel de control de regulación de presiones y flujos de gas carbónico y aire comprimido.

El equilibrio de solubilidad de  $\text{CO}_2$  se ve afectado en mayor proporción por los cambios de temperatura, respecto a las variaciones de presión y concentración de azúcares en la bebida, por lo cual al obtener temperaturas más bajas en el sistema se estima contrarrestar las compensaciones actuales por presión y flujo de  $\text{CO}_2$  para lograr la carbonatación deseada. La meta a obtener de temperatura es de 1 a 2 °C en el sistema de enfriamiento, por lo cual se deben establecer las condiciones de operación del sistema total de carbonatación y envasado, en relación a la estabilización de las temperaturas y los flujos de circulación en el sistema. Para ello se realizaron reuniones con personal especializado y encargados del área, tanto de mantenimiento como de producción, estableciendo:

1. Reducción de la presión de alimentación principal dentro del rango de 130 a 150 psig: los resultados estadísticos de las condiciones de operación (véase Tabla 5.16 y 5.17), indican presiones de operación entre 140 y 150 psig, por consiguiente al reducir y estabilizar los flujos, se espera obtener una reducción de las presiones de alimentación.
2. Reducción de la presión y flujo de  $\text{CO}_2$  al sistema de inyección de gas carbónico en el rango de 90 a 105 psig en la línea 3 y de 65 a 75 psig en la línea 4 (véase Tabla 5.16 y 5.17), en relación a la reducción del caudal de las bombas de carbonatación.
3. Reducir la caída de presión entre el tanque carbonatador y la llenadora en un 50% del valor actual. Para ello se debe considerar los siguientes puntos de mejora

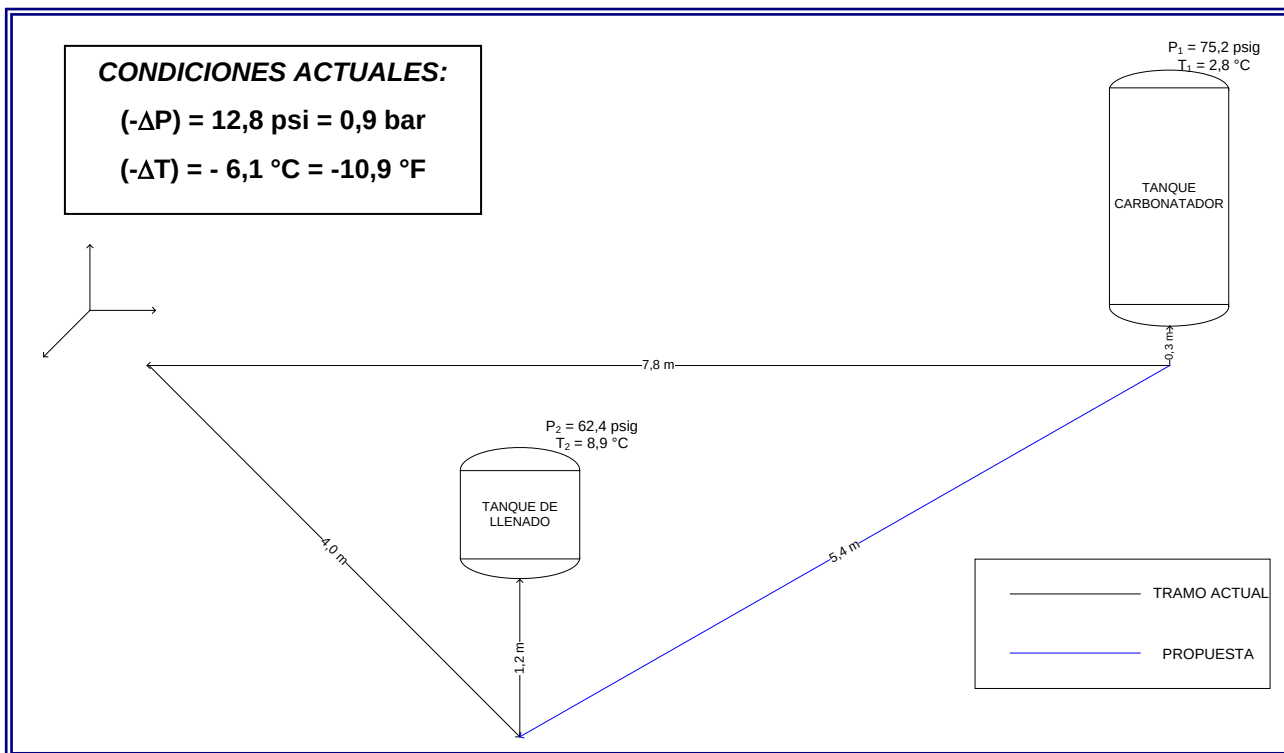


Figura 6.1 Interconexión actual y propuesta entre las unidades de carbonatación y llenado de la línea de producción 3.

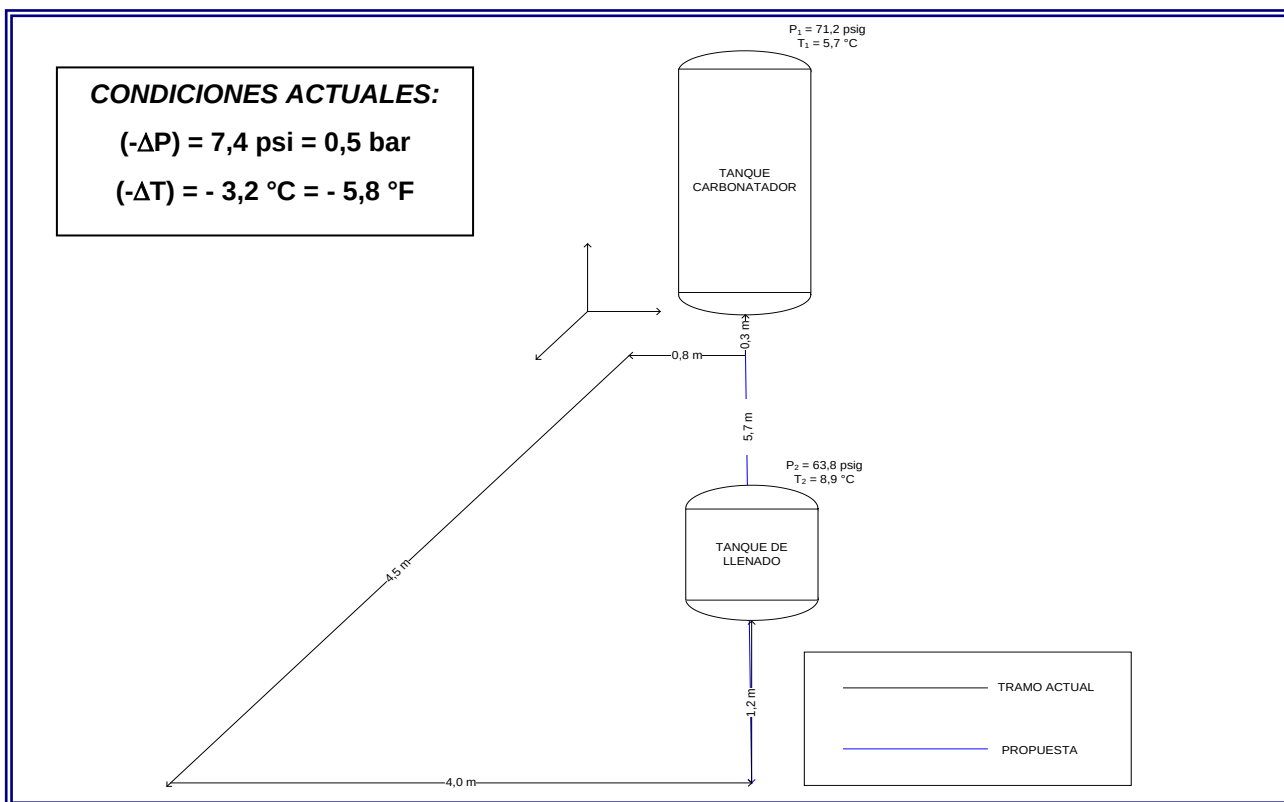


Figura 6.2 Interconexión actual y propuesta entre las unidades de carbonatación y llenado de la línea de producción 4.

Con la finalidad de disminuir las pérdidas de energía y la transferencia de calor en las líneas de producción, se establece reducir los tramos de conexión entre los equipos de carbonatación y llenado para ambas líneas, disminuyendo el área de transferencia de calor así como la caída de presión requerida. Las modificaciones pueden llevarse a cabo empleando los tramos actuales y sólo los accesorios necesarios; en resumen:

**TABLA 6.5**  
**REDISTRIBUCIÓN DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE BEBIDA DESDE EL**  
**TANQUE CARBONATADOR A LLENADORA EN LAS LÍNEAS**  
**DE PRODUCCIÓN 3 Y 4**

| Línea | Longitud de tubería (Lt)m |           | Área disponible para transferencia de calor (At)m <sup>2</sup> |           | Accesorios presentes en tubería (cantidad/tipo)                                                                              |                                                                                              |
|-------|---------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | Actual                    | Propuesta | Actual                                                         | Propuesta | Actual                                                                                                                       | Reducción                                                                                    |
| 3     | 13,3                      | 6,9       | 4,24                                                           | 1,72      | - 2 Codos 90°<br>- 1 Válvula mariposa<br>- 1 Curva de patrón cerrado<br>- 1 Filtro<br>- 1 Válvula automática<br>- 10 Uniones | - 2 Codos 90°<br>- 1 Válvula mariposa<br>- 1 Filtro<br>- 1 Válvula automática<br>- 8 Uniones |
| 4     | 10,8                      | 7,2       | 3,48                                                           | 1,85      | - 3 Codos 90°<br>- 1 Válvula mariposa<br>- 1 Filtro<br>- 1 Válvula automática<br>- 10 Uniones                                | - 2 Codos 90°<br>- 1 Válvula mariposa<br>- 1 Filtro<br>- 1 Válvula automática<br>- 8 Uniones |

Diámetro de tubería: - Interno: 9,01 m  
- Externo: 10,16 m

Como puede observarse, la reducción de la longitud de la tubería influye directamente sobre el área disponible para transferencia de calor desde el medio al fluido, presentando un porcentaje de reducción de 59,4% en la línea de producción 3 y de 46,8% en la línea de producción 4, lo cual puede ser considerado como estimador preliminar de la disminución de la diferencia de temperatura, debido a que la transferencia de calor es directamente proporcional al área de transferencia ( $A_{tubería}$ ) y al coeficiente convectivo del aire ( $h_{aire}$ ) en la pared externa de la tubería ( $Q_C = A_{tubería} * h_{aire} * (T_{pared} - T_{amb})$ ), obteniendo una mejora estimada entre el carbonatador y la llenadora de 6,1°C a 3,6°C en la línea 3 y de 3,1°C a 1,5°C en la línea 4.

A fin de definir los nuevos parámetros del proceso, se ha de realizar un diseño experimental que permita establecer las mejores condiciones, con el objeto de asegurar la menor variabilidad de los mismos y del grado de carbonatación presente en la bebida. Para ello se definieron los siguientes parámetros del diseño de experimentos:

**Propuesta de diseño de experimento – Líneas de producción 3 y 4:**

**Tipo Factorial 3<sup>2</sup> (aleatorizado):** se dispone de tres variables fundamentales en la operación del sistema carbonatador: alimentación principal, presión de inyección y presión de estabilización, siendo la condición de respuesta el volumen de CO<sub>2</sub> contenido en la bebida; partiendo de los resultados obtenidos (véase Tabla 5.16 y 5.17), se establecieron los siguientes factores y niveles:

- o Factor A: Presión de alimentación de CO<sub>2</sub>
  - Nivel 1: 145 psig
  - Nivel 2: 130 psig
- o Factor B: Presión de inyección de CO<sub>2</sub>
  - Nivel 1: 105 psig
  - Nivel 2: 95 psig
- o Factor C: Caída de presión Carbonatador – Llenadora
  - Nivel 1: Presión Carbonatador: 75,0 psig  
Presión Llenadora: 60 psig  
Caída de presión: 10 psi
  - Nivel 2: Presión Carbonatador: 65 psig  
Presión Llenadora: 60 psig  
Caída de presión: 5 psig
- o Variable respuesta:
  - Carbonatación
  - Diferencia de temperatura Carbonatador-Llenadora
  - Tiempo de falla (permite establecer nuevos niveles)
- Número de réplicas: 3 (ídem sistema de enfriamiento)
- Orden de corridas experimentales:

| Orden estándar | Orden de corrida | Factor A (psig) | Factor B (psig) | Factor C (psi) |
|----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 14             | 1                | 145             | 95              | 5              |
| 8              | 2                | 145             | 105             | 5              |
| 12             | 3                | 130             | 105             | 5              |
| 13             | 4                | 145             | 95              | 10             |
| 20             | 5                | 130             | 105             | 5              |
| 6              | 6                | 145             | 95              | 5              |
| 23             | 7                | 145             | 105             | 10             |
| 5              | 8                | 145             | 95              | 10             |
| 15             | 9                | 145             | 105             | 10             |
| 9              | 10               | 130             | 95              | 10             |
| 4              | 11               | 130             | 105             | 5              |
| 22             | 12               | 145             | 95              | 5              |
| 24             | 13               | 145             | 105             | 5              |
| 11             | 14               | 130             | 105             | 10             |
| 19             | 15               | 130             | 105             | 10             |
| 18             | 16               | 130             | 95              | 5              |
| 7              | 17               | 145             | 105             | 10             |
| 17             | 18               | 130             | 95              | 10             |
| 2              | 19               | 130             | 95              | 5              |
| 1              | 20               | 130             | 95              | 10             |
| 16             | 21               | 145             | 105             | 5              |
| 3              | 22               | 130             | 105             | 10             |
| 10             | 23               | 130             | 95              | 5              |
| 21             | 24               | 145             | 95              | 10             |

Adicionalmente, antes de llevar a cabo el diseño experimental se deben realizar modificaciones al sistema de medición actual, con la finalidad de estandarizar métodos y rangos de variación en cada unidad.

El establecimiento de las condiciones operacionales y de las propuestas del proceso se realizaron tomando en consideración criterios técnicos de ajustes del sistema actual, empleando materiales y mano de obra disponibles en el área productiva. Seguidamente, se realizó la evaluación técnica y económica de las mejoras que requieren de la incorporación de nuevos equipos de instrumentación y control, así como modificaciones y redistribuciones del sistema, a fin de asegurar, garantizar y sostener la rentabilidad, los costos y los índices de calidad asociados al proceso de manufactura actual.

## **6.2 ESTABLECIMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICO-ECONÓMICAS FACTIBLES DE REDUCCIÓN DE PRODUCTOS NO CONFORMES Y PÉRDIDAS DE MATERIALES OCASIONADAS POR LOS MISMOS.**

Las alternativas de solución se establecieron en relación al monitoreo y control de las variables críticas del proceso detectadas, y de acuerdo a la disponibilidad y variedad de equipos de instrumentación presentes en el mercado. Para cada unidad se determinaron las siguientes oportunidades de mejoras:

### **SISTEMA DE MEZCLA:**

**Oportunidad de mejora 1:** monitoreo y control del caudal de operación de la bomba y de °Brix obtenidos en el proceso.

**Oportunidad de mejora 2:** monitoreo y control del pH del agua y jarabe terminado suministrados al sistema de mezcla en línea.

### **Equipos requeridos:**

- Flujómetro en línea de descarga de agua
- Válvula de control automática
- Medidor de °Brix en línea
- Controlador de pH en línea

**Descripción de propuesta de mejora:**

1. Control del flujo de alimentación al sistema de enfriamiento en función de la velocidad de producción; monitoreo remoto (a distancia)
2. Estabilización del caudal de operación y caudales de alimentación
3. Medición de °Brix en línea (monitoreo remoto)
4. Medición y control del pH de los productos en proceso (agua-jarabe terminado)

**Método de control (Fase inicial):**

- Medición del caudal de agua en la bomba y determinación del caudal de operación a partir de la relación de dilución de agua-jarabe terminado.
- Determinación de la relación de porcentaje de apertura de la válvula de control y el caudal de operación.
- Establecimiento de los valores mínimos del caudal de operación y porcentaje de apertura de la válvula, a la velocidad de producción máxima requerida.
- Medición de °Brix en línea.
- Medición del pH en línea
- Establecimiento de sistemas ANDON (respuesta/relación ante anomalías), visuales y de control automático (paro de línea ante anomalías)
- Cartas de control de procesos de los registros del parámetro en línea.
- Determinación de los índices de capacidad de procesos de °Brix y pH.
- Evaluación técnico-económica de control automático de °Brix en línea y determinación de los lazos de control requeridos y las respuestas del sistema (a largo plazo).

**Comparación de método actual y propuesta:**

| <b>Método Actual</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Método Propuesto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de operación de la bomba superior al caudal requerido</li> <li>- Controles manuales de las variables</li> <li>- Tiempos de ciclos cortos</li> <li>- Paradas por deficiente caudal de alimentación en relación al caudal de operación de la bomba</li> <li>- Medición de °Brix en producto terminado</li> <li>- Control manual de °Brix</li> <li>- Medición de pH en producto terminado y en los procesos previos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de operación de la bomba en función del caudal de procesamiento requerido</li> <li>- Control automático de variables</li> <li>- Tiempos de ciclos infinitos</li> <li>- Estabilización del caudal de alimentación, caudal operacional y caudal requerido por el sistema</li> <li>- Medición de °Brix en línea</li> <li>- Control automático de °Brix</li> <li>- Monitoreo y control en línea del pH de los productos en proceso. Control de las fases de saneamiento y remoción de productos detergentes y desinfectantes (ácidos y alcalinos)</li> </ul> |

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:**

**Oportunidad de mejora:** monitoreo y control de la temperatura de la bebida obtenida en el sistema de enfriamiento.

**Equipos requeridos:**

- Termorresistencias metálicas RTD's

**Descripción de propuesta de mejora:**

1. Control de la temperatura en función del caudal de alimentación a la cabina de enfriamiento y volumen contenido en el tanque acumulador de refrigerante (monitoreo remoto)
2. Estabilización del nivel de líquido refrigerante en el acumulador

**Método de control (Fase inicial):**

- Medición de temperaturas y eficiencias del sistema de enfriamiento para la reducción del caudal de la bomba de mezcla
- Determinación de la relación existente entre el caudal de alimentación al sistema, la temperatura de la bebida obtenida y el volumen contenido en el tanque acumulador de refrigerante



- Establecimiento de los valores de caudal de operación y temperatura mínimos para el volumen máximo de refrigerante en el acumulador, a la velocidad de producción máxima requerida.
- Establecimiento de sistemas ANDON (respuesta/relación ante anomalías), visuales y de control automático (paro de línea ante anomalías)
- Cartas de control de procesos de los registros de temperatura en línea.
- Determinación de los índices de capacidad de procesos para la temperatura de la bebida.
- Evaluación técnico-económica de control automático de temperatura en línea y determinación de los lazos de control requeridos y las respuestas del sistema (a largo plazo).

**Comparación del método actual y propuesta:**

| <b>Método Actual</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>Método Propuesto</b>                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controles manuales de las variables</li> <li>- Temperatura de bebida entre 2,8 y 5,7°C</li> <li>- Volumen de refrigerante deficiente para la carga térmica a procesar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control automático de variables</li> <li>- Temperaturas entre 0 y 2°C</li> <li>- Volumen de refrigerante definido a condiciones óptimas de operación</li> </ul> |

**SISTEMA DE CARBONATACIÓN Y ENVASADO:**

**Oportunidad de mejora:** monitoreo y control del caudal de operación de la bomba e inyección de CO<sub>2</sub>, así como medición y control en línea de la carbonatación en el proceso.

**Equipos requeridos:**

- Flujómetro en línea de inyección de CO<sub>2</sub>
- Flujómetro en línea de descarga de bebida (bomba de carbonatación)
- Válvula de control automática
- Medidor de carbonatación en línea

**Descripción de propuesta de mejora:**

1. Control del flujo de alimentación de CO<sub>2</sub> y bebida en el sistema de carbonatación, en función de la velocidad de producción.
2. Estabilización del caudal de operación y caudales de alimentación
3. Medición de carbonatación en línea (monitoreo remoto)

**Método de control (Fase inicial):**

- Medición del caudal de bebida en la bomba y del CO<sub>2</sub> en el difusor.
- Determinación de la relación de caudal de CO<sub>2</sub> a caudal de bebida.
- Determinación de la relación de porcentaje de apertura de la válvula de control y el caudal de operación.
- Establecimiento de los valores mínimos del caudal de operación y porcentaje de apertura de la válvula, a la velocidad de producción máxima requerida.
- Medición de carbonatación en línea.
- Establecimiento de sistemas ANDON (respuesta/relación ante anomalías), visuales y de control automático (paro de línea ante anomalías)
- Cartas de control de procesos de los registros del parámetro en línea.
- Determinación de los índices de capacidad de procesos de carbonatación.

**Comparación de método actual y propuesta:**

| Método Actual                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Método Propuesto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de operación de la bomba superior al caudal requerido</li> <li>- Controles manuales de las variables</li> <li>- Tiempos de ciclos cortos</li> <li>- Medición de Carbonatación en producto terminado</li> <li>- Control manual de Carbonatación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de operación de la bomba en función del caudal de procesamiento requerido</li> <li>- Control automático de variables</li> <li>- Tiempos de ciclos infinitos</li> <li>- Medición de Carbonatación en línea</li> <li>- Control automático de Carbonatación (flujos volumétricos)</li> </ul> |

A continuación se presentan los criterios de selección de cada uno de los equipos a instalar en las líneas de producción.

**CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS:**

**1. MEDIDORES DE FLUJO:** para llevar a cabo la selección del tipo de medidor se establecieron los siguientes criterios:

1. *No recomendado*
2. *Bueno*
3. *Excelente – Recomendado*

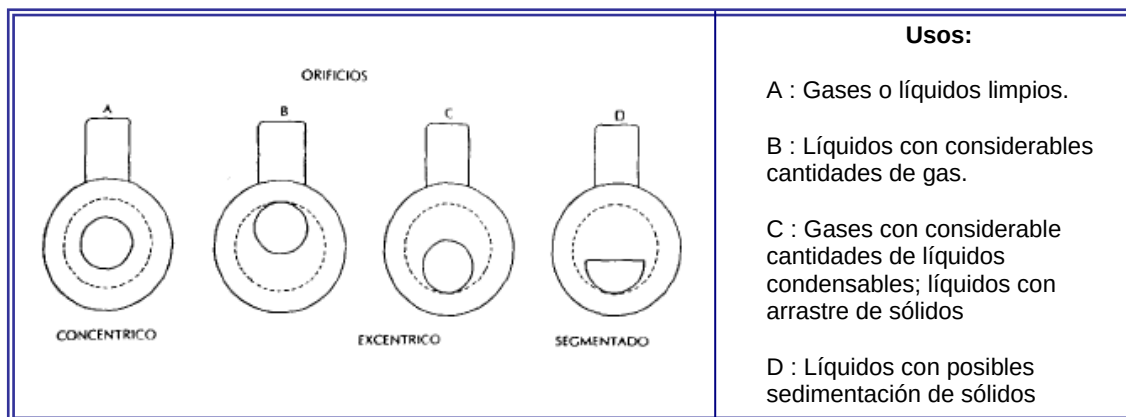
Los renglones a evaluar son los siguientes:

- **Precisión y exactitud:** capacidad del equipo para efectuar mediciones de forma reproducible, repetibles y reales. Presencia de bajos niveles de ruido y poca influencia de las condiciones externas.
- **Caída de presión ocasionada:** el instrumento a seleccionar debe presentar poca o ninguna caída de presión en la línea de conexión, evitando afectar el cabezal de la bomba.
- **Mantenimiento:** debe presentar el mínimo desgaste y recambio de partes en función de las características del fluido. Debe ocupar el mínimo espacio posible, siendo capaz de soportar ambientes hostiles y fluidos corrosivos.
- **Costo:** debe presentar costo razonable al alcance del proyecto y a los requerimientos del medidor.

Comercialmente se dispone de los siguientes tipos de medidores:

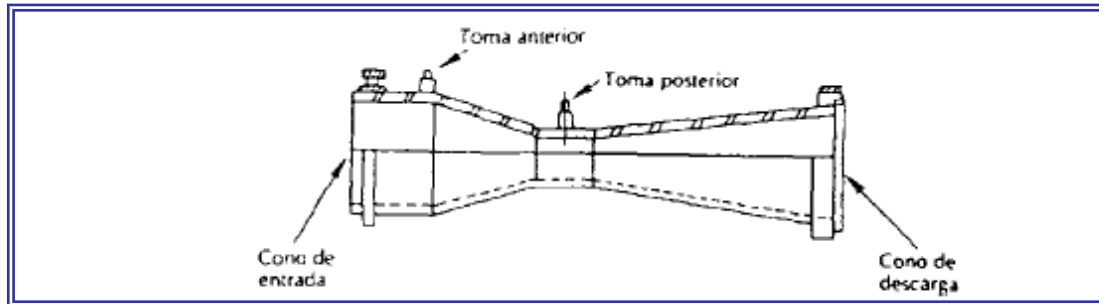
**I. PRESIÓN DIFERENCIAL:** restricción del paso del fluido y generación de presión estática:

**I.1 Placa de orificio:** El fluido circula a través de un orificio, cuya área es constante y menor a la sección transversal del conducto cerrado, aumentando apreciablemente la velocidad (energía cinética) a expensas de la disminución de la presión estática (caída de presión), ocasionando elevadas pérdidas de carga y pueden sufrir erosión. Son de bajo costo, ocupan poco espacio y pueden ser instaladas en cualquier dirección y sentido de flujo.



**Figura 6.3 Tipos de placa de orificios y usos más comunes.**  
Fuente: McCabe-Thiele

**I.2 Tubo Venturi:** consiste en un estrechamiento y salida gradual cónica, y se utiliza cuando se debe limitar la caída de presión, generando pocas pérdidas de carga y pueden ser instalados en cualquier dirección y sentido del flujo. Ocupan espacios relativamente grandes y debido a las características de diseño son de costos elevados. Aplicable a gases y líquidos.

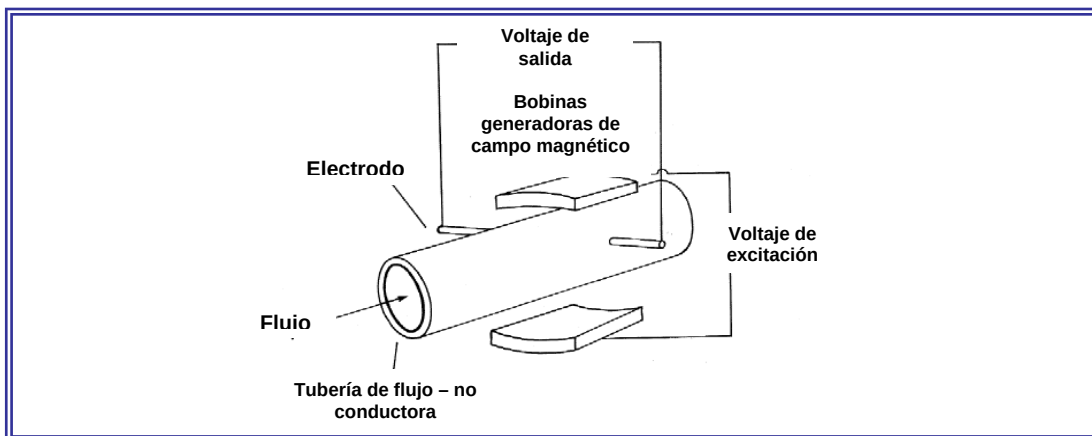


**Figura 6.4 Tubo Venturi.**

Fuente: McCabe-Thiele

**II. VELOCIDAD:** proporcionan el valor de acuerdo a mediciones del flujo a través de secciones de área variable, fenómenos mecánicos, electromagnéticos, ultrasónicos, etc.

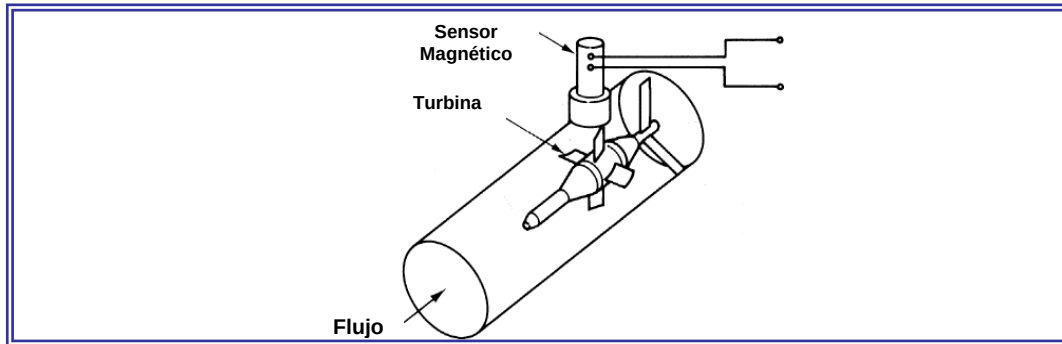
**II.1 Electromagnético:** se basa en la ley de inducción de Faraday, a partir del voltaje inducido en un conductor (E) que se mueve en un campo magnético, el cual es proporcional a la velocidad del conductor (V), dimensión del conductor (D) y fuerza del campo magnético (B), relacionadas a partir de  $E = K \cdot V \cdot D \cdot B$ . Poco sensibles a los perfiles de velocidad y exigen conductividad de  $5 \text{ m}\Omega/\text{cm}$ . Se usan para gran variedad de líquidos con diferentes propiedades de transporte. No originan caída de presión.



**Figura 6.5 Flujómetro electromagnético.**

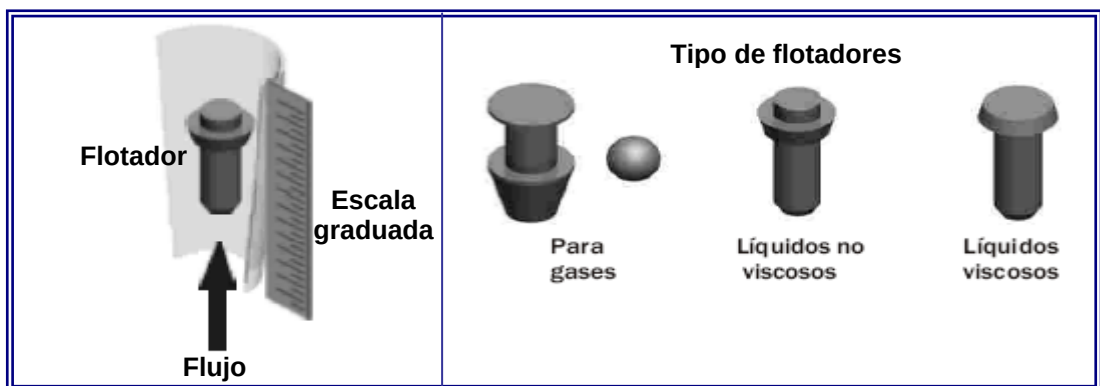
Fuente: McCabe-Thiele

**II.2 Turbina:** se basa en el giro o revoluciones por minuto de un rotor, el cual es proporcional a la del fluido, y por lo tanto al caudal instantáneo. La velocidad se mide por conexión mecánica o por pulsos electrónicos generados por cada giro. Aplicables a gases y líquidos limpios de baja viscosidad. Presentan pérdida de cargas y desgastes de partes móviles.



**Figura 6.6 Flujómetro de turbina.**  
Fuente: McCabe-Thiele

**II.3 Rotámetro:** medidor de área variable que proporcionan caída de presión constante. El fluido entra por la parte inferior del tubo y hace que el flotador suba hasta el área anular de la pared del tubo, de tal manera que la caída de presión equilibre el peso del flotador. Están diseñados para la medición y control de caudales de gases y líquidos, y deben ser instalados de forma vertical. No son aptos para flujo con material particulado o muy viscosos.



**Figura 6.7 Rotámetro.**  
Fuente: McCabe-Thiele

En base a la descripción realizada para cada equipo, se elaboró la siguiente matriz de criterios ponderados, presentada en la Tabla 6.6.

**TABLA 6.6**  
**MATRIZ DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE FLUJO CONTINUO**  
**DE AGUA, BEBIDA Y CO<sub>2</sub>**

| Fluido          | Tipo de medidor        |                   | Precisión/<br>Exactitud | Caída de<br>presión | Mantenimiento | Costo | Puntuación |
|-----------------|------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------|-------|------------|
| Agua/<br>Bebida | Presión<br>diferencial | Placa de orificio | 2                       | 1                   | 1             | 3     | 7          |
|                 |                        | Venturi           | 2                       | 2                   | 2             | 1     | 7          |
|                 | Velocidad              | Electromagnético  | 3                       | 3                   | 2             | 2     | 10         |
| CO <sub>2</sub> | Presión<br>diferencial | Venturi           | 2                       | 2                   | 1             | 1     | 6          |
|                 |                        | Turbina           | 2                       | 2                   | 2             | 2     | 8          |
|                 | Velocidad              | Rotámetro         | 3                       | 3                   | 3             | 3     | 12         |

Se selecciona el medidor electromagnético para el caudal de agua y bebida, y medidores de área variable tipo rotámetros para el caudal de CO<sub>2</sub>, ya que obtuvieron la mayor puntuación y adicionalmente, presentan los siguientes criterios a favor:

1. Los medidores electromagnéticos pueden ser de diseño sanitario y materiales de construcción resistentes a la corrosión. Disponen de amplio rango de respuestas en función de los requerimientos del usuario (respuestas lineales o PID) que facilitan el control de las condiciones operacionales.
2. El rotámetro facilita el control visual del caudal de CO<sub>2</sub>, por ser un gas puro e incoloro; adicionalmente la energía para operar será aportada por el mismo fluido, permitiendo preestablecer dos puntos de control de acuerdo a la posición del flotante (caudal mínimo y máximo), a partir de sensores en la escala graduada del instrumento, estableciendo puntos de control y activación de sistemas de alerta ante anomalías.

### **MEDIDORES DE CARBONATACIÓN Y °BRIX:**

Comercialmente se tienen disponibles los siguientes equipos:

#### **I.1 Medidores de °Brix en línea (refractómetros ópticos en línea):**

- ATAGO
- MASSELLI
- MISCO

#### **II.2 Medidores de Carbonatación en línea:**

- ANTON PAAR
- MASSELLI
- HAFFMAN

### **III.3 Medidores de °Brix y Carbonatación en línea:**

- ANTON PAAR
- MASSELLI
- HAFFMAN

### **III.4 Medidores de Carbonatación en producto terminado:**

- ANTON PAAR
- ZAHM & NAGEL

Actualmente, se han adquirido refractómetros portátiles ATAGO para la medición de °Brix en el producto terminado, y en las distintas plantas del grupo se emplea la tecnología proporcionada por ANTON PAAR para la medición y control tanto de los °Brix como de la carbonatación, resultando confiables, versátiles y económicamente competitivos. Se requiere equipos por separado para la medición de °Brix en línea, y carbonatación en los tanques de estabilización, envasado y producto terminado, seleccionando los siguientes equipos:

**MEDICIÓN DE °BRIX EN LÍNEA:** se seleccionó de acuerdo a los siguientes criterios, indicados en la Tabla 6.7.

**TABLA 6.7**  
**CRITERIO DE SELECCIÓN DE MEDIDORES DE °BRIX EN LÍNEA**

| <b>Equipo</b>              | <b>Lectura</b> | <b>Precisión (%)</b> | <b>Rango de lectura (°Brix)</b> | <b>Rango de temperatura de operación (°C)</b> | <b>Costo (\$)</b> | <b>Criterio de selección</b> |
|----------------------------|----------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| COLE PALMER<br>EW-81005-00 | Analógico      | $\pm 5,0$            | [0 ; 80]                        | [-18 ; 120]                                   | 1170,0            | Bajo                         |
| ATAGO<br>ATA-3546          | Digital        | $\pm 0,2$            | [0 ; 78]                        | [5 ; 100]                                     | 4000,0            | Aceptable                    |
| MISCO                      | Digital        | $\pm 1,0$            | [0 ; 30]                        | [-29 ; 100]                                   | 6470,5            | Alto                         |

El medidor COLE PALMER presenta baja precisión, ocasionando gran margen de error, debido a la respuesta analógica del mismo, lo cual dificulta su monitoreo y control (aguja indicadora). El medidor MISCO opera dentro de un rango de °Brix de 0 a 30° y no podrá ser utilizado para llevar a cabo mediciones de jarabe terminado (°Brix = 50,6°), además su precio es elevado debido a la versatilidad del instrumento en el control de parámetros. El medidor ATAGO presenta el precio más competitivo de la lista, operando dentro de los rangos requeridos y de alta precisión, actualmente es proveedor de instrumentos al departamento de aseguramiento de la calidad, razones por las cuales se seleccionó.

### **MEDIDORES DE CARBONATACIÓN EN LÍNEA Y PRODUCTO TERMINADO:**

actualmente se dispone de equipos de medición en producto terminado del proveedor ZAHM & NAGEL en la planta de Venezuela y equipos ANTON PAAR en las plantas de México, por lo cual se ha de justificar su compra en relación a:

1. Facilidad y rapidez de procesamiento de muestras.
2. Confiabilidad y precisión.
3. Reducción de tiempos de muestreo y toma de decisiones
4. Incremento de puntos de control en el proceso.

Se elaboró la siguiente tabla comparativa:

| <b>MÉTODO ZAHM &amp; NAGEL</b>                                                                                                                                                                               | <b>MÉTODO ANTON PAAR</b>                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Se basa en el principio de la ley de Henry, en la cual el contenido de CO <sub>2</sub> disuelto es proporcional a la presión parcial del CO <sub>2</sub> en líquido                                       | 1. Se basa en el principio de la ley de Henry, en la cual el contenido de CO <sub>2</sub> disuelto es proporcional a la presión parcial del CO <sub>2</sub> en líquido                                                     |
| 2. Se basa en la medición de presión sobre el líquido a temperatura constante, determinando el contenido de CO <sub>2</sub> a partir de este valor                                                           | 2. Se basa en el método de expansión volumétrica, determinando la presión parcial sobre el líquido a dos condiciones de volumen y temperatura, corrigiendo el valor si presentan diferencias                               |
| 3. Es requerido purgar el sistema o eliminar el gas ocupado en el espacio libre de la botella para minimizar los efectos de otros gases disueltos, produciendo pérdida de parte del CO <sub>2</sub> disuelto | 3. No requiere purga del sistema, ya que corrige la interferencia de otros gases disueltos al expandir el volumen de la cámara, y debido a la diferencias de solubilidades entre el aire y CO <sub>2</sub> 50 veces menor. |
| 4. Requiere agitación manual o inducida para el desplazamiento del CO <sub>2</sub> disuelto hacia el espacio libre de la botella                                                                             | 4. El llenado de la cámara volumétrica se realiza de forma automática                                                                                                                                                      |
| 5. La respuesta del equipo depende de la presión y temperatura y su obtención depende del analista.                                                                                                          | 5. La respuesta del equipo es inmediata, a través de una pantalla LCD, y dispone de dos interfaz para conectar a impresoras o PC.                                                                                          |
| 6. Medición sólo en producto terminado                                                                                                                                                                       | 6. Medición en producto terminado y en línea                                                                                                                                                                               |
| 7. No dispone de capacidad de almacenamiento de datos                                                                                                                                                        | 7. Capacidad de almacenamiento de 100 lecturas                                                                                                                                                                             |
| 8. Tiempo de procesamiento de muestras de 2 minutos                                                                                                                                                          | 8. Tiempo de procesamiento de muestras de 1 ½ minutos                                                                                                                                                                      |
| 9. Menos de 10 veces el costo del Antón Paar                                                                                                                                                                 | 9. Costo de 14000 \$                                                                                                                                                                                                       |



El instrumento ANTON PAAR presenta mayor número de características favorables, ya que permite obtener resultados altamente confiables, libres de errores humanos y de la influencia de otros gases disueltos, permitiendo descargar los datos a procesadores; adicionalmente permite realizar mediciones en línea, tanques de carbonatación, envasado y producto terminado, evaluando la eficiencia de los sistemas y las pérdidas entre equipos. Por último puede ser empleado para la evaluación de todas las líneas de producción, facilitando el procesamiento de muestras por parte de los analistas. Su diseño robusto permite su traslado a diferentes puntos de control sin inconvenientes.

Por último, se establecen los equipos de proceso que complementarán las propuestas:

**1. Medidores y sensores de temperatura:** se empleará resistencias metálicas RTD's, resistentes a la corrosión y medios hostiles, de comportamiento lineal a los cambios de temperatura (respuesta rápida), altamente sensibles y estables. Costo: 390 \$

**2. Medidores de pH:** se emplearán sensores electródicos de pH, para operar en el rango de 0 a 14 unidades de pH (adim) compensada por temperatura, para el control del parámetro en agua y jarabe terminado. Costo: 395 \$

**3. Válvulas controladoras neumáticas de diafragma:** posicionador programable y respuesta lineal o PID definida por el usuario según los requerimientos. Costo: 985 \$

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los equipos seleccionados, el costo unitario, cantidad requerida y el total a invertir en las líneas:

**TABLA 6.8**  
**PROPUESTAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS**

| Parámetro de control |               | Equipo                                       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      | Costo (\$) | Cantidad requerida | Costo Total (\$) |
|----------------------|---------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------------|
| CALIDAD              | °Brix         | Refractómetro óptico en línea ATAGO ATA-3546 | Medición de °Brix en el rango de 0,0 to 78,0%, precisión de $\pm 0,2\%$ , resistente al agua. Puede ser incorporado a las líneas de producción en los procesos de mezclado en la industria de alimentos y bebidas para la medición y control del contenido de azúcar; dispone de compensación automática por temperatura para la determinación de la concentración a 20°C                                                                                                                                                                                                                                                     |   | 4.000,00   | 2                  | 8.000,00         |
|                      | Carbonatación | CARBOQC                                      | Rango de medición de 0 a 6 g/L (0 a 6 Vol.) a 30°C y de 0 a 20°C temperaturas menores de 15°C. Dispone de repetibilidad de 0,01 g/L (0,005 Vol.) y reproducibilidad de 0,05 g/L (0,05 Vol.). Es un instrumento portátil y resistente, el cual emplea el método de expansión múltiple de volumen para eliminar la influencia de otros gases disueltos en la medición de CO <sub>2</sub> . Altamente preciso, requiere bajo volumen de muestra y proporciona resultados rápidos. Ideal para el control de calidad en el laboratorio y para el control aleatorio en bebidas contenidas en tanques y en las líneas de producción. |  | 14.000,00  | 1                  | 14.000,0         |

**TABLA 6.8 (Cont.)**  
**PROPUESTAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS**

| Parámetro de control |                   | Equipo                                          | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                      | Costo (\$) | Cantidad requerida | Costo Total (\$) |
|----------------------|-------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------------|
| PROCESO              | Flujo de líquidos | Flujómetro Electromagnético Fisher & Potter ABB | Flujómetro electromagnético EW-3162-22, de diseño sanitario y rango de operación de 7,93 a 158 gpm (30 a 600 L/min), 115 VAC y 1 1/2" de diámetro nominal de conexión. No ocasiona caída de presión y exige conductividad de 5 mΩ/cm, precisión de 0,25 a 1%, se emplea para medición de líquidos                                                                                                      |   | 4.730,00   | 4                  | 18.920,0         |
|                      |                   | Válvula de diafragma de control continuo EPDM   | Válvula de control continuo de fácil operación y calibración con posicionador programable, dispone de un microprocesador electrónico y sistema de control electroneumático ajustable a respuesta PID de control para el flujo. Requiere de 24 VCD de potencia de alimentación y un rango de presión de operación de 85 a 145 psig.<br><br>Coeficiente de dimensionamiento: 40,7<br>Orificio: 1 1/2 plg |  | 985,00     | 4                  | 3.940,0          |

**TABLA 6.8 (Cont.)**  
**PROPUESTAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS**

| Parámetro de control        |                | Equipo                                               | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                       | Costo (\$) | Cantidad requerida | Costo Total (\$) |
|-----------------------------|----------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|------------------|
| PROCESO                     | Flujo de Gases | Flujómetro de área variable Rotámetro KOBOLD SV-7212 | Flujómetro de área variable, de precisión $\pm 4\%$ A escala completa, de instalación vertical en la línea. Presión máxima de operación de 145psig y rango de flujo de 10 – 100 scfm de aire. Dispone de dos posiciones de control las cuales pueden definir el flujo mínimo y máximo en operación, emitiendo una señal eléctrica. Orificio: 1plg |    | 514,00     | 2                  | 1.028,0          |
|                             | Temperatura    | Termoresistencia metálica RTDs y controlador PID     | Controlador PID de temperatura. Termoresistencia de Platino de 100 $\Omega$ . Rango de operación de -50 a 50°C. Resistente a la corrosión; comportamiento lineal y de alta sensibilidad y estabilidad.                                                                                                                                            |    | 390,00     | 2                  | 780,0            |
|                             | pH             | Microprocesador controlador de pH INFINITY INFCPH    | Medidor digital, el cual dispone de un microprocesador programable para el control del pH. Incluye compensación manual o automática por temperatura, rápida calibración a pH 4, 7 y 10, sensores electrónicos de 100 o 1000 Ohm RTD. Precisión de $\pm 0,1\%$ . 115 o 230 VAC y salida de 5 A. Rango de 0,000 a 14,000 unidades de pH             |  | 395,0      | 4                  | 1.580,0          |
| TOTAL DE UNIDADES/INVERSIÓN |                |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                       |            | 19                 | 48248,0          |

Se obtuvo un total a invertir de 48.248,0 \$, procediendo a realizar la evaluación económica de la propuesta.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA:

Se establecieron dos alternativas de planeación:

**ALTERNATIVAS A:** Método actual

**ALTERNATIVA B:** Adquirir equipos que disminuyan o eliminen la generación de productos no conformes

Para cada alternativa se determinó:

**Tiempo de evaluación:** 5 años

**Ingresos brutos anuales:** Constantes durante el período de evaluación (condición crítica), y equivalentes a la producción promedio de las líneas en estudio.

**Costos operacionales anuales:** Cantidad de dinero por materias primas, personal (sólo operadores de línea); servicios, mantenimiento y procesos en general (equivalente al 45% de los costos por materia prima), y generación de productos no conformes (sólo los evaluados: carbonatación, °Brix y volumen de llenado)

**Inversión inicial:** 0\$ en el caso de continuar produciendo sin mejoras y 48.248,0 \$ implementando nuevos sistemas de medición y control.

**Flujos Monetarios Netos:** sumatoria de los costos operacionales y los ingresos brutos.

**Valor Actual de la propuesta:** sumatoria algebraica de los flujos monetarios al final del proyecto.

**Tasa pasiva de interés ( $i_{\min}$ ):** 10,07% (Banco Central de Venezuela)

A continuación se presentan los indicadores para cada caso, reservando parte de la información y respetando la confidencialidad de los datos proporcionados por la empresa:

**ALTERNATIVA A:**

- **Ingresos Brutos:** 62.038.215,3 \$/año (sólo líneas 3 y 4 – constante en el tiempo de estudio)

- **Costos Operacionales:** -35.527.778,1 \$/año (sólo líneas 3 y 4), de los cuales:

**Materia Prima:** 24.333.644,0 \$/año

**Personal:** 514 \$ (dos operadores de línea)

**Servicios, Mantenimiento, proceso:** 11.176.442,7 \$/año

**Producto no conforme:** equivalentes a 11.523,2 \$/año (0,033% del total producido) y constantes en el tiempo de estudio, de los cuales:

**Carbonatación:** 5.396,7 \$/año (0,015%)

**°Brix:** 4.342,3 \$/año (0,012%)

**Volumen de llenado:** 1.811,3 \$/año (0,005%)

- **Inversión Inicial:** 0,0 \$

**ALTERNATIVA B:**

- **Ingresos Brutos:** 62.038.215,3 \$/año (iguales al horizonte I)

- **Costos Operacionales:** -35.516.664,4 \$/año; equivalente a reducción del 99,9% del producto no conforme actual, de los cuales:

**Materia Prima:** 24.333.644,0 \$/año

**Personal:** 514 \$ (dos operadores de línea)

**Servicios, Mantenimiento, proceso:** 11.176.442,7 \$/año

**Producto no conforme:** equivalentes a 11,5 \$/año (0,000033% del total producido), de los cuales:

**Carbonatación:** 5,4 \$/año (0,000015%)

**°Brix:** 4,3 \$/año (0,000012%)

**Volumen de llenado:** 1,8 \$/año (0,000005%)

- **Inversión Inicial:** 48.248,0 \$

A continuación se presentan en la Tabla 6.9 los flujos monetarios anuales, así como los resultados obtenidos de los indicadores económicos.

**TABLA 6.9**  
**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA**

| SITUACIÓN ACTUAL - ALTERNATIVA A                                   |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                   |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Ingreso bruto :<br>(+ IB) <sub>i</sub> (\$)                        | \$0,0       | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  |                 |                   |
| Costo operacional :<br>(- COP) <sub>i</sub> (\$)                   | \$0,0       | -\$35.527.778,1 | -\$35.527.778,1 | -\$35.527.778,1 | -\$35.527.778,1 | -\$35.527.778,1 |                 |                   |
| Flujo monteario :<br>F <sub>i</sub> (\$)                           | \$0,0       | \$26.510.437,2  | \$26.510.437,2  | \$26.510.437,2  | \$26.510.437,2  | \$26.510.437,2  |                 |                   |
| Factor de<br>actualización:(P/S <sub>i,n</sub> )                   | 1,0000      | 0,9091          | 0,8265          | 0,7513          | 0,6830          | 0,6209          |                 |                   |
| Valor presente neto:<br>F <sub>i</sub> *(P/S <sub>i,n</sub> ) (\$) | \$0,0       | \$24.100.373,3  | \$21.909.550,8  | \$19.917.821,7  | \$18.107.423,9  | \$16.460.860,7  | VA (\$)         |                   |
| Tiempo (años)                                                      | año 0       | año 1           | año 2           | año 3           | año 4           | año 5           | \$100.496.030,4 |                   |
| SITUACIÓN PROPUESTA – ALTERNATIVA B                                |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                   |
| Ingreso bruto :<br>(+ IB) <sub>i</sub> (\$)                        | \$0,0       | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  | \$62.038.215,3  |                 |                   |
| Costo operacional :<br>(- COP) <sub>i</sub> (\$)                   | \$0,0       | -\$35.516.266,4 | -\$35.516.266,4 | -\$35.516.266,4 | -\$35.516.266,4 | -\$35.516.266,4 |                 |                   |
| Inversión inicial :<br>II (\$)                                     | -\$48.248,0 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                   |
| Valor residual de<br>equipos : VR (\$)                             |             |                 |                 |                 |                 | \$4.824,8       |                 |                   |
| Flujo monteario :<br>F <sub>i</sub> (\$)                           | -\$48.248,0 | \$26.521.948,9  | \$26.521.948,9  | \$26.521.948,9  | \$26.521.948,9  | \$26.526.773,7  |                 |                   |
| Factor de<br>actualización:(P/S <sub>i,n</sub> )                   | 1,0000      | 0,9091          | 0,8265          | 0,7513          | 0,6830          | 0,6209          |                 | Tiempo de<br>pago |
| Valor presente neto:<br>F <sub>i</sub> *(P/S <sub>i,n</sub> ) (\$) | -\$48.248,0 | \$24.110.838,5  | \$21.919.064,7  | \$19.926.470,7  | \$18.115.286,8  | \$16.471.004,3  | VA (\$)         | Años              |
| Tiempo (años)                                                      | año 0       | año 1           | año 2           | año 3           | año 4           | año 5           | \$100.494.417,0 | Horas             |
|                                                                    |             |                 |                 |                 |                 |                 | 0,002           | 16                |
| FLUJO EXTRA DE CAJA (A-B)                                          |             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                   |
| Flujo Extra : FE (\$)                                              | -\$48.248,0 | \$11.511,7      | \$11.511,7      | \$11.511,7      | \$11.511,7      | \$16.336,5      | VA (\$)         | TIR (\$)          |
| Tiempo (años)                                                      | año 0       | año 1           | año 2           | año 3           | año 4           | año 5           | -\$1.613,4      | 8,74%             |

De los resultados anteriores se obtuvieron los indicadores económicos presentados en la Tabla 6.10.

**TABLA 6.10**  
**INDICADORES ECONÓMICOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS**

| Proyecto      | Indicadores Económicos |                        |                             |
|---------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
|               | Valor Actual (\$)      | Equivalente Anual (\$) | Tasa Interna de retorno (%) |
| Alternativa A | 100.496.030,4          | 20.405.719,0           | N/A                         |
| Alternativa B | 100.494.417,0          | 20.405.391,4           | N/A                         |
| Flujo Extra   | -1.613,4               | -327,6                 | 8,74                        |

Utilizando el criterio de maximización del valor actual, se selecciona la alternativa A, por presentar el mayor valor actual a una tasa de interés mínima de 10%, esto se evidencia con la evaluación del flujo extra, el cual da como resultado un valor actual menor a cero, indicando como mejor alternativa la de menor inversión inicial (alternativa A correspondiente al método actual). Sin embargo ya que no existe diferencia significativa entre los valores obtenidos, se procedió a efectuar un análisis de sensibilidad.

#### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:**

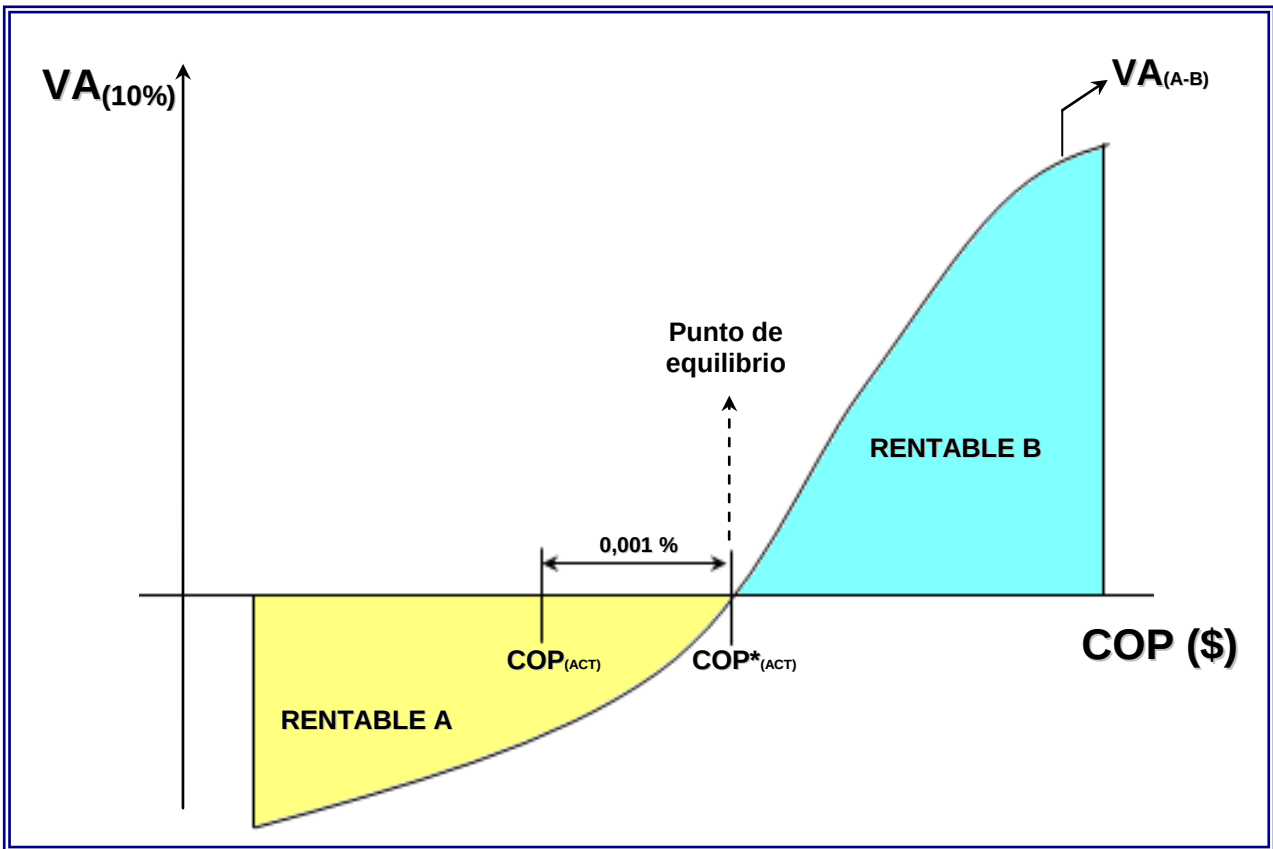
Se tomó como variable crítica los costos operacionales del método actual, ya que están propensos a variación dadas las condiciones. Utilizando la metodología de evaluación del flujo extra y manteniendo la misma tasa mínima de rendimiento (10%), se determinó el valor mínimo que ocasiona cambio en los resultados anteriores, obteniendo, los resultados presentados en la Tabla 6.11

**TABLA 6.11**  
**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PROPUESTA REALIZADA**

| Valor actual propuesta (\$) | Ingresos Brutos (\$) | Costo operacional actuales (\$) |               | Variación máxima de COP (%) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------|
|                             |                      | actual                          | mínimo        |                             |
| 100.494.417,0               | 62.038.215,3         | -35.527.778,1                   | -35.527.434,4 | 0,001                       |

De la Tabla 6.11, se obtiene una variación máxima de 0,001% de los costos operacionales para que la propuesta sea rentable, lo cual se representa en la Figura 6.8.





**Figura 6.8 Representación gráfica del análisis de sensibilidad.**

En la Figura 6.8 puede apreciarse que cualquier incremento del costo operacional, por el orden del 0,001% anual, ya sea debido a productos no conformes, descenso en los volúmenes de producción, aumento salarial, además de la variabilidad mostrada por el proceso, los índices de capacidad obtenidos y las fluctuaciones o cambios bruscos de los parámetros en las líneas, requerirá de la implementación de los equipos de control de procesos, justificando de esta forma la inversión requerida y la instalación de los equipos en las líneas de producción.

Adicionalmente, se estima un periodo de recuperación de la inversión de 0,002 años, equivalentes 16 horas de producción, lo cual significa que sólo con las ganancias generadas en dos turnos de producción se recupera el capital invertido, complementando de esta forma el criterio de selección anterior.

## CAPÍTULO VII

### PLAN DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE LLENADO

En el siguiente capítulo se presenta de forma resumida, cada uno de los parámetros de calidad y de procesos, rangos de variación, acciones y responsabilidades en caso de desviación.

**El Manual de Calidad** es un documento que gestiona o administra el sistema de calidad de la empresa, el cual en general sirve para indicar la estructura de la calidad de la organización, es decir, esta orientado en cuanto a los procesos del producto que se ofrece. El manual de calidad lleva secuencialmente los requisitos establecidos bajo norma, de manera que se disponga de una guía eficaz y un mejor control del mismo pudiendo comparar punto por punto. Es un documento único e irrepetible el cual puede tener revisiones para su mejora detectadas por la misma organización o sugeridas por el cliente. Por consiguiente debe haber sólo un manual de calidad para toda la empresa, a diferencia del plan de calidad el cual puede haber varios dentro de una misma organización.

**Los planes de calidad** al igual que el manual de calidad es un documento que gestiona al sistema de calidad de la organización, y aplica solo para algún proceso, trabajo o proyecto en específico, por tal motivo en la organización existe un plan de calidad para cada proceso los cuales en conjunto están relacionados a la obtención del producto final. El plan de la calidad indica los lineamientos de la ejecución del proceso, mientras que el plan de calidad establece como debe ejecutarse siguiendo los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2000, normas vigentes y todas aquellas que apliquen según la organización.

A partir de las evaluaciones realizadas, se diseñó el siguiente documento, el cual establece las variables a medir, los rangos de variación, las frecuencias de monitoreo, los responsables de hacer seguimiento y cumplimiento, las referencias a métodos de evaluación e instructivos, y las acciones a tomar en caso de desviación.

**TABLA 7.1**  
**PLAN DE LA CALIDAD PROCESO DE LLENADO (LÍNEAS 3 Y 4)**

| Nº | CARACTERÍSTICA A EVALUAR<br>PROCESO/PRODUCTO | Especificación<br>Proceso / Producto | Frecuencia<br>de Muestreo | Responsable                               | Método de<br>Evaluación | Registro  | Acción en<br>Caso de<br>Desviación |
|----|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------------|
|    | <b>PROCESO:</b>                              |                                      |                           |                                           |                         |           |                                    |
| 1  | Presión del amoniaco                         | (40 – 55)psig                        | Cada hora                 | Operador                                  | Visual                  | FO-PR-064 | Ver tabla de<br>desviación         |
| 2  | Presión de alimentación de CO <sub>2</sub>   | (140 – 160)psig                      |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
| 3  | Presión de precarbonatador (Inyector)        | (75 – 105)psig                       |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
| 4  | Presión carbonatador                         | (70 – 80)psig                        |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
| 5  | Presión de la taza (envasadora)              | (4,2 – 4,6)bar                       |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
| 6  | Temperatura a la salida del enfriador        | (2,5 – 6,0)°C                        |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
| 8  | Temperatura de la bebida en la envasadora    | (7 – 9)°C                            |                           |                                           | Visual                  |           |                                    |
|    | <b>AMBIENTE:</b>                             |                                      |                           |                                           |                         |           |                                    |
| 9  | Presencia de mohos y levaduras               | > 50 ufc                             | Mensual                   | Auditor de<br>calidad de<br>microbiología | IT-AC-065               | FO-AC-088 | Ver tabla de<br>desviación         |
| 10 | Presencia de bacterias                       | > 50 ufc                             |                           |                                           |                         |           |                                    |

**TABLA 7.1**  
**PLAN DE LA CALIDAD PROCESO DE LLENADO (LÍNEAS 3 Y 4)**

| Nº | CARACTERÍSTICA A EVALUAR<br>PROCESO/PRODUCTO      | Especificación<br>Proceso / Producto | Frecuencia de<br>Muestreo                                                | Responsable                                     | Método de<br>Evaluación | Registro                                | Acción en<br>Caso de<br>Desviación |
|----|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
|    | <b>PRODUCTO:</b><br><b><u>Microbiológicos</u></b> |                                      |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
| 11 | Recuento total de bacterias                       | (10 – 100)ufc                        | Una vez por<br>Semana                                                    | Auditor de<br>calidad del<br>área de<br>llenado | IT-AC-064               | FO-AC-062                               | Ver tabla de<br>desviación         |
| 12 | Presencia de mohos                                | (10 – 100)ufc                        |                                                                          |                                                 | IT-AC-065               |                                         |                                    |
| 13 | Presencia de levadura                             | (1 – 10)ufc                          |                                                                          |                                                 | IT -AC-081              |                                         |                                    |
| 14 | Pseudomonas                                       | > 3 NMP / mL                         |                                                                          |                                                 | IT-AC-066               |                                         |                                    |
| 15 | Presencia de coliformes                           | > 3 NMP / mL                         |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
| 16 | <b><u>Físico Químicos</u></b><br>° Brix:          |                                      | Liberación de<br>Línea (salida del<br>Enfriador) y cada<br>hora (Bebida) | Auditor de<br>calidad del<br>área de<br>llenado | IT-AC-069               | FO-AC-088<br>Ver tabla de<br>Desviación | Ver tabla de<br>desviación         |
|    | Cola con enhancer                                 | (9,0 – 9,2)°Brix                     |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
|    | Cola sin enhancer:                                | (10,3 – 10,7)°Brix                   |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
|    | Naranja/Piña                                      | (9,2 – 9,6)°Brix                     |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
|    | Limón                                             | (11,2 – 11,6)°Brix                   |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
| 17 | <u>Volumen de carbonatación:</u>                  |                                      | Cada hora                                                                | Auditor de<br>calidad del<br>área de<br>llenado | IT-AC-074               | FO-AC-065                               | Ver tabla de<br>desviación         |
|    | Cola                                              | (4,2 – 4,6)Vol                       |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
|    | Naranja/Piña                                      | (3,0 – 3,4)Vol                       |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
|    | Limón                                             | (3,9 – 4,3)Vol                       |                                                                          |                                                 |                         |                                         |                                    |
| 18 | Acidez (pH)                                       | (2,8 – 3,2)U.I.                      | Una vez por<br>Turno                                                     | Auditor de<br>calidad del<br>área de<br>llenado | IT-AC-073               | FO-AC-088                               |                                    |

**TABLA 7.1**  
**PLAN DE LA CALIDAD PROCESO DE LLENADO (LÍNEAS 3 Y 4)**

| Nº                                     | CARACTERÍSTICA A EVALUAR<br>PROCESO/PRODUCTO | Especificación<br>Proceso / Producto         | Frecuencia de<br>Muestreo | Responsable                                     | Método de<br>Evaluación | Registro            | Acción en<br>Caso de<br>Desviación |                                                                       |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 19                                     | <b>PRODUCTO:</b>                             | 9 pulg*lb - 18 pulg*lb                       |                           | Operador                                        | IT-AC-075               | FO-AC-065           | Ver tabla de<br>desviación         |                                                                       |
|                                        | <u>Capsulado:</u>                            |                                              | Cada hora                 |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Torque por unidad                           |                                              | Una vez por<br>Turno      |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Torque en serie a todos los<br>capsuladores | No debe presentarse                          | Una vez por<br>Turno      | Auditor de<br>calidad del<br>área de<br>llenado | Visual                  | FO-AC-088           |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Fugas                                       |                                              |                           |                                                 |                         | FO-AC-065           |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Precinto desprendido o partido              |                                              | Cada hora                 | Operador                                        |                         | FO-PR-064           |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪ Botella sin tapa                           |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| ▪ Tapa montada                         |                                              |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| 20                                     | Etiquetado bebida                            | No debe presentarse                          | Cada dos horas            | Operador                                        | Visual                  | FO-PR-064           | Ver tabla de<br>desviación         |                                                                       |
|                                        | ▪Sin etiqueta                                |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Descentrada                                 |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Despegada                                   |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Juntas desviadas                            |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Manchada                                    |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Corrugada, rota, golpeada                   |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| 21                                     | <u>Codificado:</u>                           | Debe coincidir con la línea de<br>producción | Una vez por<br>Turno      | Operador                                        | Visual                  | FO-AC-065           | Ver tabla de<br>desviación         |                                                                       |
|                                        | - <u>Contenido:</u>                          |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    | Debe corresponder con la<br>hora en la que se codifica el<br>producto |
|                                        | ▪ Línea                                      |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪ Hora de fabricación                        | Operador                                     | FO-PR-064                 | Ver tabla de<br>desviación                      |                         |                     |                                    |                                                                       |
|                                        | ▪Fecha de vencimiento                        |                                              |                           |                                                 |                         | No debe presentarse |                                    |                                                                       |
|                                        | <u>Apariencia:</u>                           |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| ▪Manchado, no legible                  |                                              |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| ▪ Desviado                             |                                              |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |
| - Faltante de línea de<br>codificación |                                              |                                              |                           |                                                 |                         |                     |                                    |                                                                       |

**TABLA 7.2**  
**TABLA DE DESVIACIÓN**

| Nº | Desviación                                                | Causa                                                                                                 | Acción                                                                                                                                                                 | Responsable                         |
|----|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | Presión del amoníaco muy alta fuera de rango              | - Fallas del sistema de compresión del amoníaco                                                       | - Detener la línea de producción e informar al Supervisor del área<br>- Chequear las condiciones de operación del sistema y los parámetros en los cuales está ajustado | - Operador<br>- Supervisor del área |
|    |                                                           | - Sistema de compresión de amoníaco no operativo debido a fallas eléctricas                           | - Detener la línea de producción e informar al Supervisor del área<br>- Chequear las condiciones de operación del sistema y los parámetros en los cuales está ajustado | - Operador<br>- Supervisor del área |
|    |                                                           | - Fallas en los ajustes del sistema de enfriamiento                                                   | - Informar al Supervisor del área<br>- Chequear las condiciones de operación del sistema y los parámetros en los cuales está ajustado                                  | - Operador<br>- Supervisor del área |
| 2  | Presión de alimentación de CO <sub>2</sub> fuera de rango | - Tanques de suministro de CO <sub>2</sub> en niveles bajos                                           | - Informar al Supervisor del área<br>- Cambiar de línea de alimentación de CO <sub>2</sub> a la línea alterna (tanques provisionales)                                  | - Operador<br>- Operador            |
|    |                                                           | - Fugas en las líneas de suministro de CO <sub>2</sub>                                                | - Informar al Supervisor del área , detener la línea de producción<br>- Chequear las tuberías y conexiones de alimentación de CO <sub>2</sub> y evaluar su condición   | - Operador<br>- Mantenimiento       |
| 3  | Presión de inyección de CO <sub>2</sub> fuera de rango    | - Variación de la presión de la línea de alimentación de CO <sub>2</sub> fuera del rango especificado | - Chequear la presión de CO <sub>2</sub> de la línea de alimentación                                                                                                   | - Operador / Supervisor             |
|    |                                                           | - Ajuste incorrecto de la válvula reguladora de presión                                               | - Informar al Supervisor del área<br>- Manipular la válvula reguladora de presión del precarbonatador, hasta ubicar la presión dentro del rango permitido              | - Operador<br>- Operador            |
| 4  | Presión del carbonatador fuera del rango establecido      | - Variación de la presión de la línea de alimentación de CO <sub>2</sub> fuera del rango permitido    | - Chequear la presión de CO <sub>2</sub> de la línea de alimentación                                                                                                   | - Operador                          |
|    |                                                           | - Ajuste incorrecto de la presión de CO <sub>2</sub> en el panel                                      | - Manipular la válvula reguladora de presión del carbonatador, hasta ubicar la presión dentro del rango permitido                                                      | - Operador                          |

**TABLA 7.2 (cont.)  
TABLA DE DESVIACIÓN**

| <b>Nº</b> | <b>Desviación</b>                                                    | <b>Causa</b>                                                                                          | <b>Acción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Responsable</b>                                |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 4         | Presión del carbonatador fuera del rango establecido                 | - Fallas en los sistemas de control de nivel y presión en el tanque carbonatador                      | - Informar al Supervisor del área y detener la línea de producción<br>- Chequear el sistema de ajuste y control de presión y evaluar su condición                                                                                                                                                                                             | - Operador<br>- Mantenimiento                     |
|           |                                                                      | - Fugas de gas en las conexiones y tuberías, así como en el tanque carbonatador                       | - Detener la línea de producción e informar al Supervisor del área<br>- Chequear las tuberías y conexiones de CO <sub>2</sub> y evaluar su condición                                                                                                                                                                                          | - Operador<br>- Mantenimiento                     |
| 5         | Presión del equipo de llenado fuera de rango                         | - Variación de la presión de la línea de alimentación de CO <sub>2</sub>                              | - Chequear la presión de CO <sub>2</sub> de la línea de alimentación                                                                                                                                                                                                                                                                          | - Operador                                        |
|           |                                                                      | - Ajuste incorrecto de la presión de CO <sub>2</sub> en el equipo de envasado                         | - Manipular la válvula reguladora de presión del equipo de llenado-encapsulado en el panel de control                                                                                                                                                                                                                                         | - Operador                                        |
| 6         | Temperatura a la salida del enfriador fuera del rango establecido    | - Fallas en el sistema de enfriamiento de amoníaco                                                    | - Detener la línea de producción e informar al Supervisor del área<br>- Chequear la presión de amoníaco                                                                                                                                                                                                                                       | - Operador<br>- Operador                          |
| 7         | Temperatura de la bebida en la llenadora fuera del rango establecido | - Alta temperatura a la salida del enfriador debido a fallas del sistema de enfriamiento por amoníaco | - Detener la línea de producción e informar al Supervisor del área<br>- Chequear la temperatura a la salida del enfriador<br>- Chequear la presión de amoníaco                                                                                                                                                                                | - Operador<br>- Operador<br>- Operador            |
| 8         | Presencia de mohos, levadura, y bacterias en el ambiente.            | - Proceso deficiente de saneamiento y limpieza                                                        | - Realizar limpieza de pisos, paredes, ventanas y puertas siguiendo las actividades mencionadas en el Instructivo de trabajo "Limpieza en llenado" (Cód. IT-AC-015)                                                                                                                                                                           | - Operador                                        |
|           |                                                                      | - Incumplimiento del Programa de Limpieza                                                             | - Realizar saneamiento y limpieza a los equipos, siguiendo las actividades mencionadas en el Instructivo de trabajo "Limpieza en llenado (Cód. IT-AC-015)"<br>- Sanitizar el ambiente a través del proceso de asperjado, mencionado en el Instructivo de trabajo "Limpieza en llenado (Cód. IT-AC-015)"<br>- Ejecutar el Programa de Limpieza | - Operador<br>- Operador<br>- Supervisor del Área |

**TABLA 7.2 (cont.)  
TABLA DE DESVIACIÓN**

| <b>Nº</b> | <b>Desviación</b>                                                  | <b>Causa</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Acción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Responsable</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9         | Grados Brix del producto fuera del rango establecido               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grados Brix del jarabe terminado fuera de los parámetros establecidos (sala de jarabe)</li> <li>- Ajuste incorrecto de la válvula micrométrica</li> <li>- Variación del flujo de jarabe concentrado o agua en el sistema</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar al Supervisor del área y al Operador de la línea</li> <li>- Retener el producto envasado donde se determinó el ° Brix fuera de especificación</li> <li>- Detener la línea de producción</li> <li>- Chequear los grados Brix del jarabe terminado y del producto a la salida del enfriador</li> <li>- Verificar grado Brix del jarabe terminado</li> <li>- Ajustar el micrómetro de agua, si el grado Brix del jarabe terminado se encuentra dentro de especificación</li> <li>- Autorizar el drenaje de la bebida contenida en los equipos en caso de que sea necesario</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la Calidad</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la Calidad</li> </ul> |
| 10        | Carbonatación del producto fuera de rango                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja presión de CO<sub>2</sub> en el precarbonatador y/o carbonatador</li> <li>- Elevada temperatura en el tanque de la llenadora y/o enfriador</li> </ul>                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar al Supervisor del Área y al Operador</li> <li>- Chequear la presión de alimentación de CO<sub>2</sub></li> <li>- Verificar funcionamiento del sistema de enfriamiento y la presión del amoníaco (Refrigerante) se encuentre dentro de lo especificado               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detener la Línea y drenar el producto</li> <li>- Retener el producto envasado</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la Calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Operador/ Supervisor del Área</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la Calidad</li> </ul>                                                                    |
| 11        | Presencia de mohos, levaduras y bacterias en el producto terminado | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso inadecuado de saneamiento y limpieza en el área</li> </ul>                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros</li> <li>- Informar al Supervisor del área y al Operador de la línea que presenta la desviación</li> <li>- Detener la línea de producción</li> <li>- Verificar que los procesos de saneamiento y limpieza se estén llevando a cabo correctamente (punto nº 9)</li> <li>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros</li> </ul>                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor del área</li> <li>Supervisor de la calidad</li> </ul>                                                                |



**TABLA 7.2 (cont.)  
TABLA DE DESVIACIÓN**

| <b>N°</b> | <b>Desviación</b>                                                               | <b>Causa</b>                                                                                                                                                     | <b>Acción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Responsable</b>                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11        | Presencia de mohos, levaduras y bacterias en el producto terminado              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jarabe terminado y/o agua de proceso con presencias de mohos, levaduras y bacterias</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar al Supervisor del área y al Operador de la línea de producción que presenta la desviación</li> <li>- Detener la línea de producción</li> <li>- Autorizar el drenaje de la línea de producción</li> <li>- Drenar la bebida contenida en los equipos de la línea de producción</li> <li>- Realizar muestreo microbiológicos en las diferentes etapas de la línea de producción y detectar la fuente de origen de la desviación</li> <li>- Verificar que los procesos de saneamiento y limpieza se estén llevando a cabo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Supervisor del área</li> </ul>      |
| 12        | Acidez del producto terminado fuera de especificación (sabor no característico) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adición incorrecta de ácido fosfórico (cola negra) o ácido cítrico (aplica al resto de las bebidas gaseosas)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros</li> <li>- Informar al Supervisor del área y al Operador de la línea de producción que presenta la desviación</li> <li>- Detener la línea de producción</li> <li>- Autorizar el drenaje de la línea de producción</li> <li>- Drenar la bebida contenida en los equipos de la línea de producción</li> <li>- Informar al Supervisor de la calidad de Sala de Jarabe</li> </ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> </ul> |
| 13        | Volumen de llenado fuera de especificación                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada temperatura de la bebida</li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros</li> <li>- Informar al Supervisor del área</li> <li>- Chequear las condiciones de temperatura</li> <li>- Retener el producto envasado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisor de la calidad y/o operador</li> <li>- Operador</li> <li>- Supervisor de la calidad</li> </ul>                                                                                |

**TABLA 7.2 (cont.)  
TABLA DE DESVIACIÓN**

| Nº | Desviación                                 | Causa                                                                                                                                                                                                                         | Acción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Responsable                                                                                                                                 |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Volumen de llenado fuera de especificación | - Bebida en el tanque de la llenadora fuertemente agitada, debido a elevada caída de presión entre el tanque carbonatador y el tanque de la llenadora o desajustes del sistema de control de nivel del tanque de la llenadora | - Informar al Supervisor del área<br>- Chequear las condiciones de presión en el tanque de llenado y en el tanque carbonatador<br>- Chequear el nivel de líquido en el tanque de la llenadora (presencia de espuma abundante en la superficie del líquido, variaciones bruscas de la altura de nivel de líquido en el tanque)<br>- Informar a mantenimiento en caso de anomalías en el equipo<br>- Chequear el funcionamiento de las unidades de los equipos y evaluar su condición<br>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros | - Operador<br>- Supervisor de la calidad / operador<br><br>- Operador<br><br>- Operador<br><br>- Supervisor de la calidad                   |
|    |                                            | - Desgastes de los sellos (llenadoras 1, 3 y 4)                                                                                                                                                                               | - Chequear el funcionamiento de las unidades de los equipos y evaluar su condición (sellos del equipo)<br>- Retener el producto envasado que se encuentre fuera de parámetros<br>- Informar al Supervisor del área y a mantenimiento de la falla en el equipo<br>- Chequear el funcionamiento de las unidades de los equipos y evaluar su condición (sellos del equipo)<br>- Reemplazar los sellos de la llenadora                                                                                                                                         | - Mantenimiento<br><br>- Supervisor de la calidad<br>- Supervisor de la calidad / Operador<br>- Operador / Mantenimiento<br>- Mantenimiento |
| 14 | Torque de apertura fuera de especificación | - Desincronización o desgaste de los antirrotacionales<br>- Desajuste de la carga vertical<br>- Desgaste del Schuk                                                                                                            | - Informar al supervisor del área de la falla<br>- Informar a mantenimiento de la falla en el equipo<br>- Chequear el equipo y evaluar su condición<br>- Ajustar el equipo y/o cambiar las piezas mecánicas que presentan desgastes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | - Operador<br>- Supervisor del área<br><br>- Mantenimiento<br>- Mantenimiento                                                               |

**TABLA 7.2 (cont.)  
TABLA DE DESVIACIÓN**

| <b>N°</b> | <b>Desviación</b>                                                                                    | <b>Causa</b>                                                                                               | <b>Acción</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Responsable</b>                                                                                   |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15        | Fallas en el etiquetado de las botellas: traslape de etiquetas, botellas sin etiquetas, entre otras. | - Objetos irregulares en la línea de transporte de botellas desde el área de etiquetado al área de llenado | - Despejar la línea de cualquier objeto que pueda interferir en el proceso<br>- Informar a mantenimiento si la falla es de tipo mecánica en la línea de transporte de botellas                                                                                           | - Operador<br>- Supervisor del área                                                                  |
|           |                                                                                                      | - Fallas en el área de etiquetado                                                                          | - Informar al operador del área de etiquetado de la desviación                                                                                                                                                                                                           | - Operador                                                                                           |
| 16        | Producto terminado con errores o falta de codificación                                               | - Fallas en el equipo de codificado                                                                        | - Retener el producto que presenta fallas en la codificación<br>- Informar al supervisor del área<br>- Ajustar el equipo de codificado<br>- Reprocesar el producto en caso de que no presente codificación<br>- Rechazar el producto si presenta errores de codificación | - Supervisor de la calidad<br>- Supervisor de la calidad<br>- Operador<br>- Supervisor de la calidad |

## CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del trabajo de grado en relación a los objetivos planteados.

### ***Respecto al diagnóstico del proceso productivo del Área de Llenado:***

1. El 79,43% de productos no conformes en los centros de distribución para el primer trimestre del año 2005, correspondió a baja carbonatación (35,23%), bajo nivel de líquido (20,30%), botellas explotadas (14,18%) y merma interna (9,72%)
2. El 55,5% de las no conformidades corresponden al área de llenado y el 14,18% al área de soplado
3. El 92,36% de productos no conformes de 3100 mL en el área de llenado esta conformado por °Brix fuera de especificación (43,04%), carbonatación fuera de especificación (34,8%) y volumen de llenado fuera de especificación (14,52%), siendo el 58,33% de las no conformidades en formatos de 3100 mL producido por la línea 4 y el 41,67% por la línea 3
4. El índice de capacidad de proceso potencial (cP) y el índice de capacidad de proceso real (cPk), son menores a la unidad para el parámetro de carbonatación y °brix en ambas líneas, donde la variación exhibida a corto plazo demuestra la incapacidad del proceso de producir dentro de especificación, el cual a largo plazo ocasionará mal desempeño y mayor cantidad de generación de producto no conforme
5. La media de volumen de llenado antes de ajustar el proceso fue de 3078,86 mL en la línea 3 y 3080,08 mL en la línea 4, y luego del ajuste se obtuvieron valores de 3109,56 mL para la línea 3 y 3098,10 mL para la línea 4 (valores promedios durante los meses de evaluación). Los índices de capacidad de proceso durante los meses de mejora son mayores a la unidad (Cp y Cpk) y comprendidos a  $\pm 0,36\%$  de la tolerancia en serie, siendo el proceso capaz de producir dentro de especificación y exhibiendo una variación que ocasiona un buen desempeño del proceso a largo plazo.

***Respecto al análisis cuantitativo de las variables involucradas en el proceso de producción y su influencia en la calidad del producto terminado:***

6. Los fenómenos de transferencia de calor en cuanto a las temperaturas del sistema, indica una reducción aproximada de  $17^{\circ}\text{C}$  (de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $2,8^{\circ}\text{C}$ ) en la línea de producción 3 y  $14^{\circ}\text{C}$  (de 20 a  $5,7^{\circ}\text{C}$ ) en la transferencia de calor de la bebida al refrigerante.

7. En condiciones de transporte de la bebida a la llenadora se determinó un incremento de la temperatura de  $6^{\circ}\text{C}$  en la línea 3 respecto a un incremento de  $3^{\circ}\text{C}$  en la línea de producción 4, y se debe a la transferencia de calor del medio al fluido, la cual presenta menor área de transferencia en relación a la línea de producción 3.

8. La transferencia de calor del ambiente al fluido, y la caída de presión en la línea de producción 3 son mayores respecto a la línea 4, y dicho comportamiento es determinante en la pérdida de carbonatación por transporte y desorción; debido a los cambios de estados termodinámicos y equilibrios de solubilidad en las unidades de carbonatación y llenado para ambas líneas.

9. El coeficiente de absorción de  $\text{CO}_2$  es una función polinómica de la temperatura, siendo este el efecto de mayor incidencia, si se compara con el efecto ocasionado a diferentes presiones de equilibrio. Al ser constante la temperatura, la ecuación resultante genera una respuesta lineal a la presión parcial de equilibrio, obteniendo  $0,02 \text{ g/L.bar}$  por cada 20 psig de variación, respecto a  $0,17 \text{ g/L.bar}$  para cada  $2,5^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente  $0,1 \text{ g/L.bar}$  por cada  $1^{\circ}\text{C}$ ).

10. De la evaluación de cinco jarabes de preparación, se obtuvo una media de concentración de  $(50,7 \pm 0,1)^{\circ}\text{Brix}$  y densidad de  $(1,232 \pm 0,002)\text{g/mL}$ ; para el producto terminado se obtuvo una densidad de  $(1,03572 \pm 0,00001)\text{g/mL}$  a  $(9,3 \pm 0,1)^{\circ}\text{Brix}$ , con una diferencia de  $41,4^{\circ}\text{Brix}$  y  $0,19628 \text{ g/mL}$  entre el jarabe terminado y el producto, la cual se debe a la dilución controlada del jarabe en la preparación de la mezcla para el producto en el área de llenado.

11. La bebida de cola negra desde los jarabes de preparación hasta el producto terminado presenta la viscosidad mas baja, en cuanto al jarabe simple y producto terminado. Estas diferencias se deben a las formulaciones, y a las densidades de cada bebida.

12. Por cada 5,34 volúmenes de agua se requiere 1 unidad de volumen de jarabe terminado, necesaria para obtener 9,2°Brix de forma experimental, respecto a 5,63 volúmenes de agua teóricamente.

13. A medida que disminuye la velocidad de producción aumentan los tiempos de operación de las bombas, e indica flujos de circulación mayores a los requeridos por la llenadora. Los flujos poco continuos indican manejo de caudales excesivos, al comparar los tiempos operativos de la línea de producción 3 de 18 ciclos/h respecto a 51 ciclos/h en la línea 4, afectando la integridad del equipo y el tiempo de vida útil, ya sea por stress mecánico, desgastes de partes móviles y sellos, sobrepresión en uniones y accesorios en general.

14. Existe mayor caudal de bebida en la línea de producción 4 presentando un porcentaje de sobreflujo de 32% a 51% en el sistema de mezcla respecto al caudal de la llenadora-ensasadora; requiriendo un caudal de 0,0059 m<sup>3</sup>/s (21,39 m<sup>3</sup>/h) a 115 bpm, mientras que el sistema de mezcla maneja un caudal de 0,0078 m<sup>3</sup>/s (28,08m<sup>3</sup>/h), equivalente a 6,7 m<sup>3</sup> adicionales por cada hora en relación a la demanda de flujo de la llenadora. De 27% a 47% de sobreflujo se obtiene en el sistema carbonatador, equivalente a un caudal de 0,0075 m<sup>3</sup>/s (27,00 m<sup>3</sup>/h) y un flujo adicional de 5,61 m<sup>3</sup>/h. La línea de producción 3 presenta un porcentaje en exceso de 9% a 26% en el sistema de mezcla, correspondiente a un flujo de 0,0064 m<sup>3</sup>/s (23,04 m<sup>3</sup>/h), y de 4% a 20% al excedente en el sistema carbonatador, equivalente a 0,0062 m<sup>3</sup>/s (22,32 m<sup>3</sup>/h), respecto a la misma velocidad de producción.

15. El aprovechamiento del calor de vaporización del refrigerante en la línea 3 es del 21,0%, respecto a 15,3% obtenido en la línea 4. El calor restante corresponde a los efectos del medio en el calor de vaporización del refrigerante, ocasionado por la condensación externa de las tuberías y cabina de enfriamiento debido a la humedad del ambiente, así como la temperatura del medio y las corrientes convectivas de aire.

16. La concentración real de CO<sub>2</sub> en el producto terminado es de 8,4968 g/L en la línea 3 y de 8,6944 g/L en la línea 4, respecto a una concentración teórica a las condiciones de operación es de 13,8388 g/L en la línea 3 y de 12,1231 g/L en la línea 4, obteniendo una pérdida teórica de 38,6% en la línea 3 y de 28,4% en la línea 4.

17. Los tiempos muertos por paradas debidas a falta de agua equivalen a 6,4 horas/mes en la línea 3 y de 51,1 horas/mes en la línea 4.

18. El tiempo de residencia en el tanque carbonatador de la línea 3 es de 75,7 s y de 61,8 s en el tanque de la línea 4, y se debe a la diferencia del caudal de ingreso a cada tanque, siendo el caudal de la línea 3 de 20,97% menor ( $4,68 \text{ m}^3/\text{h}$ ) al caudal de la línea 4.

19. La velocidad promedio de producción de la línea 3 es de 86 bpm y de 70 bpm en la línea 4.

20. El 55% de la producción de 3100 mL corresponde a la línea 3 y el 45% a la línea 4, y la diferencia se debe a mayor cantidad de paradas por deficiencias de proceso en la línea 4 respecto a la línea 3.

***Respecto a la determinación del consumo de dióxido de carbono, jarabe terminado y agua:***

21. Existe mayor pérdida en la purga de la llenadora 4 en relación a la línea 3, ocasionando una pérdida mensual de aproximadamente 77000 L de bebida al mes, respecto a 65000 L en la línea 3, y entre ambas equivalen aproximadamente a una pérdida en producción de 45806 botellas/mes.

22. Existe mayor consumo de agua en las operaciones continuas de las líneas de producción, la cual constituye el 90,8 % de la bebida, y presenta una pérdida equivalente al 9,49 % mensual del total suministrado, y se debe en mayor proporción a las operaciones de control de parámetros en la planta de tratamiento.

23. La mayor pérdida observada en comparación a los flujos alimentados corresponde al gas carbónico, la cual presenta un valor cercano al 71 % y, se debe a la inestabilidad del sistema y pérdida del gas carbónico absorbido en las etapas de carbonatación y llenado, así como a las frecuencias de descompresión de los equipos y tanques en atmósfera controlada, seguido por las fugas en tuberías, equipos y tanques de alimentación.

24. Las pérdidas de jarabe en operaciones normales sólo corresponden al drenaje del remanente de líquido en las válvulas de llenadoras, el cual se ejecuta en las llenadoras ALSIM de las líneas 1, 3 y 4; por consiguiente, la pérdida ocasionada en las líneas 3 y 4 es equivalente a 0,6 % de la alimentación a las tres líneas (3, 4 y 5), e igual al 0,7% del consumo de jarabe y azúcar para la producción de formatos de 3100 mL.

25. De acuerdo a las pérdidas calculadas los rendimientos de materiales para el agua, azúcar y  $\text{CO}_2$  equivale a 91,51%, 99,40% y 30,33%, respectivamente, siendo crítico el bajo rendimiento de gas carbónico.

***Respecto al establecimiento de las mejores condiciones del proceso:***

26. Al ampliar el rango de especificación para la carbonatación y °Brix de 0,2 Vol $\text{CO}_2$  y 0,2 °Brix, a 0,35 Vol $\text{CO}_2$  y 0,25 °Brix, se obtiene un índice de capacidad de 0,91 y 0,81 para la carbonatación, y de 1,34 y 1,07 para el °Brix en las líneas 3 y 4 respectivamente, y a las condiciones actuales del proceso, siendo no capaz de producir dentro de especificación si sólo se amplía el rango de especificación.

27. Al disminuir los caudales de procesamiento del sistema de mezcla se estima obtener una cantidad adicional de 1,83 cajas en la línea 3 y 22,92 cajas en la línea 4, del total producido en el turno, así como la reducción de las paradas no programadas por falta de agua de 1,6 minutos/turno a 1,4 minutos/turno en la línea 3 y de 9,4 minutos/turno a 6,9 minutos/turno en la línea 4.

28. Se estima mejorar la eficiencia del sistema de enfriamiento de la línea 4 de 23,1 % a 36,4 %, reduciendo el caudal de alimentación al intercambiador en un 36%.

29. La reducción del área de transferencia entre el carbonatador y la llenadora equivale al 59,4% del área disponible actual en la línea 3, y de 46,8% en la línea 4, estimando una mejora en la misma proporción del intercambio térmico, evitando el incremento de temperatura entre ambas unidades.

***Respecto al establecimiento y selección de las alternativas de solución:***

30. Los equipos adecuados para el control de flujo en las líneas son de tipo electromagnético para fluidos líquidos, y rotámetros para gases ( $\text{CO}_2$ ). El medidor de °Brix en línea adecuado al proceso es el medidor ATAGO (ATA-3546). El medidor de carbonatación adecuado a las exigencias del proceso, corresponde al medidor ANTON PAAR, CARBOQC.

31. El total a invertir en equipos de control equivale a 48.248,0\$.

32. Actualmente el costo del producto no conforme equivale a 11.523,2 \$/año y se estima reducir las no conformidades en un 99,9%, lo cual disminuye el costo



operacional estimado de 35.527.778,1 \$/año a 35.516.664,4 \$/año (reducción de 11.113,7 \$/año).

33. La condición actual y propuesta presentan indicadores de rentabilidad positivos y similares, presentado una diferencia de 1613,4 \$ a favor de la condición actual, la cual no requiere inversión.

34. El valor actual estimado del flujo extra es de -1.613,4 \$, con una tasa interna de retorno estimada es de 8,74%, menor a la tasa de interés mínima del 10%, siendo la propuesta no rentable a partir de dicho valor.

35. Se requiere de una variación del costo de operación actual de 0,001%, para que la propuesta realizada sea rentable, siendo el proceso sensible y susceptible a dicho cambio.

***Respecto a la elaboración de un procedimiento de acciones correctivas en caso de fallas:***

36. El plan de la calidad sólo aplica al área de llenado partiendo de los lineamientos de ejecución del proceso siguiendo los requisitos de la norma ISO 9001:2000 e internos de la organización.

## RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las recomendaciones y sugerencias obtenidas de las evaluaciones realizadas en el área de llenado.

1. Realizar evaluación de la red de distribución de CO<sub>2</sub>, agua, aire y jarabe.
2. Realizar jornadas de capacitación al personal operativo y supervisorio a nivel de control de procesos.
3. Reducir a corto plazo los caudales de las bombas de procesamiento.
4. Estandarizar sistemas de unidades y equipos.
5. Elaborar plan de acción inmediato para el control eficiente del proceso.
6. Estandarizar procedimientos de cuantificación de mermas generadas en proceso.
7. Determinar la temperatura mínima en operación a la cual puede operar el sistema sin riesgo de cristalización.
8. Realizar evaluación al sistema de refrigeración por amoníaco.
9. Evaluar técnico-económicamente la presurización de la taza con aire estéril.
10. Colocar dispositivos en líneas que permitan cuantificar los rendimientos de cada una por separado.
11. Realizar la activación del plan de la calidad del área de llenado, y distribuirlo a los dueños de procesos.
12. Capacitar al personal operativo en los análisis de calidad.
13. Mejorar panel de controles en el sistema de preparación.
14. Colocar sistemas de alarmas y visuales en casos de fallas en el área de llenado.
15. Asesoría técnica de personal especializado en automatización de procesos y diseño de sistemas autónomos.
16. Involucrar al personal operativo en las mejoras de las líneas.
17. Colocar manual de operación, instructivos de operación y toda la documentación ISO requerida por el personal en su puesto de trabajo.
18. Implementar las mejoras propuestas.

## **APÉNDICE A**

### **DATOS DEL PROCESO**

A continuación se presentan los datos recolectados en las distintas fases de la investigación, orientados a la evaluación del proceso de manera integral y caracterización del mismo, así como la determinación de los principales puntos de mejora para la generación y establecimiento de soluciones técnico-económicas viables que permitan alcanzar los objetivos planteados.

**TABLA A.1**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>03/10<br>al 08/10 | 33                                                   | 44                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3286,5                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 42                                                   | 54                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 50                                                   | 58                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 49                                                   | 57                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3231,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3242,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 32                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 48                                                   | 55                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 43                                                   | 54                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,0                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3245,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>03/10<br>al 08/10 | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 48                                                   | 55                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                                 | 43                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3277,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                                 | 43                                                   | 55                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3201,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 44                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>03/10<br>al 08/10 | 41                                                   | 50                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3240,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3245,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>03/10<br>al 08/10 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3236,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3232,0                                               |
|                       |                                 | 45                                                   | 55                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3278,5                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3284,5                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3277,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 44                                                   | 53                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 44                                                   | 54                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3277,5                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3272,5                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3242,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3235,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>03/10<br>al 08/10 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3265,5                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3240,5                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3295,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3279,5                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                                 | 42                                                   | 50                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 46                                                   | 58                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                                 | -----                                                | -----                                         | -----                                             | -----                                                  | 3258,0                                               |
|                       |                                 | -----                                                | -----                                         | -----                                             | -----                                                  | 3247,0                                               |

*Línea de producción: 3*



**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 48                                                   | 58                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                           | 46                                                   | 55                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3243,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 45                                            | 4,1                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 48                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3256,5                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 56                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3245,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,0                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,0                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 54                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 33                                                   | 42                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3346,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 42                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3351,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3356,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3348,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3361,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 33                                                   | 43                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 33                                                   | 43                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 33                                                   | 42                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 49                                                   | 63                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 52                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       | Semana del 17/10 al 22/10 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3358,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 56                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,0                                                    | 3246,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>17/10<br>al 22/10 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3294,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3238,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 53                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3237,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>17/10<br>al 22/10 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 32                                                   | 40                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 44                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3236,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 44                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3237,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>17/10<br>al 22/10 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3240,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3235,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3237,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3247,5                                               |
|                       |                                 | 41                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 44                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,0                                                    | 3238,0                                               |
|                       |                                 | 32                                                   | 43                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,0                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 32                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3249,0                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>17/10<br>al 22/10 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,0                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 33                                                   | 44                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 43                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3238,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3240,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3238,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                                 | 32                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 32                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | -----                                                |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>17/10<br>al 22/10 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 32                                                   | 43                                            | 4,3                                               | 9,0                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 44                                                   | 53                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 51                                            | 4,1                                               | 9,2                                                    | -----                                                |

Línea de producción: 3

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       | Semana del 24/10 al 29/10 | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3306,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3276,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3287,5                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3287,5                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3294,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3310,3                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3296,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3288,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3349,5                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3309,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3331,0                                               |

*Línea de producción: 3*



**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>24/10<br>al 29/10 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3279,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3330,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3296,0                                               |
|                       |                                 | 41                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3305,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3287,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                                 | 39                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3301,0 (*)                                           |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3302,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3299,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3296,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3289,5                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3313,5                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3301,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3310,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3298,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3302,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3300,0                                               |
|                       |                                 | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3298,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3299,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3292,0                                               |

Línea de producción: 3

(\*) cambio de formulación: Sin enhancer

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>24/10<br>al 29/10 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 45                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3309,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3297,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3279,5                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3279,5                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3296,5                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3333,0                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3290,5                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3300,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3344,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3337,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3311,0                                               |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3309,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,0                                                    | 3316,0                                               |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3310,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3292,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3296,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3301,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3329,0                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3302,5                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3281,5                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3295,5                                               |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3299,5                                               |

*Línea de producción: 3*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>24/10<br>al 29/10 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3325,5                                               |
|                       |                                 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3327,5                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                                 | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                                 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 10,3 (*)                                               | -----                                                |
|                       |                                 | 50                                                   | 60                                            | 4,3                                               | 10,5                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 50                                                   | 57                                            | 4,6                                               | 10,5                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 32                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |

Línea de producción: 3

(\*) cambio de formulación: Sin enhancer

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                                 | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                          | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                                 | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del<br>24/10<br>al 29/10 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,6                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,5                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 10,5                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                                 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 10,3                                                   | -----                                                |

Línea de producción: 3

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 03/10 al 08/10 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 33                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 51                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3301,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3270,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 03/10 al 08/10 | 39                                                   | 52                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3232,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3230,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3292,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3288,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 43                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3221,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3287,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3244,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3272,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 03/10 al 08/10 | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3300,0                                               |
|                       |                           | 60                                                   | 70                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3245,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 49                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 49                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 54                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3282,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 56                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3295,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,5                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 03/10 al 08/10 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3227,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3240,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 56                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3235,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                           | 50                                                   | 62                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 57                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 54                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 54                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 48                                                   | 55                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 53                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3231,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                           | 50                                                   | 60                                            | 4,3                                               | 9,1                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 50                                                   | 58                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3276,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3242,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 52                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |

*Línea de producción: 4*



**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 03/10 al 08/10 | 40                                                   | 52                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3241,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3283,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3241,5                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | -----                                                | -----                                         | -----                                             | -----                                                  | 3254,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3276,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3272,5                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3271,5                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 52                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3276,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 54                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 53                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 52                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3276,5                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3282,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 44                                                   | 54                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3272,5                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3284,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3291,5                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 54                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 48                                                   | 56                                            | 4,0                                               | 9,3                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3284,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3284,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3280,5                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3289,5                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3174,5                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3284,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3277,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3286,5                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 41                                                   | 49                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3297,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3284,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3278,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,5                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 54                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 55                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3230,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3215,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 52                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 56                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 46                                                   | 56                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 10/10 al 15/10 | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 52                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 45                                                   | 53                                            | 4,6                                               | 9,0                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       | Semana del 17/10 al 22/10 | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 50                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3255,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3268,5                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3281,0                                               |

Línea de producción: 4

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3272,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 52                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3266,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 52                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3265,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 41                                                   | 49                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3282,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 53                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 43                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3274,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3254,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3279,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 44                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3270,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3234,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 55                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3238,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3256,0                                               |
|                       |                           | 45                                                   | 56                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3264,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 46                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 53                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,0                                                    | 3222,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 54                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3236,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3248,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 31                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3255,0                                               |

*Línea de producción: 4*



**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 38                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3288,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3252,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3283,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3261,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 51                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 42                                                   | 50                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 35                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | -----                                                |

Línea de producción: 4

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 17/10 al 22/10 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | -----                                                |
|                       | Semana del 24/10 al 31/10 | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3273,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3253,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 52                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 49                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3247,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3243,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3257,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 44                                                   | 51                                            | 4,6                                               | 9,4                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3239,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3258,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 24/10 al 31/10 | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3277,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 46                                                   | 59                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3264,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,4                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3245,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3250,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3249,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3258,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3259,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,1                                                    | 3260,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 46                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | 3251,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,0                                                    | 3263,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 48                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3279,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3271,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3246,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 47                                            | 4,6                                               | 9,2                                                    | 3272,0                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 24/10 al 31/10 | 39                                                   | 49                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3285                                                 |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3237                                                 |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3261                                                 |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3269                                                 |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,4                                                    | 3294                                                 |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3255                                                 |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3223                                                 |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3254                                                 |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 9,2                                                    | 3279                                                 |
|                       |                           | 39                                                   | 51                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3266                                                 |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3246                                                 |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 39                                                   | 49                                            | 4,5                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,1                                                    | -----                                                |
|                       |                           | 39                                                   | 48                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3288,0 (*)                                           |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 39                                                   | 50                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3275,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3280,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3265,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3278,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,2                                                    | 3279,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 9,2                                                    | 3268,0                                               |

*Línea de producción: 4 – Ajuste del nivel llenado*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 24/10 al 31/10 | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3267,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3285,0                                               |
|                       |                           | 47                                                   | 54                                            | 4,6                                               | 9,3                                                    | 3292,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,4                                                    | 3276,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3262,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3289,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3291,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3268,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3288,0                                               |
|                       |                           | 35                                                   | 47                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3294,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3305,0                                               |
|                       |                           | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3300,0                                               |
|                       |                           | 33                                                   | 45                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3300,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,3                                                    | 3293,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3291,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 47                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3286,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 9,2                                                    | 3269,0                                               |
|                       |                           | 42                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3281,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 9,3                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 9,4                                                    | 3303,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 45                                            | 4,5                                               | 9,3                                                    | 3290,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 44                                            | 4,4                                               | 9,3                                                    | 3272,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3 (*)                                               | 3223,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 47                                            | 4,3                                               | 10,3                                                   | 3321,0 (*)                                           |

*Línea de producción: 4*

*(\*) cambio de formulación: Sin enhancer*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 24/10 al 31/10 | 35                                                   | 46                                            | 4,3                                               | 10,3                                                   | 3300,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | 3316,5                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 10,5                                                   | 3229,5                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 49                                            | 4,3                                               | 10,4                                                   | 3309,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3298,5                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3303,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3295,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3281,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3215,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3296,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3273,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3249,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3284,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3297,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3311,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 10,5                                                   | 3305,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 49                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3298,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 48                                            | 4,3                                               | 10,3                                                   | 3313,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 48                                            | 4,4                                               | 10,4                                                   | 3259,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3291,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 51                                            | 4,3                                               | 10,5                                                   | 3300,0                                               |
|                       |                           | 40                                                   | 50                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | 3284,0                                               |
|                       |                           | 38                                                   | 50                                            | 4,2                                               | 10,4                                                   | 3289,0                                               |
|                       |                           | 34                                                   | 45                                            | 4,3                                               | 10,4                                                   | 3300,0                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 10,4                                                   | 3284,5                                               |

*Línea de producción: 4*

**TABLA A.1 (cont.)**  
**REGISTRO SEMANAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

| Período de Evaluación |                           | Característica de calidad                            |                                               |                                                   |                                                        |                                                      |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mes de producción     | Semana                    | Prueba de carbonatación de bebidas                   |                                               |                                                   | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del producto terminado<br>( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |
|                       |                           | Presión interna de la botella<br>( $P_i \pm 1$ )psig | Temperatura de la bebida<br>( $T_b \pm 1$ )°F | Volumen de Carbonatación<br>( $V_c \pm 0,1$ )adim |                                                        |                                                      |
| Octubre               | Semana del 24/10 al 31/10 | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,6                                                   | 3298,5                                               |
|                       |                           | 37                                                   | 47                                            | 4,4                                               | 10,6                                                   | 3291,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,4                                                   | 3304,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | 3295,5                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | 3306,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,2                                               | 10,5                                                   | 3315,0                                               |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,5                                                   | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 48                                            | 4,2                                               | 10,3                                                   | -----                                                |
|                       |                           | 36                                                   | 46                                            | 4,4                                               | 10,5                                                   | -----                                                |

Línea de producción: 4

**TABLA A.2**  
**CONTROL DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 POR MEDIO DEL MUESTREO EN**  
**SERIES HOMOGÉNEAS**

| Número de muestra | Masa del producto terminado ( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |               |
|-------------------|---------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                   | 27/10/05 (*)                                      | 28/10/05 (*) | 04/12/05 (*) | 06/12/05 (*) | 08/12/06 (**) | 09/12/05 (**) | 03/01/06 (**) | 04/01/06 (**) | 04/01/06 (**) | 07/01/06 (**) | 07/01/06 (**) | 30/01/06 (**) |
| 1                 | 3304,5                                            | 3298,5       | 3295,0       | 3287,0       | 3297,0        | 3288,0        | 3280,0        | 3270,0        | 3294,5        | 3275,5        | 3309,0        | 3310,5        |
| 2                 | 3299,0                                            | 3287,0       | 3305,0       | 3295,0       | 3284,0        | 3279,0        | 3313,0        | 3287,5        | 3298,0        | 3300,0        | 3298,0        | 3319,0        |
| 3                 | 3294,0                                            | 3301,0       | 3298,5       | 3285,0       | 3294,0        | 3275,0        | 3311,0        | 3280,5        | 3278,0        | 3287,5        | 3304,0        | 3335,5        |
| 4                 | 3280,5                                            | 3285,5       | 3304,0       | 3297,0       | 3313,0        | 3285,0        | 3286,0        | 3282,0        | 3283,0        | 3309,0        | 3298,0        | 3312,0        |
| 5                 | 3290,0                                            | 3316,5       | 3303,0       | 3297,0       | 3288,0        | 3276,0        | 3291,5        | 3294,0        | 3283,5        | 3288,0        | 3294,0        | 3304,5        |
| 6                 | 3304,5                                            | 3292,5       | 3327,5       | 3291,0       | 3269,0        | 3283,0        | 3300,0        | 3288,5        | 3290,5        | 3281,0        | 3285,0        | 3284,0        |
| 7                 | 3307,0                                            | 3330,0       | 3310,0       | 3296,0       | 3295,0        | 3291,0        | 3272,5        | 3279,5        | 3294,5        | 3277,0        | 3266,0        | 3321,0        |
| 8                 | 3304,0                                            | 3323,5       | 3339,0       | 3289,0       | 3283,0        | 3281,0        | 3297,0        | 3280,5        | 3305,5        | 3303,5        | 3294,0        | 3321,5        |
| 9                 | 3300,0                                            | 3316,5       | 3294,5       | 3307,0       | 3274,0        | 3289,0        | 3302,0        | 3281,5        | 3299,0        | 3312,5        | 3287,0        | 3310,5        |
| 10                | 3294,0                                            | 3347,5       | 3309,5       | 3294,0       | 3285,0        | 3274,0        | 3298,0        | 3275,0        | 3298,5        | 3295,0        | 3299,0        | 3336,5        |
| 11                | 3296,0                                            | 3293,5       | 3307,5       | 3296,0       | 3290,0        | 3287,0        | 3286,0        | 3287,5        | 3312,0        | 3294,0        | 3289,0        | 3317,0        |
| 12                | 3324,5                                            | 3284,5       | 3306,0       | 3308,0       | 3266,0        | 3277,0        | 3324,5        | 3275,0        | 3292,5        | 3276,5        | 3292,0        | 3306,0        |
| 13                | 3297,0                                            | 3302,5       | 3306,5       | 3290,0       | 3282,0        | 3295,0        | 3305,0        | 3258,5        | 3287,0        | 3281,5        | 3282,0        | 3309,0        |
| 14                | 3290,0                                            | 3296,5       | 3310,0       | 3288,0       | 3254,0        | 3286,0        | 3267,0        | 3244,0        | 3308,5        | 3308,0        | 3278,0        | 3298,5        |
| 15                | 3289,5                                            | 3294,0       | 3295,0       | 3280,0       | 3270,0        | 3286,0        | 3316,0        | 3273,5        | 3291,5        | 3286,5        | 3290,0        | 3309,0        |
| 16                | 3297,5                                            | 3298,5       | 3303,5       | 3296,0       | 3287,0        | 3282,0        | 3292,5        | 3287,0        | 3314,5        | 3286,5        | 3288,0        | 3298,5        |
| 17                | 3284,5                                            | 3292,5       | 3307,0       | 3314,0       | 3280,0        | 3295,0        | 3277,0        | 3289,0        | 3286,5        | 3286,5        | 3281,0        | 3311,5        |
| 18                | 3286,0                                            | 3295,0       | 3300,0       | 3294,0       | 3278,0        | 3275,0        | 3314,5        | 3281,0        | 3295,5        | 3296,5        | 3308,0        | 3320,0        |
| 19                | 3294,5                                            | 3301,0       | 3280,5       | 3301,0       | 3309,0        | 3294,0        | 3309,0        | 3282,0        | 3307,0        | 3273,5        | 3291,0        | 3289,5        |
| 20                | 3286,5                                            | 3286,0       | 3305,5       | 3282,0       | 3279,0        | 3274,0        | 3268,5        | 3289,0        | 3283,5        | 3295,5        | 3284,0        | 3301,5        |
| 21                | 3357,5                                            | 3353,0       | 3303,0       | 3290,0       | 3258,0        | 3291,0        | 3294,5        | 3292,5        | 3286,5        | 3292,0        | 3289,0        | 3317,0        |
| 22                | 3312,5                                            | 3304,5       | 3297,5       | 3289,0       | 3296,0        | 3288,0        | 3285,0        | 3257,0        | 3290,0        | 3286,0        | 3289,0        | 3322,0        |
| 23                | 3311,0                                            | 3271,5       | 3310,0       | 3295,0       | 3282,0        | 3277,0        | 3301,0        | 3262,0        | 3293,5        | 3299,5        | 3271,0        | 3304,0        |
| 24                | 3311,5                                            | 3299,5       | 3312,0       | 3293,0       | 3284,0        | 3265,0        | 3296,5        | 3275,5        | 3296,5        | 3287,0        | 3290,0        | 3300,0        |
| 25                | 3307,0                                            | 3291,0       | 3308,0       | 3261,0       | 3273,0        | 3281,0        | 3282,0        | 3272,5        | 3293,5        | 3306,0        | 3297,0        | 3303,0        |
| 26                | 3301,0                                            | 3289,5       | 3276,0       | 3285,0       | 3293,0        | 3283,0        | 3312,0        | 3272,0        | 3293,0        | 3286,5        | 3291,0        | 3306,5        |
| 27                | 3298,5                                            | 3299,0       | 3313,5       | 3282,0       | 3279,0        | 3285,0        | 3310,0        | 3266,0        | 3284,0        | 3287,0        | 3294,0        | 3313,5        |
| 28                | 3302,0                                            | 3300,0       | 3322,0       | 3288,0       | 3276,0        | 3292,0        | 3299,0        | 3278,0        | 3290,0        | 3288,0        | 3286,0        | 3314,0        |
| 29                | 3229,5                                            | 3295,0       | 3318,5       | 3288,0       | 3271,0        | 3275,0        | 3318,5        | 3274,5        | 3285,0        | 3282,0        | 3277,0        | 3317,5        |
| 30                | 3294,0                                            | 3272,5       | 3303,0       | 3293,0       | 3288,0        | 3298,0        | 3299,0        | 3278,0        | 3293,5        | 3291,5        | 3290,0        | 3306,5        |
| 31                | 3295,5                                            | 3305,5       | 3312,0       | 3305,0       | 3272,0        | 3283,0        | 3297,0        | 3270,0        | 3304,5        | 3294,5        | 3280,0        | 3313,5        |
| 32                | 3297,0                                            | 3353,0       | 3282,0       | 3284,5       | 3294,0        | 3287,0        | 3291,5        | 3299,5        | 3289,0        | 3290,0        | 3308,0        | 3320,0        |

(\*): Ajuste de cámaras volumétricas de llenado

(\*\*): inspección de verificación



**TABLA A.3**  
**CONTROL DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 POR MEDIO DEL MUESTREO EN**  
**SERIES HOMOGÉNEAS**

| Número de muestra | Masa del producto terminado ( $m_{PT} \pm 0,5$ )g |               |              |              |              |               |               |               |               |                     |                     |                     |
|-------------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                   | 26/10/06 (*)                                      | 26/10/05 (**) | 27/10/05 (*) | 09/12/06 (*) | 07/01/06 (*) | 07/01/06 (**) | 08/01/06 (**) | 13/01/06 (**) | 31/01/06 (**) | 07/02/06 (**) - (*) | 27/02/06 (**) - (*) | 28/03/06 (**) - (*) |
| 1                 | 3274,0                                            | 3273,0        | 3270,5       | 3282,0       | 3297,0       | 3271,0        | 3256,0        | 3278,0        | 3277,5        | 3299,5              | 3286,0              | 3301,0              |
| 2                 | 3293,3                                            | 3297,5        | 3289,5       | 3271,0       | 3255,5       | 3269,0        | 3266,0        | 3279,0        | 3281,5        | 3312,0              | 3299,0              | 3296,0              |
| 3                 | 3263,8                                            | 3250,5        | 3286,5       | 3279,0       | 3251,0       | 3293,0        | 3257,0        | 3279,0        | 3285,0        | 3310,0              | 3287,0              | 3294,0              |
| 4                 | 3285,0                                            | 3284,0        | 3275,0       | 3285,0       | 3283,0       | 3279,0        | 3270,0        | 3263,0        | 3286,0        | 3299,5              | 3297,0              | 3305,0              |
| 5                 | 3304,2                                            | 3307,5        | 3293,5       | 3288,0       | 3293,5       | 3233,0        | 3274,0        | 3275,0        | 3306,0        | 3312,0              | 3289,0              | 3316,0              |
| 6                 | 3292,5                                            | 3291,0        | 3286,5       | 3299,0       | 3277,0       | 3232,0        | 3271,0        | 3243,0        | 3301,0        | 3317,5              | 3303,0              | 3317,0              |
| 7                 | 3285,2                                            | 3283,0        | 3293,5       | 3298,0       | 3276,0       | 3283,0        | 3231,0        | 3247,0        | 3273,5        | 3302,5              | 3298,0              | 3295,0              |
| 8                 | 3315,7                                            | 3310,0        | 3291,0       | 3273,0       | 3279,0       | 3276,0        | 3274,0        | 3262,0        | 3291,0        | 3308,0              | 3285,0              | 3290,0              |
| 9                 | 3275,8                                            | 3267,5        | 3265,5       | 3284,0       | 3270,0       | 3209,0        | 3244,0        | 3273,0        | 3270,5        | 3290,5              | 3288,0              | 3281,0              |
| 10                | 3293,0                                            | 3301,5        | 3284,0       | 3277,0       | 3271,5       | 3276,0        | 3271,0        | 3190,0        | 3225,5        | 3301,0              | 3282,0              | 3310,0              |
| 11                | 3266,0                                            | 3296,0        | 3221,0       | 3268,0       | 3269,0       | 3233,0        | 3285,0        | 3282,0        | 3271,5        | 3310,5              | 3245,0              | 3298,0              |
| 12                | 3273,5                                            | 3284,0        | 3275,0       | 3280,0       | 3299,0       | 3235,0        | 3290,0        | 3272,0        | 3267,5        | 3301,0              | 3308,0              | 3293,0              |
| 13                | 3249,7                                            | 3255,0        | 3265,5       | 3252,0       | 3287,5       | 3268,0        | 3284,0        | 3285,0        | 3267,5        | 3295,5              | 3254,0              | 3280,0              |
| 14                | 3278,7                                            | 3276,0        | 3262,5       | 3252,0       | 3283,5       | 3223,0        | 3267,0        | 3285,0        | 3279,0        | 3300,5              | 3255,0              | 3284,0              |
| 15                | 3284,3                                            | 3265,0        | 3275,5       | 3278,0       | 3298,5       | 3208,0        | 3267,0        | 3278,0        | 3280,5        | 3299,0              | 3294,0              | 3285,0              |
| 16                | 3273,5                                            | 3292,0        | 3275,5       | 3286,0       | 3269,5       | 3274,0        | 3273,0        | 3262,0        | 3262,0        | 3293,0              | 3272,0              | 3301,0              |
| 17                | 3287,8                                            | 3287,0        | 3254,0       | 3267,0       | 3256,5       | 3268,0        | 3258,0        | 3252,0        | 3226,5        | 3261,0              | 3247,0              | 3279,0              |
| 18                | 3286,0                                            | 3295,0        | 3300,0       | 3294,0       | 3278,0       | 3275,0        | 3314,5        | 3281,0        | 3295,5        | 3296,5              | 3308,0              | 3320,0              |
| 19                | 3294,5                                            | 3301,0        | 3280,5       | 3301,0       | 3309,0       | 3294,0        | 3309,0        | 3282,0        | 3307,0        | 3273,5              | 3291,0              | 3289,5              |
| 20                | 3286,5                                            | 3286,0        | 3305,5       | 3282,0       | 3279,0       | 3274,0        | 3268,5        | 3289,0        | 3283,5        | 3295,5              | 3284,0              | 3301,5              |
| 21                | 3357,5                                            | 3353,0        | 3303,0       | 3290,0       | 3258,0       | 3291,0        | 3294,5        | 3292,5        | 3286,5        | 3292,0              | 3289,0              | 3317,0              |
| 22                | 3312,5                                            | 3304,5        | 3297,5       | 3289,0       | 3296,0       | 3288,0        | 3285,0        | 3257,0        | 3290,0        | 3286,0              | 3289,0              | 3322,0              |
| 23                | 3311,0                                            | 3271,5        | 3310,0       | 3295,0       | 3282,0       | 3277,0        | 3301,0        | 3262,0        | 3293,5        | 3299,5              | 3271,0              | 3304,0              |
| 24                | 3311,5                                            | 3299,5        | 3312,0       | 3293,0       | 3284,0       | 3265,0        | 3296,5        | 3275,5        | 3296,5        | 3287,0              | 3290,0              | 3300,0              |
| 25                | 3307,0                                            | 3291,0        | 3308,0       | 3261,0       | 3273,0       | 3281,0        | 3282,0        | 3272,5        | 3293,5        | 3306,0              | 3297,0              | 3303,0              |
| 26                | 3301,0                                            | 3289,5        | 3276,0       | 3285,0       | 3293,0       | 3283,0        | 3312,0        | 3272,0        | 3293,0        | 3286,5              | 3291,0              | 3306,5              |
| 27                | 3298,5                                            | 3299,0        | 3313,5       | 3282,0       | 3279,0       | 3285,0        | 3310,0        | 3266,0        | 3284,0        | 3287,0              | 3294,0              | 3313,5              |
| 28                | 3302,0                                            | 3300,0        | 3322,0       | 3288,0       | 3276,0       | 3292,0        | 3299,0        | 3278,0        | 3290,0        | 3288,0              | 3286,0              | 3314,0              |
| 29                | 3229,5                                            | 3295,0        | 3318,5       | 3288,0       | 3271,0       | 3275,0        | 3318,5        | 3274,5        | 3285,0        | 3282,0              | 3277,0              | 3317,5              |
| 30                | 3294,0                                            | 3272,5        | 3303,0       | 3293,0       | 3288,0       | 3298,0        | 3299,0        | 3278,0        | 3293,5        | 3291,5              | 3290,0              | 3306,5              |
| 31                | 3295,5                                            | 3305,5        | 3312,0       | 3305,0       | 3272,0       | 3283,0        | 3297,0        | 3270,0        | 3304,5        | 3294,5              | 3280,0              | 3313,5              |
| 32                | 3297,0                                            | 3353,0        | 3282,0       | 3284,5       | 3294,0       | 3287,0        | 3291,5        | 3299,5        | 3289,0        | 3290,0              | 3308,0              | 3320,0              |

(\*) : Cambio de formulación – sin enhancer / (\*) : Ajuste de cámaras volumétricas de llenado / (\*\*) : inspección de verificación

**TABLA A.4**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco ( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento ( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub> ( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub> ( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador ( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado ( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado ( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 25/07/2005 | (*)   | -----                                                       | -----                                                                     | -----                                                              | -----                                                            | -----                                                     | -----                                                   | -----                                                               |
|            | 14:20 | 52,0                                                        | 2,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 72,0                                                      | 4,34                                                    | 412                                                                 |
|            | 15:15 | 43,0                                                        | 2,5                                                                       | 145                                                                | 120                                                              | 75,0                                                      | 4,57                                                    | 434                                                                 |
|            | 16:15 | 48,0                                                        | 3,0                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 74,0                                                      | 4,30                                                    | 431                                                                 |
|            | 17:05 | 50,0                                                        | 2,5                                                                       | 140                                                                | 120                                                              | 75,0                                                      | 4,40                                                    | 434                                                                 |
| 26/07/2005 | 08:20 | 42,0                                                        | 3,0                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,32                                                    | 432                                                                 |
|            | 09:35 | 56,0                                                        | 3,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 72,0                                                      | 4,26                                                    | 437                                                                 |
|            | 10:40 | 50,0                                                        | 3,0                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 74,0                                                      | 4,36                                                    | 432                                                                 |
|            | 11:30 | 48,0                                                        | 2,5                                                                       | 140                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,51                                                    | 426                                                                 |
|            | 13:50 | 46,0                                                        | 3,0                                                                       | 145                                                                | 120                                                              | 80,0                                                      | 4,22                                                    | 439                                                                 |
|            | 14:35 | 52,0                                                        | 3,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,33                                                    | 422                                                                 |
|            | 15:30 | 50,0                                                        | 2,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,39                                                    | 433                                                                 |
|            | 16:45 | 45,0                                                        | 3,0                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 74,0                                                      | 4,41                                                    | 436                                                                 |
| 27/07/2005 | 08:05 | 48,0                                                        | 2,5                                                                       | 160                                                                | 120                                                              | 80,0                                                      | 4,40                                                    | 440                                                                 |
|            | 09:15 | 44,0                                                        | 2,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 75,0                                                      | 4,35                                                    | 432                                                                 |
|            | (*)   | -----                                                       | -----                                                                     | -----                                                              | -----                                                            | -----                                                     | -----                                                   | -----                                                               |
|            | 15:45 | 45,0                                                        | 3,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 75,0                                                      | 4,40                                                    | 429                                                                 |
|            | 16:50 | 46,0                                                        | 3,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 73,0                                                      | 4,30                                                    | 430                                                                 |
|            | 08:25 | 45,0                                                        | 2,5                                                                       | 160                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,24                                                    | 441                                                                 |
|            | 09:45 | 50,0                                                        | 2,0                                                                       | 160                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,29                                                    | 435                                                                 |
|            | 10:30 | 49,0                                                        | 2,5                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 73,0                                                      | 4,34                                                    | 432                                                                 |
|            | 11:35 | 42,0                                                        | 3,5                                                                       | 145                                                                | 120                                                              | 78,0                                                      | 4,55                                                    | 434                                                                 |
|            | 14:15 | 53,0                                                        | 4,5                                                                       | 140                                                                | 120                                                              | 72,0                                                      | 4,39                                                    | 431                                                                 |
|            | 15:15 | 52,0                                                        | 3,0                                                                       | 150                                                                | 120                                                              | 80,0                                                      | 4,22                                                    | 433                                                                 |
|            | 16:10 | 46,0                                                        | 2,0                                                                       | 145                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,25                                                    | 436                                                                 |
|            | 17:05 | 48,0                                                        | 2,5                                                                       | 140                                                                | 120                                                              | 76,0                                                      | 4,29                                                    | 430                                                                 |

(\*): parada por mantenimiento mecánico y/o saneamiento de línea

**TABLA A.4 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ )°C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ )psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ )psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ )psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ )bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ )mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 29/07/2005 | 08:15 | 50,0                                                           | 3,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,33                                                      | 436                                                                   |
|            | 09:35 | 53,0                                                           | 4,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,35                                                      | 435                                                                   |
|            | 10:25 | 48,0                                                           | 3,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,45                                                      | 434                                                                   |
|            | 11:40 | 43,0                                                           | 2,5                                                                         | 145                                                                  | 120                                                                | 74,0                                                        | 4,40                                                      | 436                                                                   |
|            | 13:45 | 49,0                                                           | 3,0                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,40                                                      | 436                                                                   |
|            | 14:45 | 47,0                                                           | 3,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,36                                                      | 433                                                                   |
|            | 15:35 | 40,0                                                           | 3,0                                                                         | 145                                                                  | 120                                                                | 80,0                                                        | 4,22                                                      | 430                                                                   |
|            | 16:45 | 50,0                                                           | 3,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,30                                                      | 436                                                                   |
| 01/08/2005 | (*)   | -----                                                          | -----                                                                       | -----                                                                | -----                                                              | -----                                                       | -----                                                     | -----                                                                 |
|            | 14:35 | 43,0                                                           | 2,0                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 74,0                                                        | 4,25                                                      | 432                                                                   |
|            | 15:45 | 56,0                                                           | 3,5                                                                         | 145                                                                  | 120                                                                | 72,0                                                        | 4,23                                                      | 436                                                                   |
|            | 16:15 | 51,0                                                           | 3,0                                                                         | 145                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,35                                                      | 423                                                                   |
|            | 17:15 | 48,0                                                           | 2,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,29                                                      | 435                                                                   |
| 02/08/2005 | 08:15 | 46,0                                                           | 2,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,38                                                      | 440                                                                   |
|            | 09:25 | 50,0                                                           | 2,5                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 77,0                                                        | 4,31                                                      | 434                                                                   |
|            | 10:35 | 43,0                                                           | 3,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,28                                                      | 437                                                                   |
|            | 11:25 | 52,0                                                           | 3,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,23                                                      | 435                                                                   |
|            | 13:45 | 44,0                                                           | 3,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,20                                                      | 434                                                                   |
|            | 14:45 | 48,0                                                           | 3,5                                                                         | 140                                                                  | 120                                                                | 80,0                                                        | 4,36                                                      | 436                                                                   |
|            | 15:35 | 54,0                                                           | 4,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,39                                                      | 430                                                                   |
|            | 16:45 | 41,0                                                           | 2,5                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 78,0                                                        | 4,45                                                      | 433                                                                   |
| 03/08/2005 | 08:15 | 46,0                                                           | 2,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,38                                                      | 440                                                                   |
|            | 09:25 | 50,0                                                           | 2,5                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 77,0                                                        | 4,31                                                      | 434                                                                   |
|            | 10:35 | 43,0                                                           | 3,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 76,0                                                        | 4,28                                                      | 437                                                                   |
|            | 11:25 | 52,0                                                           | 3,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,23                                                      | 435                                                                   |
|            | 13:45 | 44,0                                                           | 3,5                                                                         | 150                                                                  | 120                                                                | 75,0                                                        | 4,20                                                      | 434                                                                   |
|            | 14:45 | 48,0                                                           | 3,5                                                                         | 140                                                                  | 120                                                                | 80,0                                                        | 4,36                                                      | 436                                                                   |
|            | 15:35 | 54,0                                                           | 4,0                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 73,0                                                        | 4,39                                                      | 430                                                                   |
|            | 16:45 | 41,0                                                           | 2,5                                                                         | 160                                                                  | 120                                                                | 78,0                                                        | 4,45                                                      | 433                                                                   |

(\*): parada por mantenimiento mecánico y/o saneamiento de línea

**TABLA A.4 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 04/08/2005 | 08:10 | 46,0                                                           | 2,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,55                                                       | 435                                                                    |
|            | 09:15 | 52,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,46                                                       | 434                                                                    |
|            | 10:15 | 43,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,42                                                       | 434                                                                    |
|            | 11:00 | 49,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,20                                                       | 436                                                                    |
|            | 13:55 | 48,0                                                           | 3,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,23                                                       | 432                                                                    |
|            | 14:55 | 46,0                                                           | 2,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 73,0                                                         | 4,28                                                       | 426                                                                    |
|            | 15:45 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 72,0                                                         | 4,36                                                       | 435                                                                    |
|            | 16:50 | 52,0                                                           | 3,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,24                                                       | 435                                                                    |
| 05/08/2005 | 08:15 | 50,0                                                           | 3,0                                                                          | 160                                                                   | 120                                                                 | 73,0                                                         | 4,29                                                       | 416                                                                    |
|            | 09:25 | 42,0                                                           | 2,0                                                                          | 160                                                                   | 120                                                                 | 73,0                                                         | 4,33                                                       | 436                                                                    |
|            | 10:25 | 43,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,25                                                       | 435                                                                    |
|            | 11:45 | 40,0                                                           | 2,0                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,38                                                       | 430                                                                    |
|            | 13:50 | 46,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,44                                                       | 443                                                                    |
|            | (**)  | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 08:05 | 50,0                                                           | 3,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,46                                                       | 432                                                                    |
|            | 09:05 | 42,0                                                           | 2,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,50                                                       | 433                                                                    |
|            | 10:10 | 43,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,35                                                       | 436                                                                    |
|            | 11:15 | 45,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,36                                                       | 434                                                                    |
|            | 13:35 | 45,0                                                           | 3,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,24                                                       | 436                                                                    |
|            | 14:35 | 41,0                                                           | 2,0                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 77,0                                                         | 4,22                                                       | 438                                                                    |
|            | 15:30 | 50,0                                                           | 2,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,36                                                       | 428                                                                    |
|            | 16:30 | 46,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,40                                                       | 435                                                                    |
| 06/08/2005 | (*)   | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 14:15 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 160                                                                   | 120                                                                 | 73,0                                                         | 4,20                                                       | 431                                                                    |
|            | 15:25 | 53,0                                                           | 3,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,24                                                       | 433                                                                    |
|            | 16:35 | 42,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,35                                                       | 436                                                                    |
|            | 17:15 | 49,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,38                                                       | 434                                                                    |

(\*\*): parada saneamiento de línea

**TABLA A.4 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 09/08/2005 | 08:15 | 47,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 77,0                                                         | 4,43                                                       | 434                                                                    |
|            | 09:25 | 43,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 78,0                                                         | 4,33                                                       | 436                                                                    |
|            | 10:35 | 56,0                                                           | 4,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,35                                                       | 438                                                                    |
|            | 11:25 | 50,0                                                           | 3,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,28                                                       | 433                                                                    |
|            | 13:45 | 53,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,22                                                       | 434                                                                    |
|            | 14:45 | 49,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,26                                                       | 436                                                                    |
|            | 15:35 | 48,0                                                           | 2,5                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,36                                                       | 438                                                                    |
|            | 16:45 | 49,0                                                           | 3,0                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,30                                                       | 435                                                                    |
| 10/08/2005 | (***) | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
| 11/08/2005 | 08:15 | 44,0                                                           | 2,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 72,0                                                         | 4,32                                                       | 430                                                                    |
|            | 09:35 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,39                                                       | 435                                                                    |
|            | 10:25 | 50,0                                                           | 3,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 73,0                                                         | 4,25                                                       | 438                                                                    |
|            | 11:40 | 45,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,22                                                       | 435                                                                    |
|            | (***) | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 15:35 | 47,0                                                           | 3,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,30                                                       | 437                                                                    |
|            | 16:45 | 49,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,38                                                       | 436                                                                    |
|            | 08:45 | 52,0                                                           | 4,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,44                                                       | 428                                                                    |
| 12/08/2005 | 09:45 | 53,0                                                           | 3,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,30                                                       | 439                                                                    |
|            | 10:35 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,26                                                       | 433                                                                    |
|            | 11:45 | 49,0                                                           | 3,0                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 72,0                                                         | 4,28                                                       | 435                                                                    |
|            | 13:50 | 46,0                                                           | 2,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,35                                                       | 434                                                                    |
|            | 14:50 | 45,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,38                                                       | 434                                                                    |
|            | 15:45 | 49,0                                                           | 2,5                                                                          | 160                                                                   | 120                                                                 | 77,0                                                         | 4,40                                                       | 436                                                                    |
|            | 16:50 | 52,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,36                                                       | 434                                                                    |
|            | 15:35 | 47,0                                                           | 3,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,30                                                       | 437                                                                    |

(\*\*\*) : parada por falla en equipo de soplado de preformas

**TABLA A.5**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 25/07/2005 | (*)   | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 14:20 | 52,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 72,0                                                         | 4,34                                                       | 412                                                                    |
|            | 15:15 | 43,0                                                           | 2,5                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,57                                                       | 434                                                                    |
|            | 16:15 | 48,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,30                                                       | 431                                                                    |
|            | 17:05 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,40                                                       | 434                                                                    |
| 26/07/2005 | 08:20 | 42,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,32                                                       | 432                                                                    |
|            | 09:35 | 56,0                                                           | 3,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 72,0                                                         | 4,26                                                       | 437                                                                    |
|            | 10:40 | 50,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,36                                                       | 432                                                                    |
|            | 11:30 | 48,0                                                           | 2,5                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,51                                                       | 426                                                                    |
|            | 13:50 | 46,0                                                           | 3,0                                                                          | 145                                                                   | 120                                                                 | 80,0                                                         | 4,22                                                       | 439                                                                    |
|            | 14:35 | 52,0                                                           | 3,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,33                                                       | 422                                                                    |
|            | 15:30 | 50,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,39                                                       | 433                                                                    |
|            | 16:45 | 45,0                                                           | 3,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 74,0                                                         | 4,41                                                       | 436                                                                    |
| 27/07/2005 | 08:45 | 48,0                                                           | 2,5                                                                          | 160                                                                   | 120                                                                 | 80,0                                                         | 4,40                                                       | 440                                                                    |
|            | 09:45 | 44,0                                                           | 2,5                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,35                                                       | 432                                                                    |
|            | 10:35 | 53,0                                                           | 4,0                                                                          | 150                                                                   | 120                                                                 | 75,0                                                         | 4,28                                                       | 434                                                                    |
|            | 11:45 | 43,0                                                           | 3,0                                                                          | 140                                                                   | 120                                                                 | 76,0                                                         | 4,56                                                       | 435                                                                    |
|            | (*)   | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
| 28/07/2005 | 08:25 | 45,0                                                           | 6,0                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,35                                                       | 541                                                                    |
|            | 09:45 | 45,0                                                           | 5,4                                                                          | 140                                                                   | 74                                                                  | 73,0                                                         | 4,36                                                       | 542                                                                    |
|            | 10:30 | 45,0                                                           | 5,2                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 74,0                                                         | 4,45                                                       | 540                                                                    |
|            | 11:35 | 55,0                                                           | 6,0                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,42                                                       | 538                                                                    |
|            | 14:15 | 50,0                                                           | 5,2                                                                          | 150                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,46                                                       | 537                                                                    |
|            | 15:15 | 50,0                                                           | 5,3                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 72,0                                                         | 4,39                                                       | 540                                                                    |
|            | 16:10 | 45,0                                                           | 5,7                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 73,0                                                         | 4,37                                                       | 541                                                                    |
|            | 17:05 | 45,0                                                           | 5,3                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,41                                                       | 542                                                                    |

(\*): parada por mantenimiento mecánico y/o saneamiento de línea

**TABLA A.5 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ )°C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ )psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ )psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ )psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ )bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ )mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 29/07/2005 | 08:15 | 50,0                                                           | 5,9                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 71,0                                                        | 4,44                                                      | 542                                                                   |
|            | 09:35 | 50,0                                                           | 6,4                                                                         | 155                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,35                                                      | 540                                                                   |
|            | 10:25 | 55,0                                                           | 5,4                                                                         | 145                                                                  | 74                                                                 | 70,0                                                        | 4,40                                                      | 539                                                                   |
|            | 11:40 | 45,0                                                           | 5,8                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 70,0                                                        | 4,41                                                      | 538                                                                   |
|            | 13:45 | 50,0                                                           | 5,6                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 72,0                                                        | 4,38                                                      | 539                                                                   |
|            | 14:45 | 50,0                                                           | 5,7                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 70,0                                                        | 4,34                                                      | 542                                                                   |
|            | 15:35 | 50,0                                                           | 6,0                                                                         | 140                                                                  | 75                                                                 | 71,0                                                        | 4,39                                                      | 542                                                                   |
|            | 16:45 | 50,0                                                           | 6,3                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,41                                                      | 541                                                                   |
| 30/07/2005 | (*)   | -----                                                          | -----                                                                       | -----                                                                | -----                                                              | -----                                                       | -----                                                     | -----                                                                 |
|            | 14:35 | 45,0                                                           | 5,3                                                                         | 140                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,36                                                      | 543                                                                   |
|            | 15:45 | 45,0                                                           | 5,6                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 72,0                                                        | 4,44                                                      | 540                                                                   |
|            | 16:15 | 45,0                                                           | 5,2                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 72,0                                                        | 4,41                                                      | 540                                                                   |
|            | 17:15 | 45,0                                                           | 5,5                                                                         | 150                                                                  | 75                                                                 | 70,0                                                        | 4,40                                                      | 541                                                                   |
| 03/08/2005 | 08:10 | 50,0                                                           | 5,5                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 70,0                                                        | 4,41                                                      | 538                                                                   |
|            | 09:15 | 50,0                                                           | 5,4                                                                         | 145                                                                  | 77                                                                 | 71,0                                                        | 4,46                                                      | 539                                                                   |
|            | 10:15 | 45,0                                                           | 5,6                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 72,0                                                        | 4,41                                                      | 536                                                                   |
|            | 11:25 | 45,0                                                           | 5,8                                                                         | 150                                                                  | 76                                                                 | 72,0                                                        | 4,37                                                      | 541                                                                   |
|            | 13:55 | 50,0                                                           | 5,3                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,39                                                      | 543                                                                   |
|            | 14:55 | 50,0                                                           | 5,7                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,42                                                      | 540                                                                   |
|            | 15:45 | 45,0                                                           | 5,6                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 71,0                                                        | 4,34                                                      | 542                                                                   |
|            | 16:50 | 45,0                                                           | 6,1                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 72,0                                                        | 4,45                                                      | 541                                                                   |
| 04/08/2005 | 08:15 | 45,0                                                           | 5,4                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 70,0                                                        | 4,41                                                      | 540                                                                   |
|            | 09:25 | 45,0                                                           | 5,6                                                                         | 145                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,40                                                      | 540                                                                   |
|            | 10:25 | 45,0                                                           | 6,2                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 71,0                                                        | 4,36                                                      | 539                                                                   |
|            | 11:45 | 45,0                                                           | 5,1                                                                         | 145                                                                  | 77                                                                 | 72,0                                                        | 4,38                                                      | 540                                                                   |
|            | 13:50 | 50,0                                                           | 5,3                                                                         | 150                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,40                                                      | 542                                                                   |
|            | 14:45 | 50,0                                                           | 5,5                                                                         | 145                                                                  | 75                                                                 | 70,0                                                        | 4,38                                                      | 541                                                                   |
|            | 15:50 | 50,0                                                           | 5,9                                                                         | 140                                                                  | 76                                                                 | 71,0                                                        | 4,36                                                      | 539                                                                   |
|            | 16:45 | 45,0                                                           | 6,1                                                                         | 140                                                                  | 75                                                                 | 71,0                                                        | 4,40                                                      | 540                                                                   |

(\*): parada por mantenimiento mecánico y saneamiento de línea

**TABLA A.5 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 05/08/2005 | 08:05 | 45,0                                                           | 6,3                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,42                                                       | 540                                                                    |
|            | 09:05 | 45,0                                                           | 6,1                                                                          | 150                                                                   | 75                                                                  | 70,0                                                         | 4,37                                                       | 542                                                                    |
|            | 10:10 | 50,0                                                           | 5,6                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,36                                                       | 541                                                                    |
|            | 11:15 | 50,0                                                           | 5,9                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,38                                                       | 542                                                                    |
|            | 13:35 | 50,0                                                           | 5,9                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,38                                                       | 540                                                                    |
|            | 14:35 | 45,0                                                           | 5,4                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 72,0                                                         | 4,40                                                       | 539                                                                    |
|            | 15:30 | 45,0                                                           | 6,0                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,41                                                       | 540                                                                    |
|            | 16:30 | 50,0                                                           | 5,3                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,43                                                       | 541                                                                    |
| 08/08/2005 | (*)   | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 14:15 | 50,0                                                           | 5,5                                                                          | 140                                                                   | 77                                                                  | 72,0                                                         | 4,40                                                       | 543                                                                    |
|            | 15:25 | 45,0                                                           | 5,8                                                                          | 140                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,38                                                       | 540                                                                    |
|            | 16:35 | 45,0                                                           | 5,9                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,38                                                       | 540                                                                    |
|            | 17:15 | 50,0                                                           | 5,4                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,40                                                       | 543                                                                    |
| 09/08/2005 | 08:15 | 50,0                                                           | 5,6                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,43                                                       | 542                                                                    |
|            | 09:25 | 50,0                                                           | 5,9                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,40                                                       | 542                                                                    |
|            | 10:35 | 50,0                                                           | 5,3                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,31                                                       | 541                                                                    |
|            | 11:25 | 50,0                                                           | 5,8                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,35                                                       | 541                                                                    |
|            | 13:45 | 50,0                                                           | 6,2                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,40                                                       | 540                                                                    |
|            | 14:45 | 50,0                                                           | 6,0                                                                          | 140                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,35                                                       | 542                                                                    |
|            | 15:35 | 45,0                                                           | 5,5                                                                          | 140                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,38                                                       | 539                                                                    |
|            | 16:45 | 45,0                                                           | 6,2                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 70,0                                                         | 4,42                                                       | 540                                                                    |
| 10/08/2005 | (**)  | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |

(\*): parada por mantenimiento mecánico y saneamiento de línea



**TABLA A.5 (cont.)**  
**CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN, LLENADO Y ENVASADO DE BEBIDAS**  
**GASEOSAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Fecha      | Hora  | Presión de saturación de Amoníaco<br>( $P_{am} \pm 0,5$ ) psig | Temperatura a la salida de la cabina de enfriamiento<br>( $T_s \pm 0,3$ ) °C | Presión de Alimentación de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ac} \pm 3$ ) psig | Presión de inyección de CO <sub>2</sub><br>( $P_{ic} \pm 10$ ) psig | Presión del tanque carbonatador<br>( $P_{tc} \pm 0,5$ ) psig | Presión del tanque de llenado<br>( $P_{tl} \pm 0,01$ ) bar | Altura de nivel de líquido en tanque de llenado<br>( $H_{IL} + 1$ ) mm |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 11/08/2005 | 08:15 | 45,0                                                           | 6,0                                                                          | 150                                                                   | 77                                                                  | 71,0                                                         | 4,40                                                       | 540                                                                    |
|            | 09:35 | 50,0                                                           | 5,6                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,41                                                       | 542                                                                    |
|            | 10:25 | 45,0                                                           | 5,4                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,42                                                       | 540                                                                    |
|            | 11:40 | 50,0                                                           | 5,9                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,36                                                       | 538                                                                    |
|            | 13:45 | 45,0                                                           | 5,4                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,45                                                       | 538                                                                    |
|            | (**)  | -----                                                          | -----                                                                        | -----                                                                 | -----                                                               | -----                                                        | -----                                                      | -----                                                                  |
|            | 15:35 | 50,0                                                           | 5,6                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,38                                                       | 542                                                                    |
|            | 16:45 | 50,0                                                           | 5,9                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,38                                                       | 542                                                                    |
| 12/08/2005 | 08:45 | 50,0                                                           | 5,7                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 71,0                                                         | 4,32                                                       | 540                                                                    |
|            | 09:45 | 50,0                                                           | 6,1                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,39                                                       | 541                                                                    |
|            | 10:35 | 50,0                                                           | 6,0                                                                          | 145                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,40                                                       | 538                                                                    |
|            | 11:45 | 50,0                                                           | 5,8                                                                          | 140                                                                   | 75                                                                  | 72,0                                                         | 4,42                                                       | 540                                                                    |
|            | 13:50 | 50,0                                                           | 5,8                                                                          | 140                                                                   | 76                                                                  | 71,0                                                         | 4,36                                                       | 540                                                                    |
|            | 14:50 | 45,0                                                           | 5,7                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,38                                                       | 542                                                                    |
|            | 15:45 | 45,0                                                           | 6,2                                                                          | 145                                                                   | 76                                                                  | 72,0                                                         | 4,39                                                       | 543                                                                    |
|            | 16:50 | 50,0                                                           | 6,0                                                                          | 150                                                                   | 76                                                                  | 70,0                                                         | 4,43                                                       | 538                                                                    |

(\*\*): Parada de línea por falla mecánica en equipo de soplado de preformas

**TABLA A.6**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO**

| Fluido de referencia | Picnometro | Masa del picnómetro lleno<br>( $m_{pll} \pm 0,0001$ )g | Temperatura del fluido<br>( $T_f \pm 0,5$ )°C |
|----------------------|------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Agua destilada       | 1          | 60,2304                                                | 26,0                                          |
| Agua destilada       | 2          | 118,6839                                               | 20,0                                          |

Fecha de realización: 15/08/2005

Masa del Picnómetro seco y vacío 1: (34,5042  $\pm$  0,0001)g

Masa del Picnómetro seco y vacío 2: (40,5417  $\pm$  0,0001)g

Volumen del Picnómetro 1: 25 mL

Volumen del Picnómetro 2: 68 mL

**TABLA A.7**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS JARABES DE PREPARACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO**

| Fluido                                          | Índice de azúcares disueltos<br>( $I_a \pm 0,1$ )°Brix | Masa del picnómetro lleno<br>( $m_{pll} \pm 0,0001$ )g | Temperatura del fluido<br>( $T \pm 0,5$ )°C |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° 1  | 50,6                                                   | 66,3026                                                | 21,0                                        |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° 8  | 50,7                                                   | 66,3008                                                | 20,0                                        |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° 11 | 50,7                                                   | 66,3341                                                | 21,0                                        |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° 12 | 50,6                                                   | 66,2975                                                | 21,0                                        |
| Tanque de preparación de jarabe terminado n° 13 | 50,7                                                   | 66,3636                                                | 21,0                                        |
| Producto terminado de la línea de producción 3  | 9,3                                                    | 61,2363                                                | 19,0                                        |
| Producto terminado de la línea de producción 4  | 9,3                                                    | 61,2353                                                | 19,0                                        |

Fecha de realización: 15/08/2005

Masa del Picnómetro seco y vacío: (34,5042  $\pm$  0,0001)g

Volumen del Picnómetro: 25 mL

**TABLA A.8**  
**MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD ABSOLUTA DE DIFERENTES MUESTRAS DE JARABE SIMPLE, JARABE TERMINADO Y PRODUCTO TERMINADO EMPLEANDO EL VISCOSÍMETRO DE BROOKFIELD**

| Producto     |                    | Spindler | Revoluciones por minuto del equipo (RPM ± 1)rpm | Esfuerzo Cortante (Torque) (τ ± 0,1)% | Viscosidad absoluta (μ ± 0,1)cP | Temperatura del fluido (T ± 0,1)°C |
|--------------|--------------------|----------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Cola Negra   | Jarabe Simple      | S01      | 100                                             | 43,9                                  | 43,0                            | 28,1                               |
|              | Jarabe Terminado   | S01      | 100                                             | 41,5                                  | 41,4                            | 28,2                               |
|              | Producto Terminado | S01      | 100                                             | 12,2                                  | 12,0                            | 28,3                               |
| Lima - Limón | Jarabe Simple      | S01      | 100                                             | 66,0                                  | 66,8                            | 28,5                               |
|              | Jarabe Terminado   | S01      | 100                                             | 58,9                                  | 59,2                            | 28,1                               |
|              | Producto Terminado | S01      | 100                                             | 12,7                                  | 14,0                            | 28,2                               |
| Naranja      | Jarabe Simple      | S01      | 100                                             | 32,7                                  | 53,0                            | 28,5                               |
|              | Jarabe Terminado   | S01      | 100                                             | 32,8                                  | 33,1                            | 28,5                               |
|              | Producto Terminado | S01      | 100                                             | 14,8                                  | 14,3                            | 28,5                               |
| Piña         | Jarabe Simple      | S01      | 100                                             | 32,7                                  | 53,0                            | 28,5                               |
|              | Jarabe Terminado   | S01      | 100                                             | 33,8                                  | 33,8                            | 28,5                               |
|              | Producto Terminado | S01      | 100                                             | 18,5                                  | 17,5                            | 28,5                               |

Fecha de realización: 16/08/2006

**TABLA A.9**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN EXISTENTE**  
**ENTRE LA DILUCIÓN DE JARABES Y LA DENSIDAD Y CONCENTRACIÓN DE AZUCARES**

| Relación de dilución<br>(V <sub>a</sub> : V <sub>j</sub> )adim | Volumen de agua<br>(V <sub>a</sub> ± 5)mL | Volumen de jarabe<br>(V <sub>j</sub> ± 5)mL | Índice de azúcares disueltos<br>(I <sub>a</sub> ± 0,1)°Brix | Masa del picnómetro lleno<br>(m <sub>pl</sub> ± 0,5)g | Temperatura del fluido<br>(T ± 0,5)°C |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 9 : 1                                                          | 900                                       | 100                                         | 6,6                                                         | 118,3478                                              | 20,0                                  |
| 8 : 1                                                          | 800                                       | 100                                         | 7,2                                                         | 118,6181                                              | 20,0                                  |
| 6 : 1                                                          | 600                                       | 100                                         | 8,4                                                         | 118,9589                                              | 20,0                                  |
| 5 : 1                                                          | 500                                       | 100                                         | 9,5                                                         | 119,3309                                              | 20,0                                  |
| 4 : 1                                                          | 400                                       | 100                                         | 11,2                                                        | 119,8967                                              | 20,0                                  |

Fecha de realización: 18/08/2005

Masa del Picnómetro seco y vacío: (40,5417 ± 0,0001)g

Volumen del Picnómetro: 68 mL

°Brix del jarabe terminado: (50,6 ± 0,1)°Brix

Temperatura de referencia: 20 °C

**TABLA A.10**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 100 BPM EN LA LÍNEA 3**

| Tiempo (t ± 0,01)s |         |                    |         |
|--------------------|---------|--------------------|---------|
| Bomba de Mezcla    |         | Bomba Carbonatador |         |
| Encendido          | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 36,52              | 192,01  | 0,00               | 162,09  |
| 228,27             | 383,02  | 192,01             | 353,71  |
| 420,00             | 582,65  | 383,02             | 553,45  |
| 619,21             | 798,52  | 582,65             | 769,22  |
| 839,96             | 1026,85 | 798,52             | 996,63  |
| 1060,12            | -----   | 1026,85            | -----   |

Fecha de realización: 04/09/2005

**TABLA A.11**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 110 BPM EN LA LÍNEA 3**

| Tiempo (t ± 0,01)s |         |                    |         |
|--------------------|---------|--------------------|---------|
| Bomba de Mezcla    |         | Bomba Carbonatador |         |
| Encendido          | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 0,00               | 285,32  | 0,00               | 254,62  |
| 321,96             | 615,82  | 285,32             | 591,79  |
| 653,83             | 948,45  | 615,82             | 920,03  |
| 985,31             | 1276,50 | 948,45             | 1255,77 |
| 1314,84            | 1610,90 | 1276,50            | 1582,64 |
| 1648,54            | 1938,30 | 1610,90            | 1918,69 |
| 1975,17            | 2262,60 | 1938,30            | 2241,56 |
| 2303,15            | -----   | 2262,60            | -----   |

Fecha de realización: 04/09/2005

**TABLA A.12**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 115 BPM EN LA LÍNEA 3**

| Tiempo (t ± 0,01)s |         |                    |         |
|--------------------|---------|--------------------|---------|
| Bomba de Mezcla    |         | Bomba Carbonatador |         |
| Encendido          | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 0,00               | 301,30  | 0,00               | 267,32  |
| 334,60             | 642,20  | 301,30             | 617,65  |
| 684,20             | 992,21  | 642,20             | 963,40  |
| 1031,30            | 1335,80 | 992,21             | 1309,87 |
| 1373,85            | 1682,10 | 1335,80            | 1655,79 |
| 1724,20            | 2027,30 | 1682,10            | 2006,12 |
| 2063,12            | 2366,16 | 2027,30            | 2342,68 |
| 2408,32            | -----   | 2366,16            | -----   |

Fecha de realización: 04/09/2005

**TABLA A.13**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 100 BPM EN LA LÍNEA 4**  
**Tiempo (t ± 0,01)s**

| Bomba de Mezcla |         | Bomba Carbonatador |         |
|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Encendido       | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 23,33           | 65,68   | 0,00               | 44,64   |
| 94,89           | 135,21  | 72,83              | 115,99  |
| 164,80          | 205,52  | 141,77             | 184,99  |
| 234,27          | 273,74  | 210,11             | 253,11  |
| 303,46          | 344,18  | 280,02             | 323,53  |
| 373,50          | 414,22  | 350,03             | 393,54  |
| 443,54          | 484,26  | 420,04             | 463,55  |
| 513,58          | 554,30  | 490,05             | 533,56  |
| 583,62          | 624,34  | 560,06             | 603,57  |
| 653,66          | 694,38  | 630,07             | 673,58  |
| 723,70          | 764,42  | 700,08             | 743,59  |
| 793,74          | -----   | 770,09             | -----   |

Fecha de realización: 05/09/2005

**TABLA A.14**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 110 BPM EN LA LÍNEA 4**  
**Tiempo (t ± 0,01)s**

| Bomba de Mezcla |         | Bomba Carbonatador |         |
|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Encendido       | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 15,95           | 101,20  | 0,00               | 91,60   |
| 124,30          | 211,90  | 108,74             | 200,56  |
| 233,60          | 322,60  | 217,48             | 308,87  |
| 340,60          | 430,56  | 326,22             | 414,56  |
| 453,12          | 539,77  | 434,96             | 523,41  |
| 562,10          | 643,20  | 543,70             | 632,60  |
| 670,13          | 751,30  | 652,44             | 740,45  |
| 777,56          | 866,89  | 761,18             | 854,60  |
| 886,30          | 972,48  | 869,92             | 963,50  |
| 996,60          | 1080,12 | 978,66             | 1070,88 |
| 1103,45         | 1194,30 | 1087,40            | 1178,30 |
| 1212,34         | -----   | 1196,14            | -----   |

Fecha de realización: 05/09/2005

**TABLA A.15**  
**PERÍODOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO A 115BPM EN LA LÍNEA 4**  
**Tiempo (t ± 0,01)s**

| Bomba de Mezcla |         | Bomba Carbonatador |         |
|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Encendido       | Apagado | Encendido          | Apagado |
| 26,46           | 148,00  | 7,79               | 132,26  |
| 175,27          | 295,00  | 154,80             | 279,13  |
| 335,77          | 490,00  | 310,12             | 434,49  |
| 518,26          | 643,48  | 502,30             | 626,62  |
| 671,20          | 801,38  | 650,45             | 774,82  |
| 832,39          | 962,57  | 811,12             | 935,49  |
| 993,57          | 1123,75 | 971,78             | 1096,15 |
| 1154,76         | 1284,94 | 1132,45            | 1256,82 |
| 1315,94         | 1446,12 | 1293,11            | 1417,48 |
| 1477,13         | 1607,31 | 1453,78            | 1578,15 |
| 1638,31         | 1768,49 | 1614,44            | 1738,81 |
| 1799,50         | -----   | 1775,11            | -----   |

Fecha de realización: 05/09/2005

**TABLA A.16**  
**RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A DIFERENTES VELOCIDADES DE**  
**ENVASADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3**

| Tiempo<br>(t ± 0,01)s | Porcentaje de nivel de líquido en el tanque acumulador<br>(%h <sub>a</sub> + 1)% |         |         | Temperatura de la<br>bebida *115bpm<br>(T <sub>b</sub> ± 0,5)°C |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------------|
|                       | 100 bpm                                                                          | 110 bpm | 115 bpm |                                                                 |
| 0,00                  | 40                                                                               | 57      | 51      | 2,5                                                             |
| 5,00                  | 48                                                                               | 56      | 52      | 2,5                                                             |
| 10,00                 | 52                                                                               | 55      | 51      | 2,5                                                             |
| 15,00                 | 52                                                                               | 54      | 53      | 2,5                                                             |
| 20,00                 | 54                                                                               | 54      | 54      | 2,5                                                             |
| 25,00                 | 55                                                                               | 53      | 53      | 2,5                                                             |
| 30,00                 | 56                                                                               | 52      | 54      | 2,5                                                             |
| 35,00                 | 56                                                                               | 51      | 55      | 2,5                                                             |
| 40,00                 | 57                                                                               | 51      | 52      | 2,5                                                             |
| 45,00                 | 59                                                                               | 51      | 51      | 2,5                                                             |
| 50,00                 | 58                                                                               | 52      | 50      | 2,5                                                             |
| 55,00                 | 59                                                                               | 50      | 49      | 2,5                                                             |
| 60,00                 | 60                                                                               | 50      | 47      | 2,5                                                             |
| 65,00                 | 56                                                                               | 47      | 44      | 2,5                                                             |
| 70,00                 | 52                                                                               | 36      | 39      | 3,0                                                             |
| 75,00                 | 40                                                                               | 26      | 25      | 3,0                                                             |
| 80,00                 | 25                                                                               | 31      | 15      | 3,0                                                             |
| 85,00                 | 39                                                                               | 43      | 13      | 3,0                                                             |
| 90,00                 | 44                                                                               | 48      | 12      | 3,0                                                             |
| 95,00                 | 36                                                                               | 48      | 12      | 3,0                                                             |
| 100,00                | 21                                                                               | 33      | 13      | 3,0                                                             |
| 105,00                | 27                                                                               | 16      | 30      | 3,0                                                             |
| 110,00                | 38                                                                               | 13      | 44      | 3,0                                                             |
| 115,00                | 48                                                                               | 29      | 31      | 3,0                                                             |
| 120,00                | 51                                                                               | 41      | 51      | 3,0                                                             |
| 125,00                | 53                                                                               | 50      | 47      | 2,5                                                             |
| 130,00                | 54                                                                               | 50      | 45      | 2,5                                                             |
| 135,00                | 54                                                                               | 51      | 48      | 2,5                                                             |
| 140,00                | 55                                                                               | 52      | 49      | 2,5                                                             |
| 145,00                | 55                                                                               | 50      | 40      | 2,5                                                             |
| 150,00                | 54                                                                               | 50      | 39      | 2,5                                                             |
| 155,00                | 52                                                                               | 50      | 41      | 2,5                                                             |
| 160,00                | 51                                                                               | 50      | 43      | 2,5                                                             |
| 165,00                | 51                                                                               | 49      | 45      | 2,5                                                             |
| 170,00                | 51                                                                               | 48      | 47      | 2,0                                                             |
| 175,00                | 52                                                                               | 48      | 42      | 2,0                                                             |
| 180,00                | 52                                                                               | 48      | 25      | 2,0                                                             |
| 185,00                | 42                                                                               | 46      | 17      | 2,0                                                             |
| 190,00                | 34                                                                               | 46      | 16      | 2,0                                                             |
| 195,00                | 36                                                                               | 46      | 21      | 2,0                                                             |
| 200,00                | 47                                                                               | 47      | 25      | 2,0                                                             |
| 205,00                | 53                                                                               | 47      | 32      | 2,0                                                             |
| 210,00                | 25                                                                               | 47      | 36      | 2,0                                                             |
| 215,00                | 17                                                                               | 45      | 39      | 2,0                                                             |
| 220,00                | 15                                                                               | 41      | 43      | 2,0                                                             |
| 225,00                | 25                                                                               | 43      | 43      | 2,5                                                             |
| 230,00                | 25                                                                               | 42      | 42      | 2,5                                                             |
| 235,00                | 39                                                                               | 35      | 39      | 2,5                                                             |
| 240,00                | 45                                                                               | 20      | 32      | 2,5                                                             |
| 245,00                | 49                                                                               | 27      | 37      | 2,5                                                             |
| 250,00                | 49                                                                               | 30      | 41      | 2,5                                                             |
| 255,00                | 37                                                                               | 29      | 44      | 2,5                                                             |
| 260,00                | 19                                                                               | 33      | 37      | 3,0                                                             |
| 265,00                | 15                                                                               | 32      | 18      | 3,0                                                             |
| 270,00                | 15                                                                               | 26      | 25      | 3,0                                                             |
| 275,00                | 15                                                                               | 16      | 34      | 3,0                                                             |
| 280,00                | 15                                                                               | 23      | 42      | 3,0                                                             |
| 285,00                | 15                                                                               | 40      | 49      | 3,0                                                             |
| 290,00                | 27                                                                               | 51      | 52      | 3,5                                                             |
| 295,00                | 41                                                                               | 52      | 53      | 3,5                                                             |
| 300,00                | 43                                                                               | 55      | 54      | 3,0                                                             |

Fecha de realización: 04/09/2005

**TABLA A.17**  
**RESPUESTA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A DIFERENTES VELOCIDADES DE**  
**ENVASADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4**

| Tiempo<br>(t ± 0,01)s | Porcentaje de nivel de líquido en el tanque acumulador<br>(%h <sub>a</sub> + 1)% |         |         | Temperatura de la<br>bebida *115bpm<br>(T <sub>b</sub> ± 0,5)°C |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------------|
|                       | 100 bpm                                                                          | 110 bpm | 115 bpm |                                                                 |
| 0,00                  | 13                                                                               | 25      | 19      | 5,7                                                             |
| 5,00                  | 16                                                                               | 23      | 33      | 5,5                                                             |
| 10,00                 | 24                                                                               | 24      | 39      | 5,6                                                             |
| 15,00                 | 33                                                                               | 30      | 43      | 5,4                                                             |
| 20,00                 | 39                                                                               | 36      | 41      | 5,4                                                             |
| 25,00                 | 42                                                                               | 37      | 37      | 5,4                                                             |
| 30,00                 | 44                                                                               | 38      | 37      | 5,4                                                             |
| 35,00                 | 44                                                                               | 38      | 35      | 5,4                                                             |
| 40,00                 | 42                                                                               | 39      | 25      | 5,4                                                             |
| 45,00                 | 42                                                                               | 40      | 18      | 5,4                                                             |
| 50,00                 | 43                                                                               | 33      | 17      | 5,4                                                             |
| 55,00                 | 38                                                                               | 21      | 15      | 5,3                                                             |
| 60,00                 | 26                                                                               | 14      | 16      | 5,3                                                             |
| 65,00                 | 19                                                                               | 20      | 22      | 5,4                                                             |
| 70,00                 | 18                                                                               | 22      | 21      | 5,4                                                             |
| 75,00                 | 16                                                                               | 38      | 24      | 5,4                                                             |
| 80,00                 | 22                                                                               | 39      | 23      | 5,4                                                             |
| 85,00                 | 25                                                                               | 40      | 28      | 5,5                                                             |
| 90,00                 | 33                                                                               | 41      | 30      | 5,6                                                             |
| 95,00                 | 37                                                                               | 38      | 29      | 5,6                                                             |
| 100,00                | 37                                                                               | 37      | 35      | 5,5                                                             |
| 105,00                | 37                                                                               | 38      | 40      | 5,5                                                             |
| 110,00                | 39                                                                               | 41      | 45      | 5,5                                                             |
| 115,00                | 40                                                                               | 38      | 44      | 5,5                                                             |
| 120,00                | 36                                                                               | 36      | 46      | 5,3                                                             |
| 125,00                | 43                                                                               | 43      | 46      | 5,4                                                             |
| 130,00                | 46                                                                               | 45      | 45      | 5,4                                                             |
| 135,00                | 46                                                                               | 44      | 44      | 5,5                                                             |
| 140,00                | 46                                                                               | 41      | 44      | 5,6                                                             |
| 145,00                | 45                                                                               | 41      | 43      | 5,7                                                             |
| 150,00                | 44                                                                               | 43      | 49      | 5,7                                                             |
| 155,00                | 42                                                                               | 18      | 44      | 5,8                                                             |
| 160,00                | 33                                                                               | 14      | 21      | 5,7                                                             |
| 165,00                | 26                                                                               | 11      | 13      | 5,7                                                             |
| 170,00                | 19                                                                               | 17      | 12      | 5,7                                                             |
| 175,00                | 24                                                                               | 33      | 15      | 5,7                                                             |
| 180,00                | 35                                                                               | 39      | 39      | 5,7                                                             |
| 185,00                | 42                                                                               | 45      | 42      | 5,5                                                             |
| 190,00                | 46                                                                               | 43      | 43      | 5,5                                                             |
| 195,00                | 44                                                                               | 40      | 42      | 5,7                                                             |
| 200,00                | 44                                                                               | 40      | 41      | 5,7                                                             |
| 205,00                | 41                                                                               | 42      | 42      | 5,6                                                             |
| 210,00                | 37                                                                               | 38      | 41      | 5,7                                                             |
| 215,00                | 36                                                                               | 38      | 37      | 5,8                                                             |
| 220,00                | 25                                                                               | 27      | 28      | 5,8                                                             |
| 225,00                | 22                                                                               | 30      | 25      | 5,9                                                             |
| 230,00                | 16                                                                               | 17      | 20      | 5,9                                                             |
| 235,00                | 14                                                                               | 15      | 16      | 5,8                                                             |
| 240,00                | 26                                                                               | 17      | 22      | 5,8                                                             |
| 245,00                | 31                                                                               | 26      | 33      | 5,8                                                             |
| 250,00                | 42                                                                               | 37      | 41      | 5,8                                                             |
| 255,00                | 47                                                                               | 39      | 45      | 5,6                                                             |
| 260,00                | 48                                                                               | 43      | 45      | 5,8                                                             |
| 265,00                | 44                                                                               | 45      | 43      | 5,7                                                             |
| 270,00                | 40                                                                               | 42      | 41      | 5,7                                                             |
| 275,00                | 38                                                                               | 41      | 41      | 5,8                                                             |
| 280,00                | 37                                                                               | 43      | 40      | 5,8                                                             |
| 285,00                | 33                                                                               | 39      | 36      | 5,9                                                             |
| 290,00                | 22                                                                               | 36      | 40      | 5,9                                                             |
| 295,00                | 14                                                                               | 34      | 19      | 5,9                                                             |
| 300,00                | 13                                                                               | 28      | 16      | 5,8                                                             |

Fecha de realización: 04/09/2005

**TABLA A.18**  
**PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE JARABE**  
**TERMINADO**

| Línea de Producción | Tanque de preparación de Jarabe Terminado | Diferencia de altura de líquido en el tanque ( $h_{LJT} \pm 0,1$ )cm | Tiempo de descenso de nivel de líquido ( $t_v \pm 0,01$ )s |
|---------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 3                   | 8                                         | 1,8                                                                  | 31,94                                                      |
|                     |                                           | 1,8                                                                  | 36,18                                                      |
|                     |                                           | 1,6                                                                  | 29,44                                                      |
|                     |                                           | 1,2                                                                  | 20,90                                                      |
|                     |                                           | 1,2                                                                  | 27,34                                                      |
|                     | 11                                        | 2,0                                                                  | 41,62                                                      |
|                     |                                           | 2,2                                                                  | 42,34                                                      |
|                     |                                           | 1,2                                                                  | 23,18                                                      |
|                     |                                           | 1,2                                                                  | 24,62                                                      |
|                     |                                           | 1,4                                                                  | 26,74                                                      |
| 4                   | 5                                         | 1,4                                                                  | 21,64                                                      |
|                     |                                           | 2,0                                                                  | 29,40                                                      |
|                     |                                           | 1,8                                                                  | 27,02                                                      |
|                     |                                           | 2,2                                                                  | 32,52                                                      |
|                     |                                           | 2,0                                                                  | 30,69                                                      |
|                     | 4                                         | 1,0                                                                  | 14,32                                                      |
|                     |                                           | 1,2                                                                  | 17,38                                                      |
|                     |                                           | 1,6                                                                  | 24,80                                                      |
|                     |                                           | 1,6                                                                  | 24,36                                                      |
|                     |                                           | 1,8                                                                  | 26,84                                                      |

Diámetro interno del tanque:  $(158,5 \pm 0,5)$ cm

**TABLA A.19**  
**PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE AGUA DE**  
**ALIMENTACIÓN**

| Línea de Producción | Corrida | Diferencia de altura de líquido en el tanque ( $h_{LJT} \pm 0,1$ )cm | Tiempo de ascenso de nivel de líquido ( $t_v \pm 0,01$ )s |
|---------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 3                   | 1       | 3,8                                                                  | 2,09                                                      |
|                     |         | 3,0                                                                  | 1,60                                                      |
|                     |         | 2,9                                                                  | 1,62                                                      |
|                     |         | 2,6                                                                  | 1,51                                                      |
|                     |         | 3,8                                                                  | 2,13                                                      |
|                     | 2       | 3,5                                                                  | 2,03                                                      |
|                     |         | 4,7                                                                  | 2,66                                                      |
|                     |         | 3,2                                                                  | 1,70                                                      |
|                     |         | 5,0                                                                  | 2,70                                                      |
|                     |         | 4,6                                                                  | 2,34                                                      |
|                     | 3       | 4,0                                                                  | 2,20                                                      |
|                     |         | 3,2                                                                  | 1,70                                                      |
|                     |         | 2,7                                                                  | 1,50                                                      |
|                     |         | 2,6                                                                  | 1,50                                                      |
|                     |         | 4,8                                                                  | 2,50                                                      |
| 4                   | 1       | 4,0                                                                  | 6,06                                                      |
|                     |         | 3,0                                                                  | 4,47                                                      |
|                     |         | 2,1                                                                  | 3,91                                                      |
|                     |         | 2,2                                                                  | 5,59                                                      |
|                     |         | 3,0                                                                  | 6,41                                                      |
|                     | 2       | 2,6                                                                  | 3,56                                                      |
|                     |         | 3,9                                                                  | 5,96                                                      |
|                     |         | 2,5                                                                  | 3,70                                                      |
|                     |         | 1,1                                                                  | 2,25                                                      |
|                     |         | 1,8                                                                  | 2,49                                                      |
|                     | 3       | 3,70                                                                 | 3,56                                                      |
|                     |         | 6,50                                                                 | 5,96                                                      |
|                     |         | 3,80                                                                 | 3,70                                                      |
|                     |         | 2,50                                                                 | 2,25                                                      |
|                     |         | 2,60                                                                 | 2,49                                                      |

Diámetro del tanque:  $(0,926 \pm 0,002)$ m

Fecha de realización: 06/09/2005

**TABLA A.20**  
**MEDICIÓN DEL DRENADO DE BEBIDA EN CONDICIONES DE OPERACIÓN NORMALES**  
**DEL EQUIPO DE ENVASADO-LLENADO**

| Línea | Volumen del cilindro graduado<br>( $V_{cil} \pm 5$ )mL |       |       |       |       | Tiempo de llenado<br>( $t_{llc} \pm 0,01$ )s |       |       |       |       |
|-------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|       | 14/11                                                  | 15/11 | 16/11 | 17/11 | 18/11 | 14/11                                        | 15/11 | 16/11 | 17/11 | 18/11 |
| L3    | 315                                                    | 335   | 355   | 320   | 360   | 10,89                                        | 14,60 | 14,80 | 11,45 | 14,33 |
|       | 295                                                    | 345   | 335   | 315   | 360   | 12,57                                        | 12,67 | 13,74 | 12,36 | 13,58 |
|       | 245                                                    | 325   | 360   | 330   | 315   | 8,75                                         | 10,75 | 12,67 | 11,47 | 10,14 |
|       | 235                                                    | 345   | 315   | 280   | 385   | 11,64                                        | 12,53 | 11,49 | 13,45 | 10,47 |
|       | 315                                                    | 275   | 385   | 300   | 285   | 12,87                                        | 10,45 | 13,51 | 10,69 | 11,35 |
|       | 335                                                    | 310   | 310   | 385   | 360   | 14,60                                        | 13,78 | 11,48 | 13,54 | 12,87 |
|       | 345                                                    | 395   | 300   | 315   | 355   | 12,67                                        | 14,58 | 10,35 | 14,23 | 13,31 |
|       | 325                                                    | 325   | 255   | 350   | 325   | 10,75                                        | 13,86 | 11,56 | 12,49 | 14,21 |
|       | 345                                                    | 365   | 285   | 315   | 345   | 12,53                                        | 12,49 | 12,54 | 15,64 | 13,95 |
|       | 275                                                    | 305   | 310   | 375   | 370   | 10,45                                        | 11,73 | 11,45 | 15,87 | 13,63 |
| L4    | 355                                                    | 385   | 340   | 400   | 345   | 12,24                                        | 11,87 | 9,87  | 12,65 | 13,60 |
|       | 385                                                    | 300   | 330   | 385   | 370   | 11,49                                        | 9,41  | 10,45 | 11,47 | 11,22 |
|       | 345                                                    | 370   | 325   | 390   | 360   | 12,36                                        | 10,31 | 11,39 | 10,62 | 10,45 |
|       | 330                                                    | 340   | 365   | 385   | 335   | 8,75                                         | 11,57 | 10,47 | 12,54 | 11,64 |
|       | 380                                                    | 355   | 350   | 350   | 365   | 10,46                                        | 12,34 | 11,76 | 11,92 | 11,11 |
|       | 415                                                    | 365   | 340   | 375   | 390   | 11,57                                        | 10,36 | 11,48 | 10,16 | 13,47 |
|       | 390                                                    | 350   | 370   | 365   | 330   | 12,34                                        | 11,89 | 12,36 | 11,73 | 12,55 |
|       | 365                                                    | 340   | 365   | 355   | 325   | 12,87                                        | 12,49 | 11,89 | 12,38 | 11,73 |
|       | 375                                                    | 385   | 320   | 325   | 360   | 11,48                                        | 11,87 | 9,65  | 12,44 | 12,28 |
|       | 325                                                    | 410   | 345   | 400   | 375   | 12,45                                        | 12,58 | 11,58 | 12,65 | 12,39 |

Fecha de realización: 14/11/2005 al 18/11/2005

**TABLA A.21**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DRENAJE DE**  
**AGUA EN LOS TANQUE REACTORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

| Tanque reactor | Ancho del canal<br>( $A \pm 0,5$ )cm | Largo del canal<br>( $L \pm 0,5$ )cm | Altura de nivel de líquido<br>( $H \pm 0,5$ )cm | Tiempo de llenado del canal<br>( $t_{cil} \pm 0,01$ )s |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Reactor 1      | 45,0                                 | 290,0                                | 15,0                                            | 20,31                                                  |
|                |                                      |                                      | 12,0                                            | 18,74                                                  |
|                |                                      |                                      | 10,0                                            | 12,65                                                  |
| Reactor 2      | 45,0                                 | 290,0                                | 12,0                                            | 23,5                                                   |
|                |                                      |                                      | 15,0                                            | 30,6                                                   |
|                |                                      |                                      | 16,0                                            | 34,26                                                  |

Fecha de realización: 14/11/2005

**TABLA A.22**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENADO**  
**DE AGUA DURANTE EL RETROLAVADO DE FILTROS**

| Filtro                            | Ancho del canal<br>( $A \pm 0,5$ )cm | Altura del nivel de líquido en el canal<br>( $H \pm 0,5$ )cm | Tiempo de recorrido<br>( $t_r \pm 0,01$ )s |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Arena<br>(Batería de filtros I)   | 20,0                                 | 11,5                                                         | 2,56                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,32                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 1,81                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,34                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,27                                       |
| Carbón<br>(Batería de filtros II) | 20,0                                 | 15,0                                                         | 2,49                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,70                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 1,93                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,87                                       |
|                                   |                                      |                                                              | 2,65                                       |

Longitud de recorrido fijada: 1 m

Fecha de realización: 14/11/2005



**TABLA A.23**  
**VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE LÍQUIDO CO<sub>2</sub> EN LOS TANQUES CRIOGÉNICOS DE CO<sub>2</sub>**

| Fecha      | Hora de medición | Presión hidrostática ( $h_{CO_2} \pm 0,5$ ) plgH <sub>2</sub> O |                  |                   |                    |
|------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|            |                  | <i>BOC GASES</i>                                                | <i>PRAXAIR I</i> | <i>PRAXAIR II</i> | <i>PRAXAIR III</i> |
| 21/02/2006 | 23:05            | 58,5                                                            | 46,0             | 0,0               | 33,0               |
|            | 00:05            | 58,0                                                            | 46,0             | 0,0               | 33,0               |
|            | 01:05            | 57,5                                                            | 46,0             | 0,0               | 30,0               |
|            | 02:05            | 57,0                                                            | 44,0             | 4,0               | 28,0               |
|            | 03:05            | 57,0                                                            | 44,0             | 3,0               | 24,0               |
|            | 04:00            | 56,5                                                            | 44,0             | 7,0               | 18,0               |
|            | 05:00            | 56,0                                                            | 44,0             | 9,0               | 14,0               |
| 22/02/2006 | 23:05            | 52,5                                                            | 44,0             | 64,0              | 17,0               |
|            | 00:15            | 52,0                                                            | 44,0             | 63,0              | 14,0               |
|            | 01:25            | 52,0                                                            | 46,0             | 62,0              | 12,0               |
|            | 02:10            | 51,5                                                            | 45,0             | 62,0              | 11,0               |
|            | 03:05            | 51,5                                                            | 45,0             | 61,0              | 9,0                |
|            | 04:00            | 51,5                                                            | 45,0             | 61,0              | 7,0                |
|            | 05:00            | 51,5                                                            | 45,0             | 60,0              | 6,0                |
| 23/02/2006 | 22:25            | 50,0                                                            | 44,0             | 39,0              | 1,0                |
|            | 23:25            | 50,0                                                            | 44,0             | 38,0              | 1,0                |
|            | 00:25            | 50,0                                                            | 44,0             | 36,0              | 1,0                |
|            | 01:35            | 50,0                                                            | 44,0             | 35,0              | 1,0                |
|            | 02:20            | 50,0                                                            | 44,0             | 34,0              | 1,0                |
|            | 03:25            | 50,0                                                            | 44,0             | 32,0              | 1,0                |
|            | 04:30            | 49,0                                                            | 44,0             | 31,0              | 1,0                |
|            | 05:25            | 49,0                                                            | 43,0             | 29,0              | 1,0                |
| 26/02/2006 | 15:30            | 46,0                                                            | 48,0             | 47,0              | 15,0               |
|            | 16:35            | 46,0                                                            | 48,0             | 46,0              | 13,0               |
|            | 18:15            | 45,5                                                            | 47,0             | 44,0              | 12,0               |
|            | 19:40            | 45,5                                                            | 47,0             | 43,0              | 10,0               |
|            | 20:35            | 45,5                                                            | 47,0             | 42,0              | 9,0                |
|            | 21:30            | 45,5                                                            | 47,0             | 41,0              | 8,0                |
|            |                  |                                                                 |                  |                   |                    |
| 26/02/2006 | 22:30            | 45,5                                                            | 47,0             | 41,0              | 7,0                |
|            | 23:30            | 45,0                                                            | 47,0             | 40,0              | 6,0                |
|            | 00:40            | 45,0                                                            | 47,0             | 39,0              | 6,0                |
|            | 02:25            | 45,0                                                            | 47,0             | 38,0              | 4,0                |
|            | 04:20            | 45,0                                                            | 47,0             | 35,0              | 2,0                |
|            | 05:30            | 45,0                                                            | 47,0             | 34,0              | 2,0                |

**TABLA A.24**  
**INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN POR HORA EN LAS LÍNEAS 3, 4 Y 5**

| Fecha      | Hora de medición | Producción en número de paletas |       |       |
|------------|------------------|---------------------------------|-------|-------|
|            |                  | L3                              | L4    | L5    |
| 21/02/2006 | 23:10            | 23,25                           | 22,25 | 5,14  |
|            | 00:10            | 36,50                           | 35,75 | 9,43  |
|            | 00:55            | 47,75                           | 45,00 | 13,29 |
|            | 02:10            | 64,00                           | 56,00 | 18,14 |
|            | 03:10            | 77,50                           | 61,25 | 24,00 |
|            | 04:05            | 85,00                           | 69,00 | 29,00 |
|            | 05:05            | 95,50                           | 73,75 | 35,00 |
| 22/02/2006 | 23:10            | 18,50                           | 17,75 | 6,14  |
|            | 00:20            | 34,50                           | 28,50 | 11,14 |
|            | 01:10            | 45,00                           | 29,00 | 13,71 |
|            | 02:15            | 58,50                           | 41,00 | 20,43 |
|            | 03:10            | 70,00                           | 49,00 | 25,71 |
|            | 04:05            | 82,00                           | 59,50 | 30,29 |
|            | 05:05            | 95,75                           | 73,50 | 36,29 |
| 23/02/2006 | 22:30            | 10,50                           | 5,50  | 4,14  |
|            | 23:30            | 20,50                           | 6,50  | 7,71  |
|            | 00:30            | 31,50                           | 15,50 | 13,71 |
|            | 01:30            | 44,50                           | 22,00 | 19,00 |
|            | 02:25            | 56,00                           | 27,00 | 23,71 |
|            | 03:30            | 68,00                           | 36,50 | 28,43 |
|            | 04:35            | 83,00                           | 49,00 | 33,43 |
| 26/02/2006 | 05:35            | 96,50                           | 60,50 | 39,29 |
|            | 15:35            | 25,50                           | 21,75 | 2,43  |
|            | 16:40            | 41,00                           | 31,00 | 3,86  |
|            | 18:10            | 63,50                           | 52,00 | 8,86  |
|            | 19:45            | 81,25                           | 68,50 | 11,00 |
|            | 20:30            | 90,50                           | 81,50 | 15,57 |
|            | 21:35            | 101,50                          | 92,50 | 18,57 |
| 26/02/2006 | 22:35            | 12,00                           | 9,75  | 4,71  |
|            | 23:40            | 18,50                           | 24,00 | 4,71  |
|            | 00:45            | 26,50                           | 39,00 | 8,29  |
|            | 02:30            | 49,00                           | 56,00 | 12,43 |
|            | 04:25            | 70,00                           | 72,50 | 23,00 |
|            | 05:35            | 81,00                           | 81,00 | 27,14 |

Formato y sabor procesado en la línea de producción L3: Big Cola 3100 mL

Formato y sabor procesado en la línea de producción L4: Big Cola 3100 mL

Formato y sabor procesado en la línea de producción L5: Big Cola 500 mL

## **APÉNDICE B**

### **RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL PROCESO**

A continuación se presentan los resultados del comportamiento de los parámetros de calidad durante la fase diagnóstica de la investigación, orientados a la evaluación del proceso de manera integral y caracterización del mismo.

**TABLA B.1**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL**  
**MES DE JULIO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Julio |          |          |          |
|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (adim)                   | 4,37297                  | 4,38720  | 4,30588  | 4,29412  |
| Desviación estándar (adim)     | 0,13732                  | 0,15449  | 0,13758  | 0,12982  |
| Varianza (adim)                | 0,0189                   | 0,0239   | 0,0189   | 0,0169   |
| Mínimo (adim)                  | 4,20000                  | 4,20000  | 4,20000  | 4,20000  |
| Primer cuartil (adim)          | 4,20000                  | 4,20000  | 4,20000  | 4,20000  |
| Tercer cuartil (adim)          | 4,50000                  | 4,50000  | 4,40000  | 4,40000  |
| Máximo (adim)                  | 4,60000                  | 4,60000  | 4,60000  | 4,60000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 148                      | 125      | 136      | 136      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                  | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.2**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL**  
**MES DE AGOSTO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Agosto |          |          |          |
|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                  | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (adim)                   | 4,29120                   | 4,27453  | 4,36870  | 4,34322  |
| Desviación estándar (adim)     | 0,13760                   | 0,11716  | 0,14940  | 0,13554  |
| Varianza (adim)                | 0,07100                   | 0,01370  | 0,02230  | 0,01840  |
| Mínimo (adim)                  | 4,20000                   | 4,20000  | 4,10000  | 4,20000  |
| Primer cuartil (adim)          | 4,20000                   | 4,20000  | 4,20000  | 4,20000  |
| Tercer cuartil (adim)          | 4,40000                   | 4,30000  | 4,50000  | 4,42500  |
| Máximo (adim)                  | 4,60000                   | 4,60000  | 4,60000  | 4,60000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 125                       | 106      | 131      | 118      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                   | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.3**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL**  
**MES DE SEPTIEMBRE DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Septiembre |          |          |          |
|--------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                      | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (adim)                   | 4,35041                       | 4,32258  | 4,34265  | 4,35141  |
| Desviación estándar (adim)     | 0,14619                       | 0,12153  | 0,14331  | 0,12097  |
| Varianza (adim)                | 0,02140                       | 0,0148   | 0,02050  | 0,0146   |
| Mínimo (adim)                  | 4,20000                       | 4,20000  | 4,20000  | 4,20000  |
| Primer cuartil (adim)          | 4,20000                       | 4,20000  | 4,20000  | 4,20000  |
| Tercer cuartil (adim)          | 4,40000                       | 4,40000  | 4,47500  | 4,40000  |
| Máximo (adim)                  | 4,60000                       | 4,60000  | 4,60000  | 4,60000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 123                           | 124      | 136      | 138      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                       | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

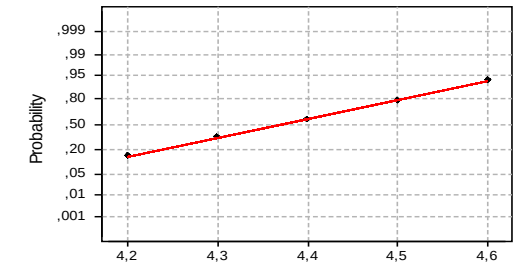
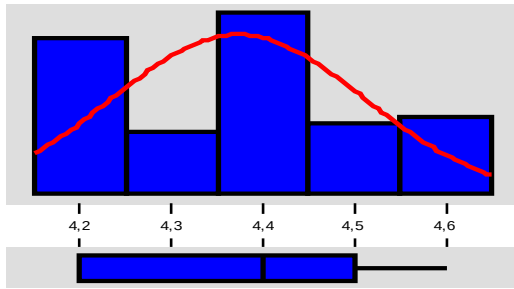
(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.4**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL**  
**MES DE OCTUBRE DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Octubre |          |          |          |
|--------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (adim)                   | 4,32556                    | 4,33089  | 4,41750  | 4,39861  |
| Desviación estándar (adim)     | 0,12831                    | 0,13314  | 0,13387  | 0,13587  |
| Varianza (adim)                | 0,01650                    | 0,01770  | 0,01840  | 0,0185   |
| Mínimo (adim)                  | 4,20000                    | 4,20000  | 4,10000  | 4,10000  |
| Primer cuartil (adim)          | 4,20000                    | 4,20000  | 4,40000  | 4,30000  |
| Tercer cuartil (adim)          | 4,40000                    | 4,40000  | 4,50000  | 4,50000  |
| Máximo (adim)                  | 4,60000                    | 4,60000  | 4,60000  | 4,60000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 133                        | 123      | 40       | 144      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                    | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

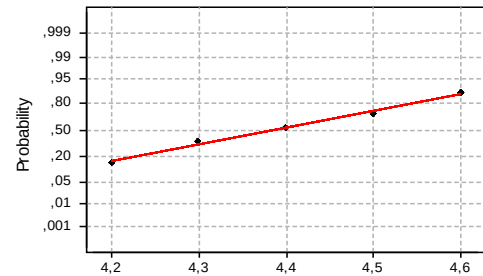
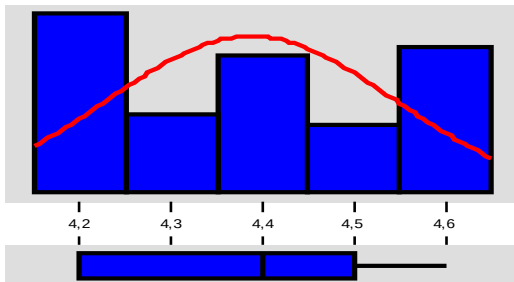
### Semana 1



Average: 4.37297  
StDev: 0.137319  
N: 148

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6.404  
P-Value: 0.000

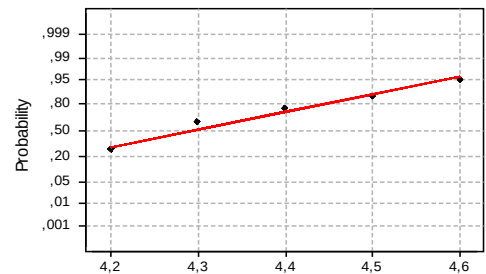
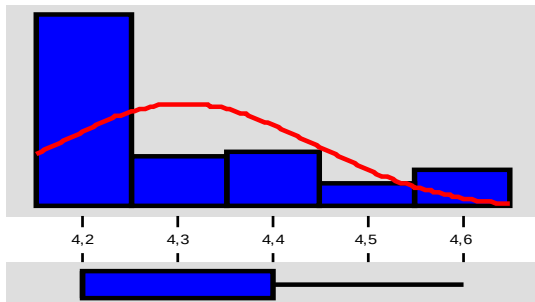
### Semana 2



Average: 4.3872  
StDev: 0.154490  
N: 125

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6.200  
P-Value: 0.000

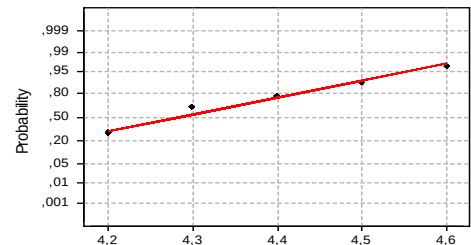
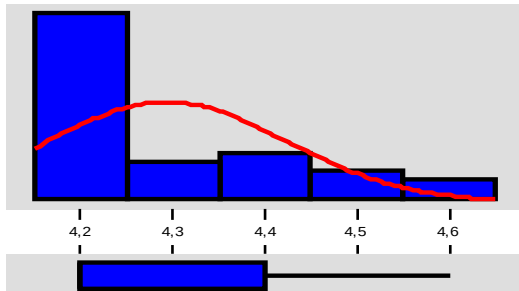
### Semana 3



Average: 4.30588  
StDev: 0.137579  
N: 136

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 13.787  
P-Value: 0.000

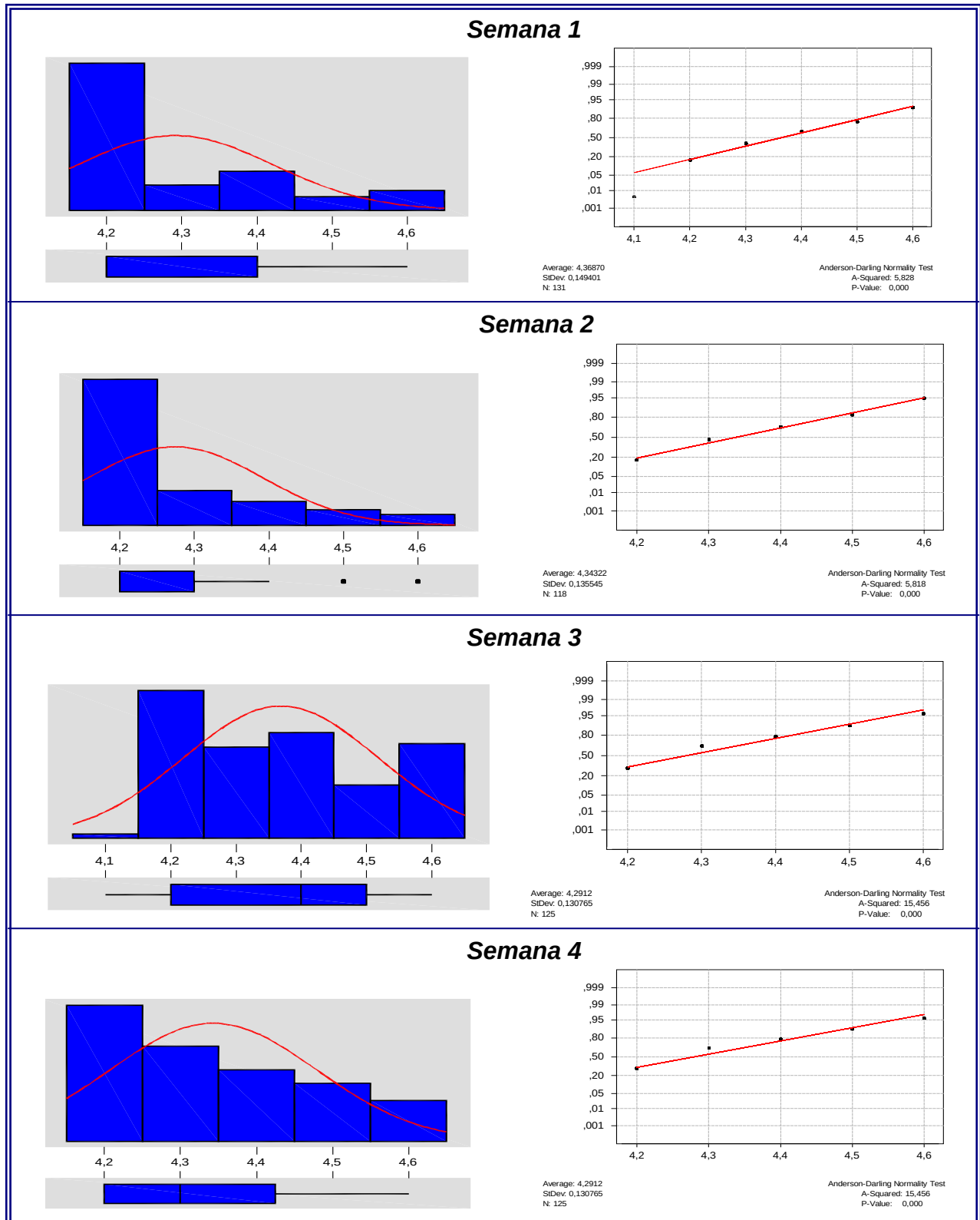
### Semana 4



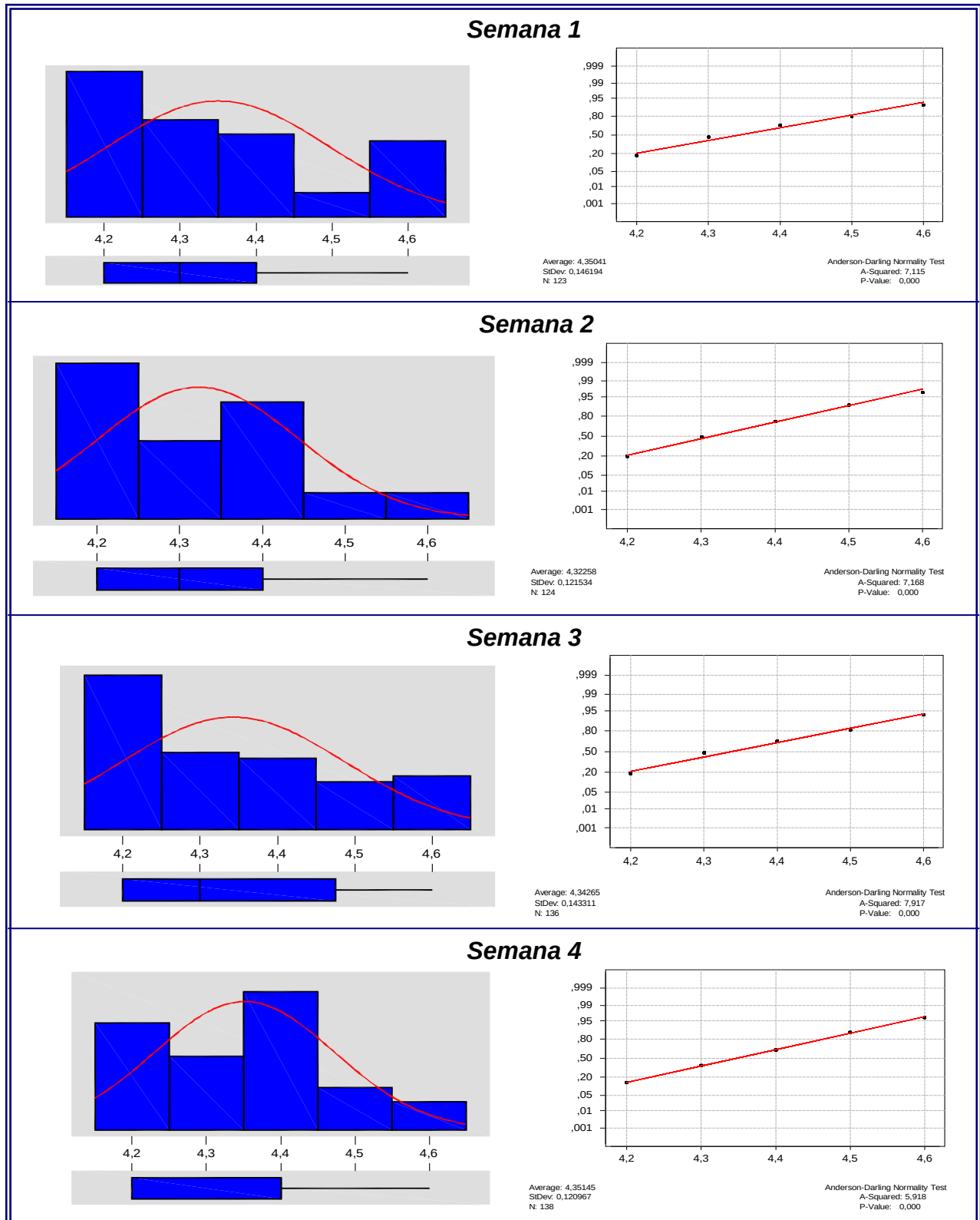
Average: 4.29412  
StDev: 0.129823  
N: 136

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 15.728  
P-Value: 0.000

Figura B.1 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005

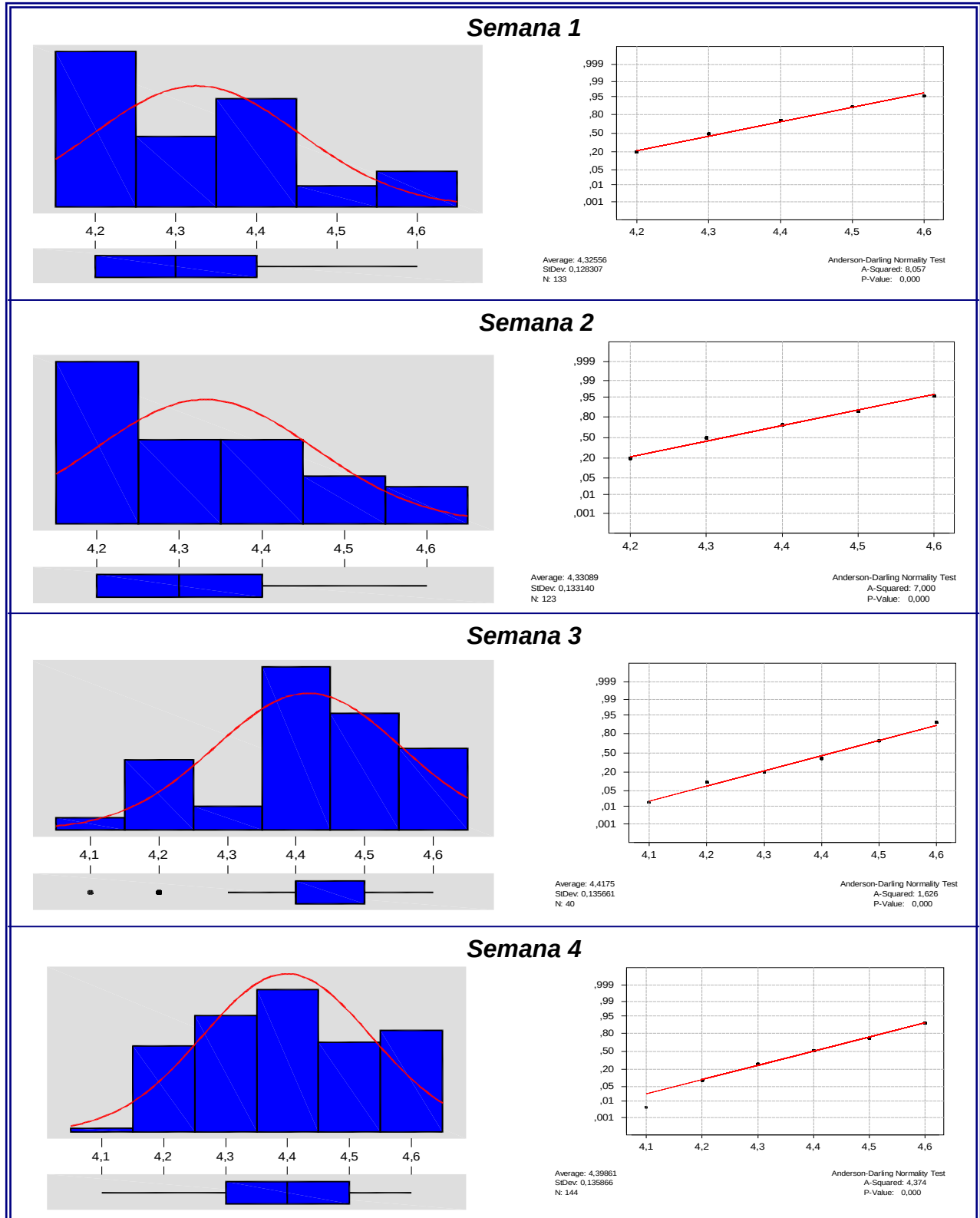


**Figura B.2 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005**



**Figura B.3 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005**





**Figura B.4 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005**

**TABLA B.5**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE JULIO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Julio</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                 | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (adim)</i>                | 4,41027                         | 4,49322         | 4,40217         | 4,40000         |
| <i>Desviación estándar (adim)</i>  | 0,14031                         | 0,12158         | 0,14472         | 0,13535         |
| <i>Varianza (adim)</i>             | 0,01970                         | 0,01480         | 0,02090         | 0,01830         |
| <i>Mínimo (adim)</i>               | 4,10000                         | 4,20000         | 4,20000         | 4,20000         |
| <i>Primer cuartil (adim)</i>       | 4,30000                         | 4,40000         | 4,30000         | 4,30000         |
| <i>Tercer cuartil (adim)</i>       | 4,50000                         | 4,60000         | 4,52500         | 4,50000         |
| <i>Máximo (adim)</i>               | 4,70000                         | 4,60000         | 4,60000         | 4,60000         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 146                             | 59              | 138             | 132             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,00000                         | 0,00000         | 0,00000         | 0,00000         |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.6**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE AGOSTO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Agosto</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                  | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (adim)</i>                | 4,37879                          | 4,39159         | 4,36970         | 4,36752         |
| <i>Desviación estándar (adim)</i>  | 0,12723                          | 0,14802         | 0,13247         | 0,13886         |
| <i>Varianza (adim)</i>             | 0,01620                          | 0,02190         | 0,0175          | 0,0193          |
| <i>Mínimo (adim)</i>               | 4,20000                          | 4,20000         | 4,10000         | 4,20000         |
| <i>Primer cuartil (adim)</i>       | 4,30000                          | 4,20000         | 4,20000         | 4,20000         |
| <i>Tercer cuartil (adim)</i>       | 4,50000                          | 4,50000         | 4,50000         | 4,50000         |
| <i>Máximo (adim)</i>               | 4,60000                          | 4,60000         | 4,60000         | 4,60000         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 132                              | 107             | 132             | 117             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,00000                          | 0,00000         | 0,00000         | 0,00000         |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.7**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE SEPTIEMBRE DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Septiembre</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                      | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (adim)</i>                | 4,32353                              | 4,34167         | 4,31104         | 4,30746         |
| <i>Desviación estándar (adim)</i>  | 0,11253                              | 0,124740        | 0,12554         | 0,12603         |
| <i>Varianza (adim)</i>             | 0,01270                              | 0,01560         | 0,01580         | 0,01590         |
| <i>Mínimo (adim)</i>               | 4,20000                              | 4,20000         | 4,20000         | 4,10000         |
| <i>Primer cuartil (adim)</i>       | 4,20000                              | 4,20000         | 4,20000         | 4,20000         |
| <i>Tercer cuartil (adim)</i>       | 4,40000                              | 4,40000         | 4,40000         | 4,40000         |
| <i>Máximo (adim)</i>               | 4,60000                              | 4,60000         | 4,60000         | 4,60000         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 119                                  | 120             | 154             | 134             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,00000                              | 0,00000         | 0,00000         | 0,00000         |

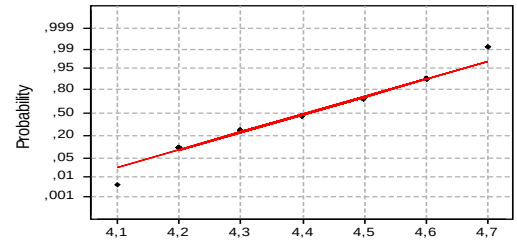
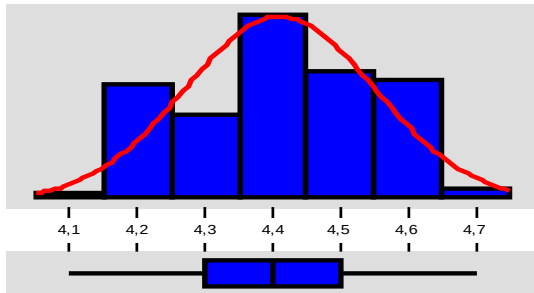
(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.8**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE**  
**CARBONATACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE OCTUBRE DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Octubre</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                   | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (adim)</i>                | 4,31069                           | 4,33871         | 4,38605         | 4,44667         |
| <i>Desviación estándar (adim)</i>  | 0,12725                           | 0,13172         | 0,13387         | 0,12895         |
| <i>Varianza (adim)</i>             | 0,01620                           | 0,01740         | 0,01790         | 0,01660         |
| <i>Mínimo (adim)</i>               | 4,10000                           | 4,20000         | 4,00000         | 4,20000         |
| <i>Primer cuartil (adim)</i>       | 4,20000                           | 4,20000         | 4,30000         | 4,40000         |
| <i>Tercer cuartil (adim)</i>       | 4,40000                           | 4,40000         | 4,50000         | 4,60000         |
| <i>Máximo (adim)</i>               | 4,60000                           | 4,60000         | 4,60000         | 4,60000         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 131                               | 124             | 86              | 120             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,00000                           | 0,00000         | 0,00000         | 0,00000         |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

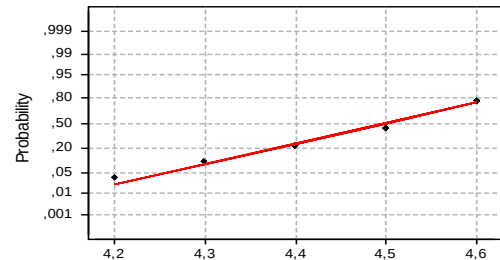
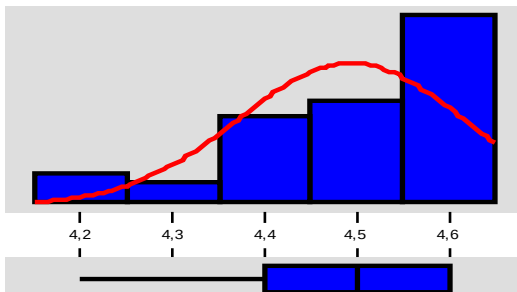
### Semana 1



Average: 4.41027  
StDev: 0.140310  
N: 146

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.343  
P-Value: 0.000

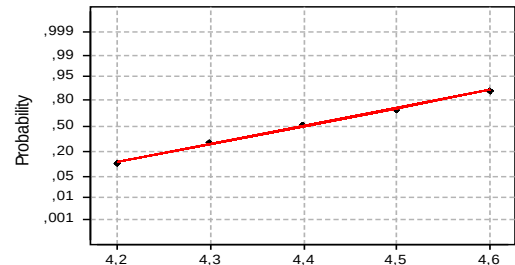
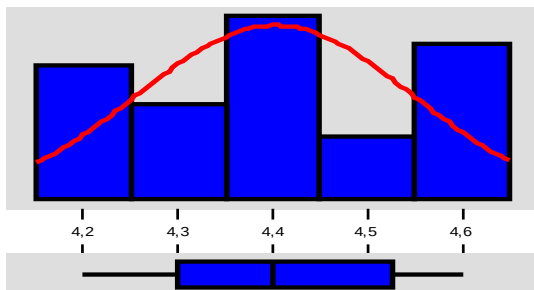
### Semana 2



Average: 4.49322  
StDev: 0.121576  
N: 59

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.111  
P-Value: 0.000

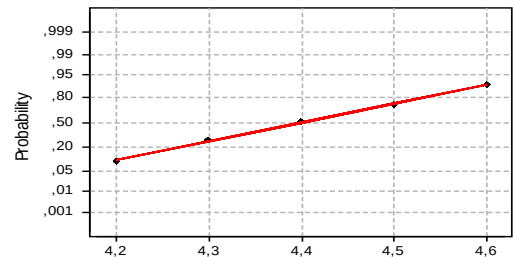
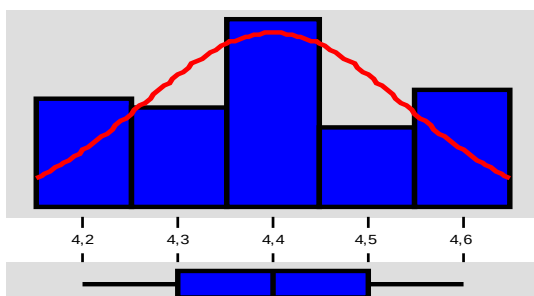
### Semana 3



Average: 4.40217  
StDev: 0.144721  
N: 138

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5.668  
P-Value: 0.000

### Semana 4

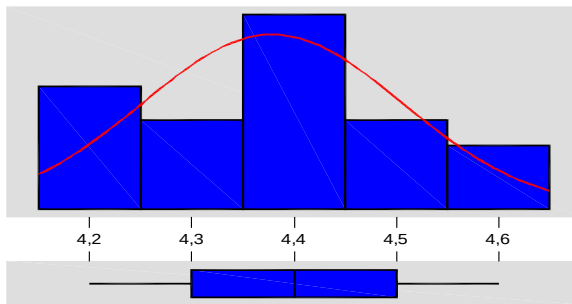


Average: 4.4  
StDev: 0.135354  
N: 132

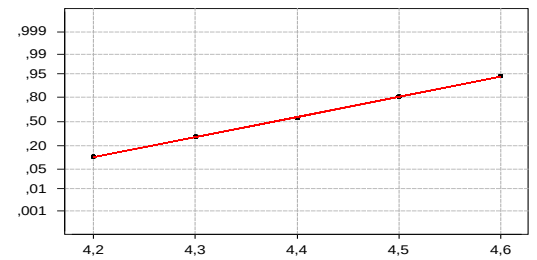
Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.565  
P-Value: 0.000

Figura B.5 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005

### Semana 1

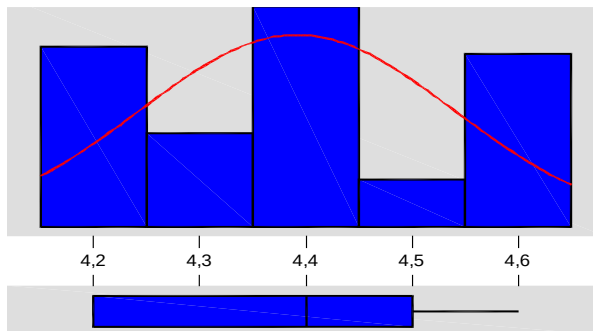


Average: 4.37879  
StDev: 0.127231  
N: 132

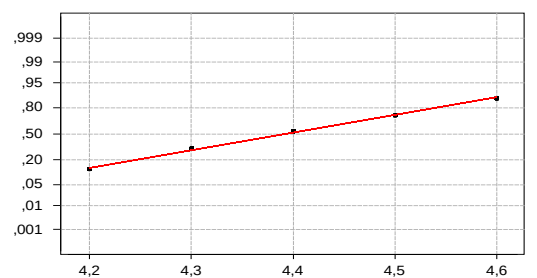


Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.730  
P-Value: 0.000

### Semana 2

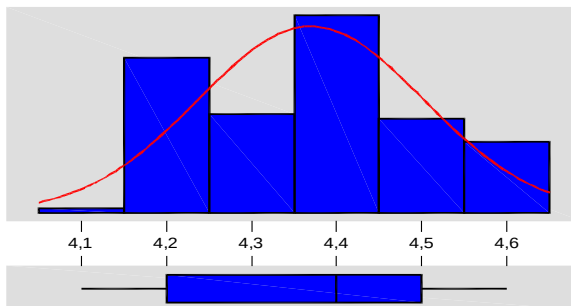


Average: 4.39159  
StDev: 0.148019  
N: 107

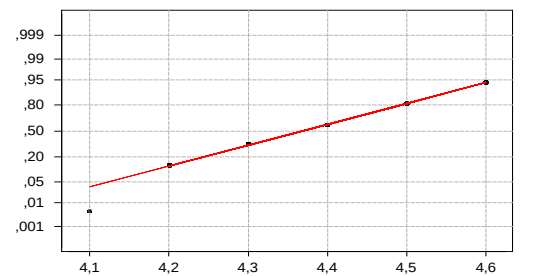


Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5.058  
P-Value: 0.000

### Semana 3

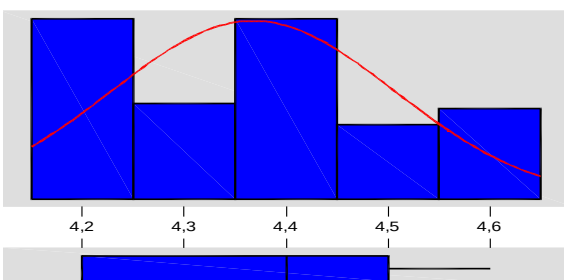


Average: 4.36970  
StDev: 0.132469  
N: 132

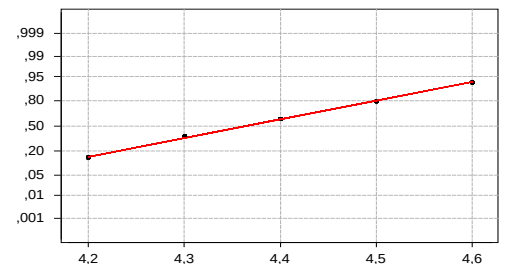


Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.667  
P-Value: 0.000

### Semana 4



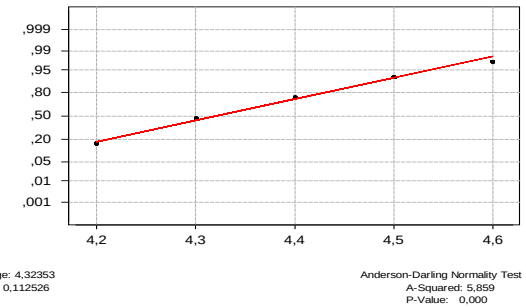
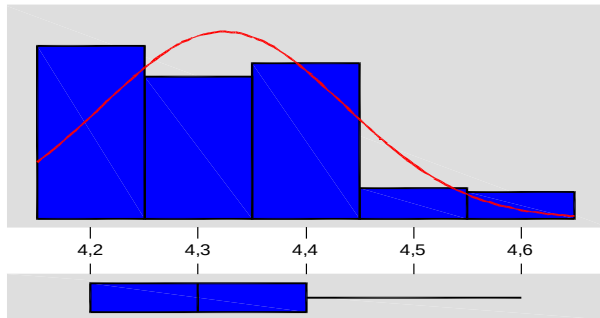
Average: 4.36752  
StDev: 0.138856  
N: 117



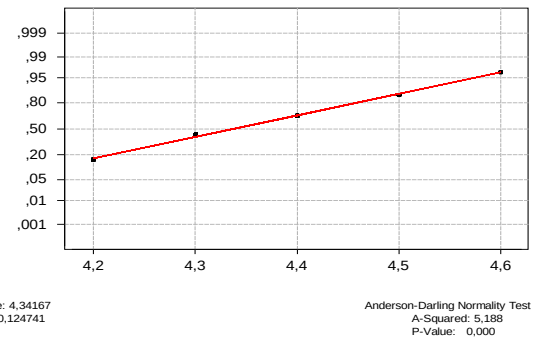
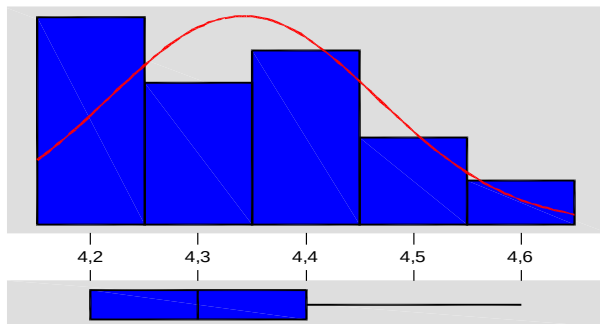
Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4.835  
P-Value: 0.000

Figura B.6 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005

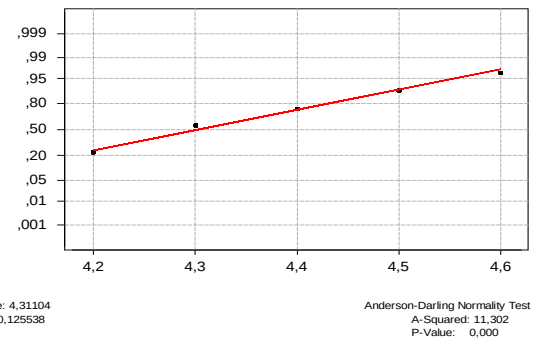
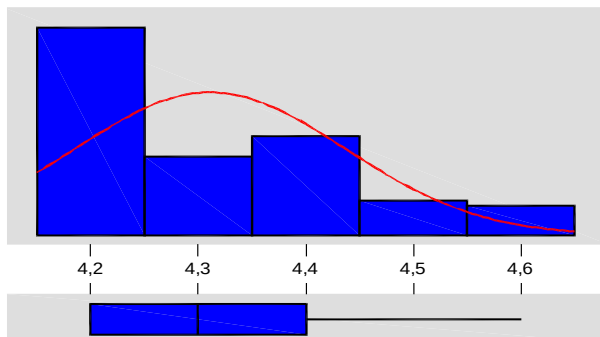
### Semana 1



### Semana 2



### Semana 3



### Semana 4

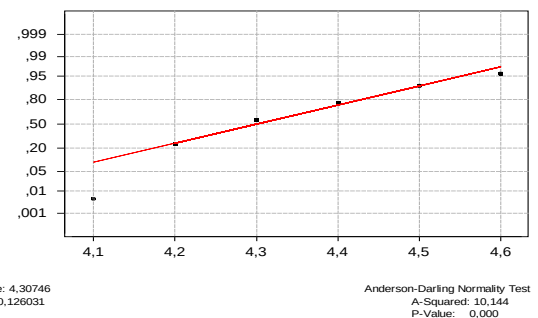
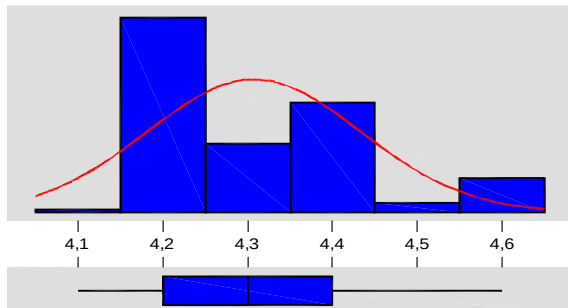
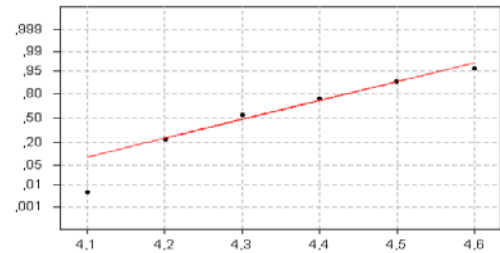
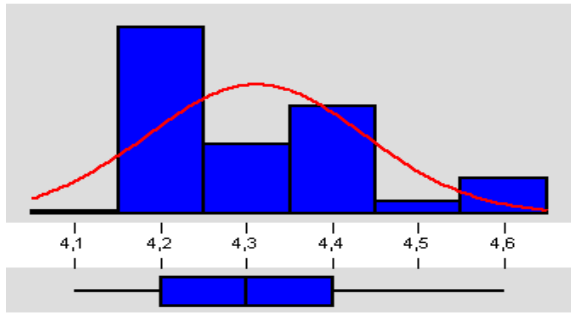


Figura B.7 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005

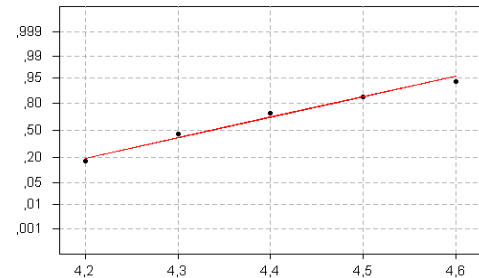
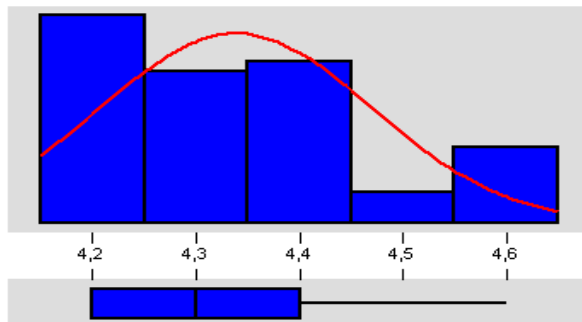
### Semana 1



Average: 4,31069  
StDev: 0,127250  
N: 131

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 9,415  
P-Value: 0,000

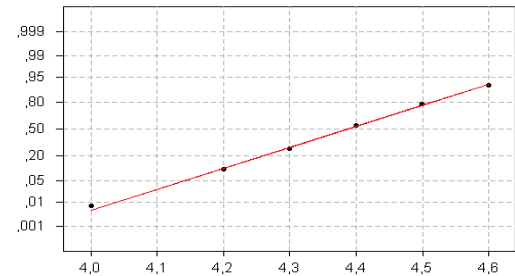
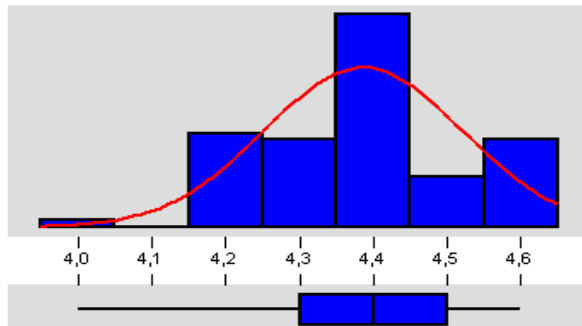
### Semana 2



Average: 4,33871  
StDev: 0,131724  
N: 124

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6,344  
P-Value: 0,000

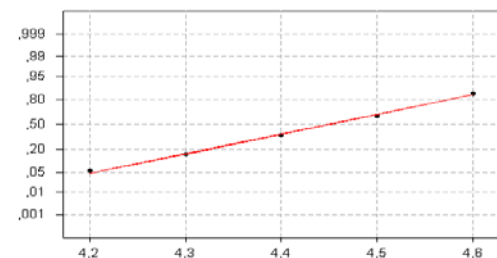
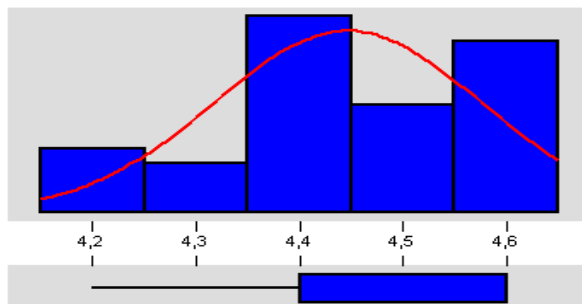
### Semana 3



Average: 4,38605  
StDev: 0,133866  
N: 86

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 3,190  
P-Value: 0,000

### Semana 4



Average: 4,44667  
StDev: 0,128947  
N: 120

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5,243  
P-Value: 0,000

Figura B.8 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de carbonatación en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005

**TABLA B.9**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE JULIO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Julio |          |          |          |
|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,28378                  | 9,24240  | 9,27868  | 9,23723  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,07289                  | 0,10646  | 0,08642  | 0,08745  |
| Varianza (°Brix)               | 0,00531                  | 0,01130  | 0,00747  | 0,00765  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,10000                  | 9,00000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                  | 9,20000  | 9,20000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                  | 9,30000  | 9,30000  | 9,30000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                  | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 149                      | 125      | 136      | 137      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                  | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.10**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Agosto |          |          |          |
|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                  | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,27520                   | 9,23585  | 9,20763  | 9,24576  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,07145                   | 0,08529  | 0,09815  | 0,09753  |
| Varianza (°Brix)               | 0,00511                   | 0,00727  | 0,00963  | 0,00951  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,10000                   | 9,10000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                   | 9,20000  | 9,10000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                   | 9,30000  | 9,30000  | 9,30000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                   | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 125                       | 106      | 131      | 118      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                   | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling



**TABLA B.11**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Septiembre |          |          |          |
|--------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                      | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,23333                       | 9,23952  | 9,27721  | 9,27609  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,08265                       | 0,08818  | 0,09024  | 0,08924  |
| Varianza (°Brix)               | 0,00683                       | 0,00778  | 0,00814  | 0,00796  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,00000                       | 9,00000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                       | 9,20000  | 9,20000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                       | 9,30000  | 9,30000  | 9,30000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                       | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 123                           | 124      | 136      | 138      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                       | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

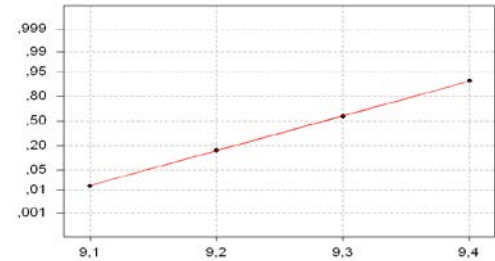
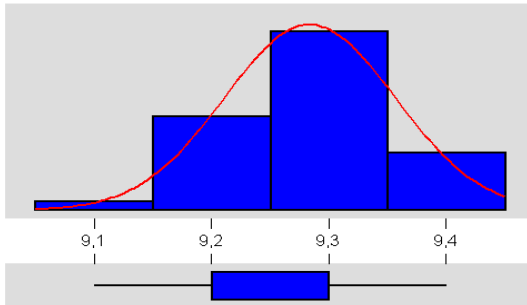
(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.12**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Octubre |          |          |          |
|--------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,25564                    | 9,21951  | 9,22250  | 9,20694  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,08740                    | 0,10763  | 0,11873  | 0,10421  |
| Varianza (°Brix)               | 0,00764                    | 0,01160  | 0,01410  | 0,01090  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,00000                    | 9,00000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                    | 9,10000  | 9,10000  | 9,10000  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                    | 9,30000  | 9,30000  | 9,30000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                    | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 133                        | 123      | 40       | 144      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                    | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

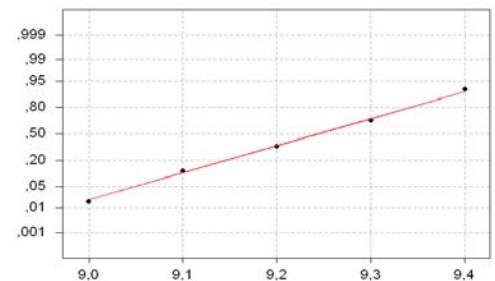
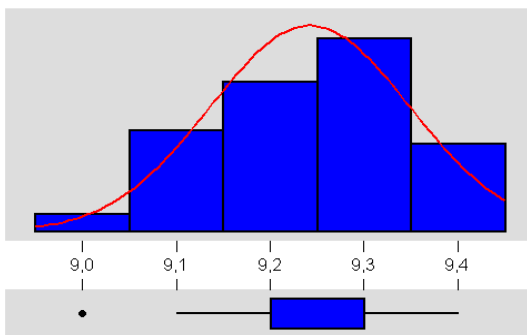
### Semana 1



Average: 9,28378  
StDev: 0,0726936  
N: 148

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 11,022  
P-Value: 0,000

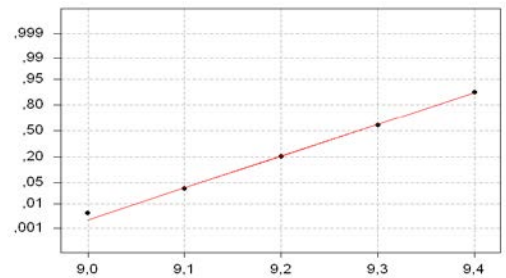
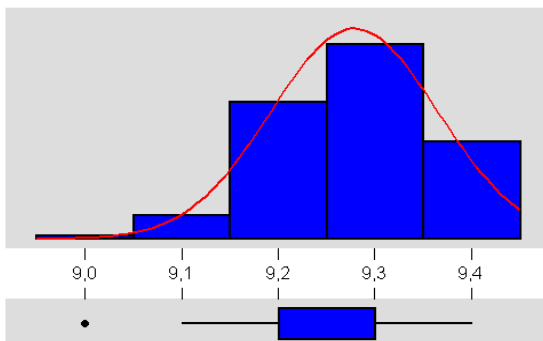
### Semana 2



Average: 9,2424  
StDev: 0,106456  
N: 125

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5,025  
P-Value: 0,000

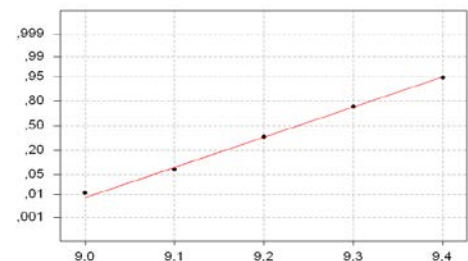
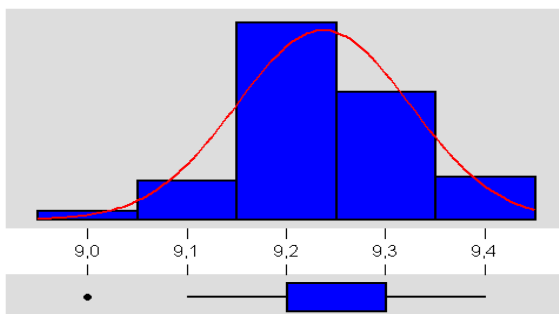
### Semana 3



Average: 9,27868  
StDev: 0,0864168  
N: 136

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,675  
P-Value: 0,000

### Semana 4

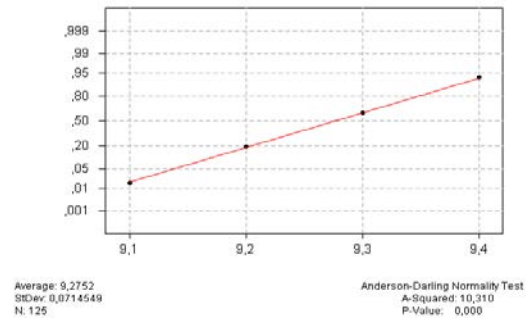
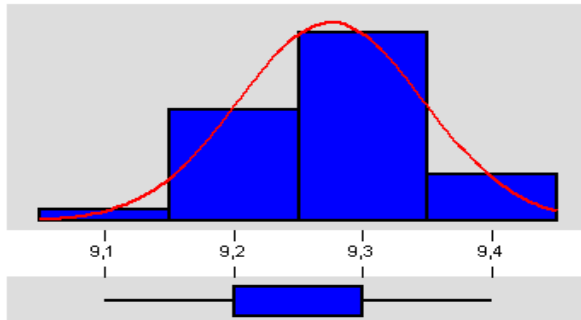


Average: 9,23723  
StDev: 0,0674536  
N: 137

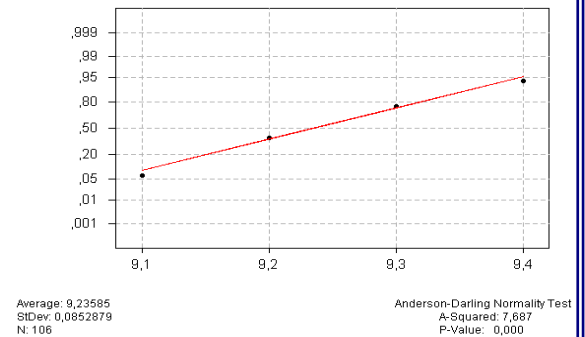
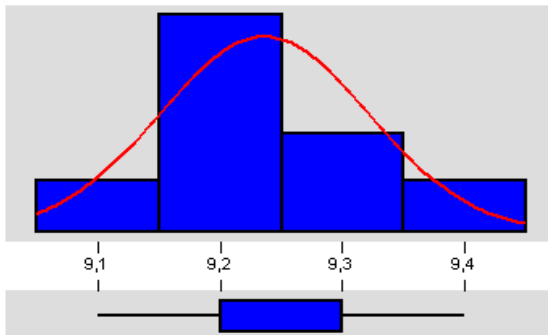
Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 8,179  
P-Value: 0,000

**Figura B.9 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005**

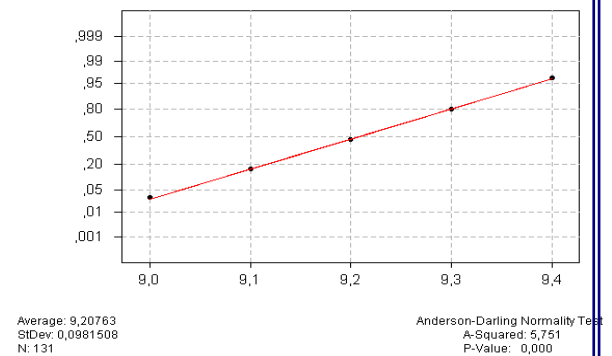
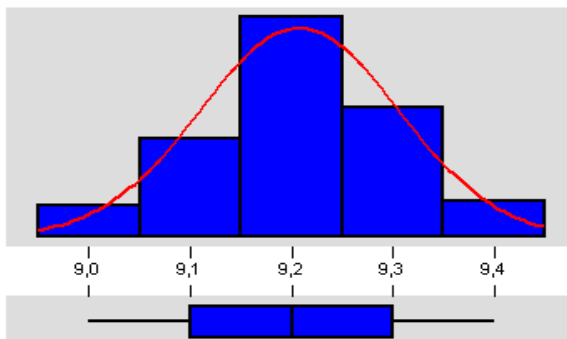
### Semana 1



### Semana 2



### Semana 3



### Semana 4

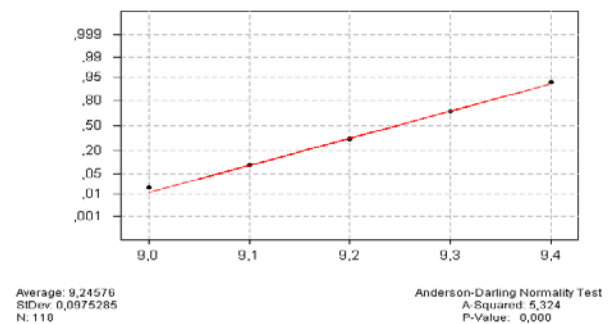
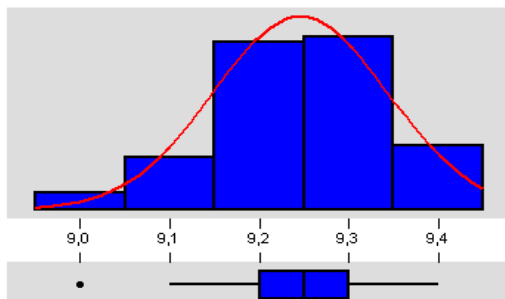
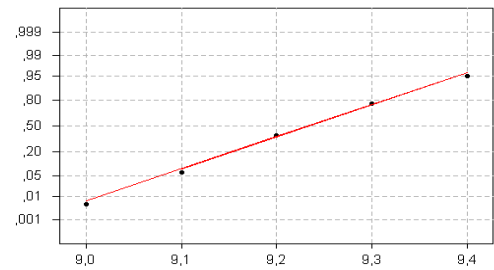
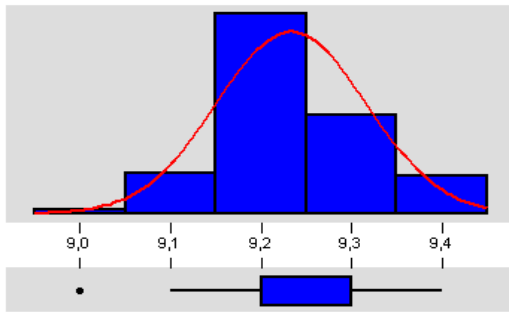


Figura B.10 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005

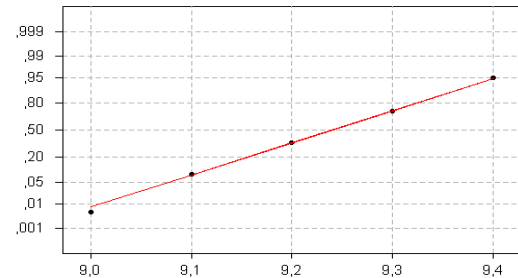
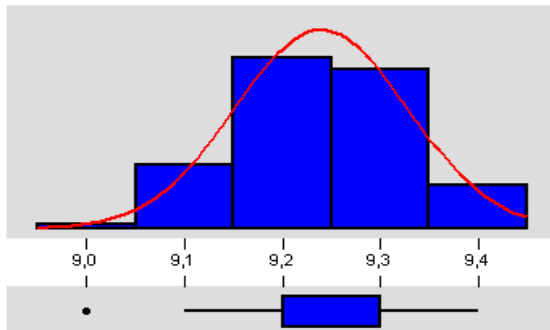
### Semana 1



Average: 9,23333  
StDev: 0,0826475  
N: 123

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 8,954  
P-Value: 0,000

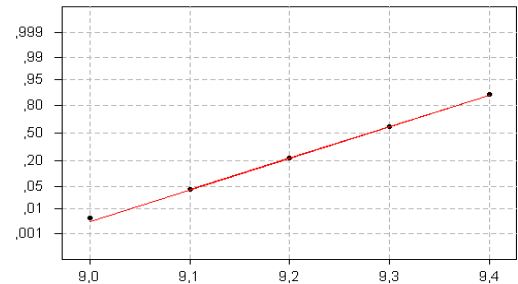
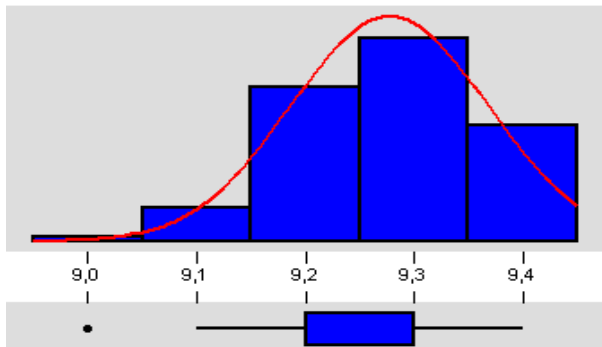
### Semana 2



Average: 9,23952  
StDev: 0,0881781  
N: 124

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6,527  
P-Value: 0,000

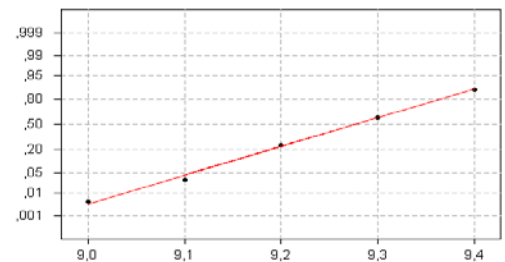
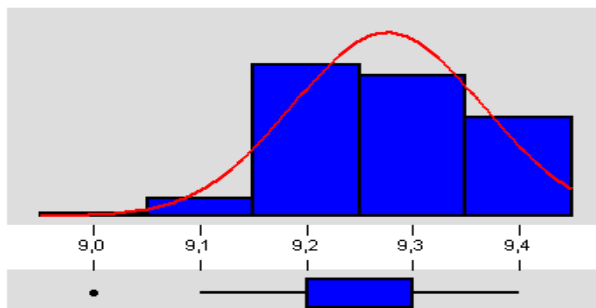
### Semana 3



Average: 9,27721  
StDev: 0,0902399  
N: 136

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,121  
P-Value: 0,000

### Semana 4

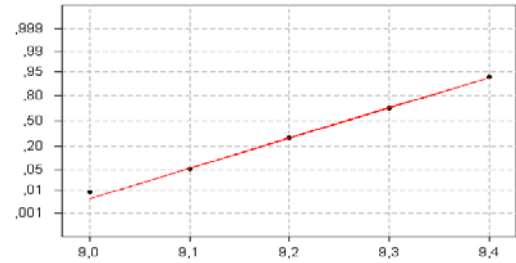
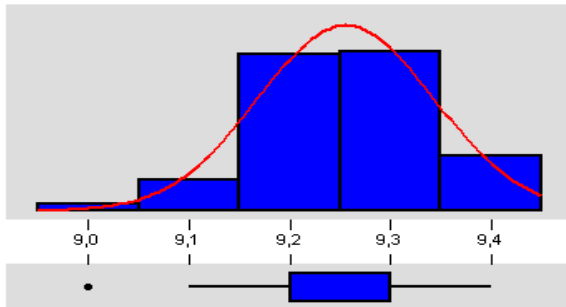


Average: 9,27609  
StDev: 0,0892420  
N: 139

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 8,108  
P-Value: 0,000

Figura B.11 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005

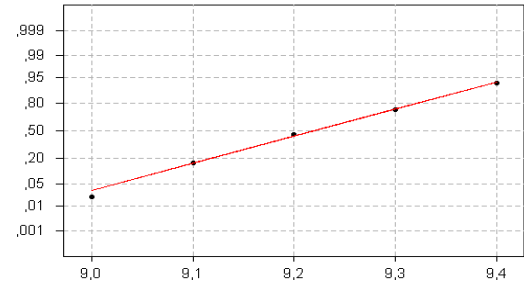
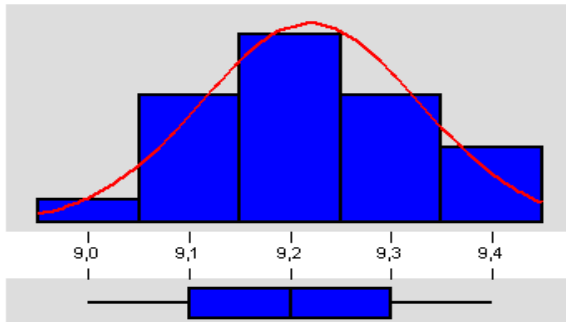
### Semana 1



Average: 9,25564  
StDev: 0,0873980  
N: 133

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,344  
P-Value: 0,000

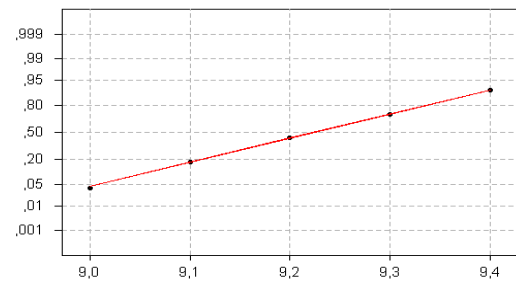
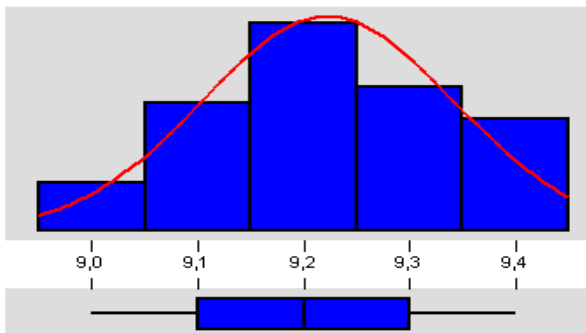
### Semana 2



Average: 9,21951  
StDev: 0,107626  
N: 123

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4,641  
P-Value: 0,000

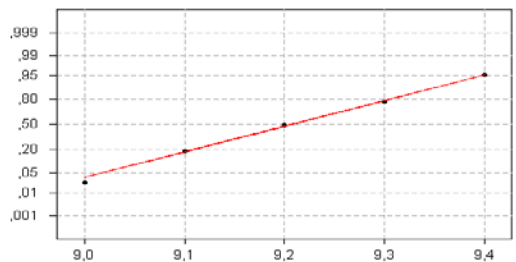
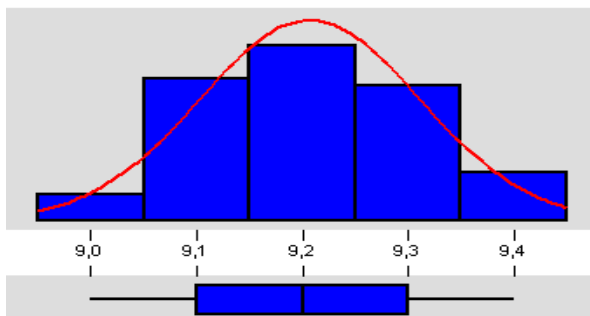
### Semana 3



Average: 9,2225  
StDev: 0,118727  
N: 40

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,281  
P-Value: 0,002

### Semana 4



Average: 9,20694  
StDev: 0,104214  
N: 144

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5,638  
P-Value: 0,000

Figura B.12 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005

**TABLA B.13**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE JULIO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Julio |          |          |          |
|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,23904                  | 9,27119  | 9,27609  | 9,24091  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,11708                  | 0,10836  | 0,09931  | 0,08733  |
| Varianza (°Brix)               | 0,01370                  | 0,01170  | 0,00986  | 0,00763  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,00000                  | 9,10000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                  | 9,20000  | 9,20000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                  | 9,40000  | 9,40000  | 9,30000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                  | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 146                      | 59       | 138      | 132      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                  | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.14**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005**

| Estadístico                    | Mes de producción: Agosto |          |          |          |
|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|
|                                | Semana 1                  | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)                  | 9,22955                   | 9,30187  | 9,31212  | 9,30517  |
| Desviación estándar (°Brix)    | 0,08265                   | 0,08455  | 0,09082  | 0,08632  |
| Varianza (°Brix)               | 0,00683                   | 0,00717  | 0,00825  | 0,00745  |
| Mínimo (°Brix)                 | 9,00000                   | 9,00000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)         | 9,20000                   | 9,30000  | 9,20000  | 9,22500  |
| Tercer cuartil (°Brix)         | 9,30000                   | 9,40000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Máximo (°Brix)                 | 9,40000                   | 9,40000  | 9,50000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)      | 132                       | 107      | 132      | 116      |
| Test Normalidad (*)<br>P-valor | 0,00000                   | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.15**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2005**

| Estadístico                 | Mes de producción: Septiembre |          |          |          |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                             | Semana 1                      | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)               | 9,24583                       | 9,24000  | 9,28377  | 9,2881   |
| Desviación estándar (°Brix) | 0,09692                       | 0,09736  | 0,10128  | 0,08983  |
| Varianza (°Brix)            | 0,00939                       | 0,00948  | 0,01030  | 0,00807  |
| Mínimo (°Brix)              | 9,00000                       | 9,00000  | 9,00000  | 9,10000  |
| Primer cuartil (°Brix)      | 9,20000                       | 9,20000  | 9,20000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)      | 9,30000                       | 9,30000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Máximo (°Brix)              | 9,40000                       | 9,40000  | 9,60000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)   | 120                           | 120      | 154      | 134      |
| Test Normalidad (*) P-valor | 0,00000                       | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

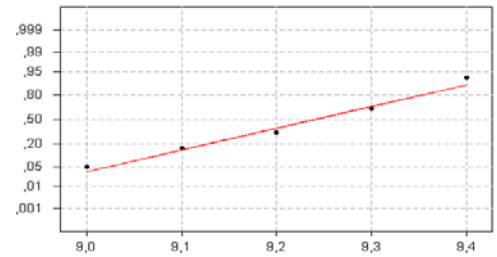
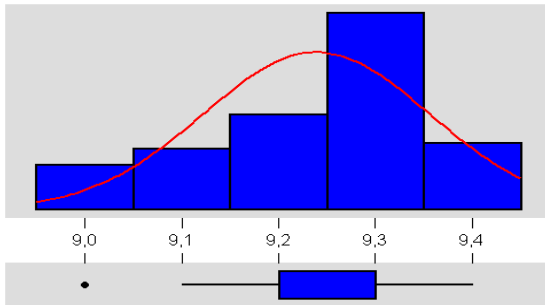
(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.16**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE °BRIX EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005**

| Estadístico                 | Mes de producción: Octubre |          |          |          |
|-----------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                             | Semana 1                   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Media (°Brix)               | 9,29084                    | 9,28629  | 9,30116  | 9,29917  |
| Desviación estándar (°Brix) | 0,09153                    | 0,08957  | 0,08471  | 0,09393  |
| Varianza (°Brix)            | 0,00838                    | 0,00802  | 0,00718  | 0,00882  |
| Mínimo (°Brix)              | 9,10000                    | 9,10000  | 9,00000  | 9,00000  |
| Primer cuartil (°Brix)      | 9,20000                    | 9,20000  | 9,30000  | 9,20000  |
| Tercer cuartil (°Brix)      | 9,40000                    | 9,30000  | 9,40000  | 9,40000  |
| Máximo (°Brix)              | 9,40000                    | 9,50000  | 9,50000  | 9,40000  |
| Total de datos "n" (adim)   | 131                        | 124      | 86       | 120      |
| Test Normalidad (*) P-valor | 0,00000                    | 0,00000  | 0,00000  | 0,00000  |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

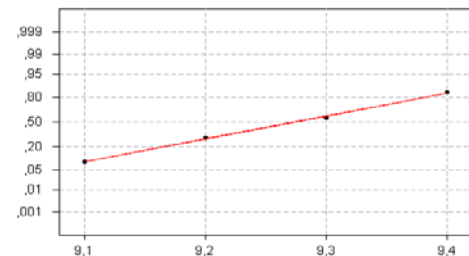
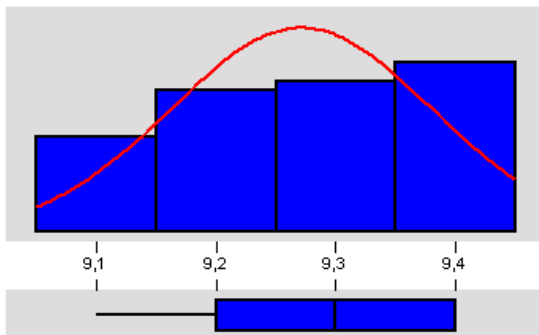
### Semana 1



Average: 9,23904  
StDev: 0,117075  
N: 146

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,576  
P-Value: 0,000

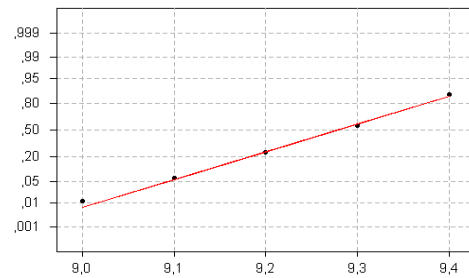
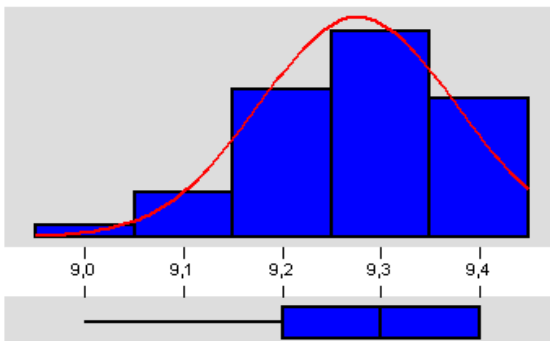
### Semana 2



Average: 9,27119  
StDev: 0,108359  
N: 59

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 2,964  
P-Value: 0,000

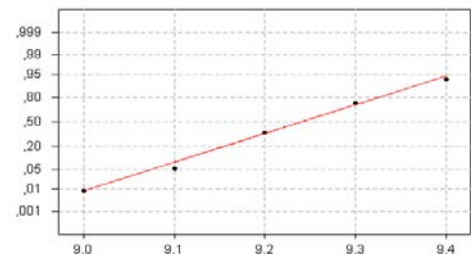
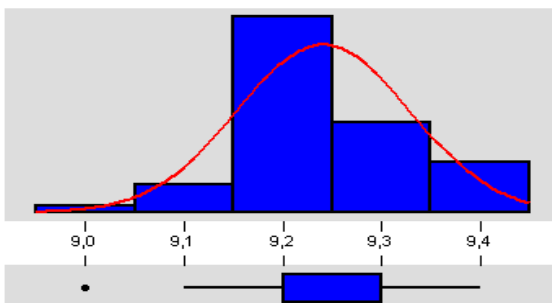
### Semana 3



Average: 9,27609  
StDev: 0,0993073  
N: 138

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6,516  
P-Value: 0,000

### Semana 4



Average: 9,24091  
StDev: 0,0873307  
N: 132

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 9,884  
P-Value: 0,000

Figura B.13 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005



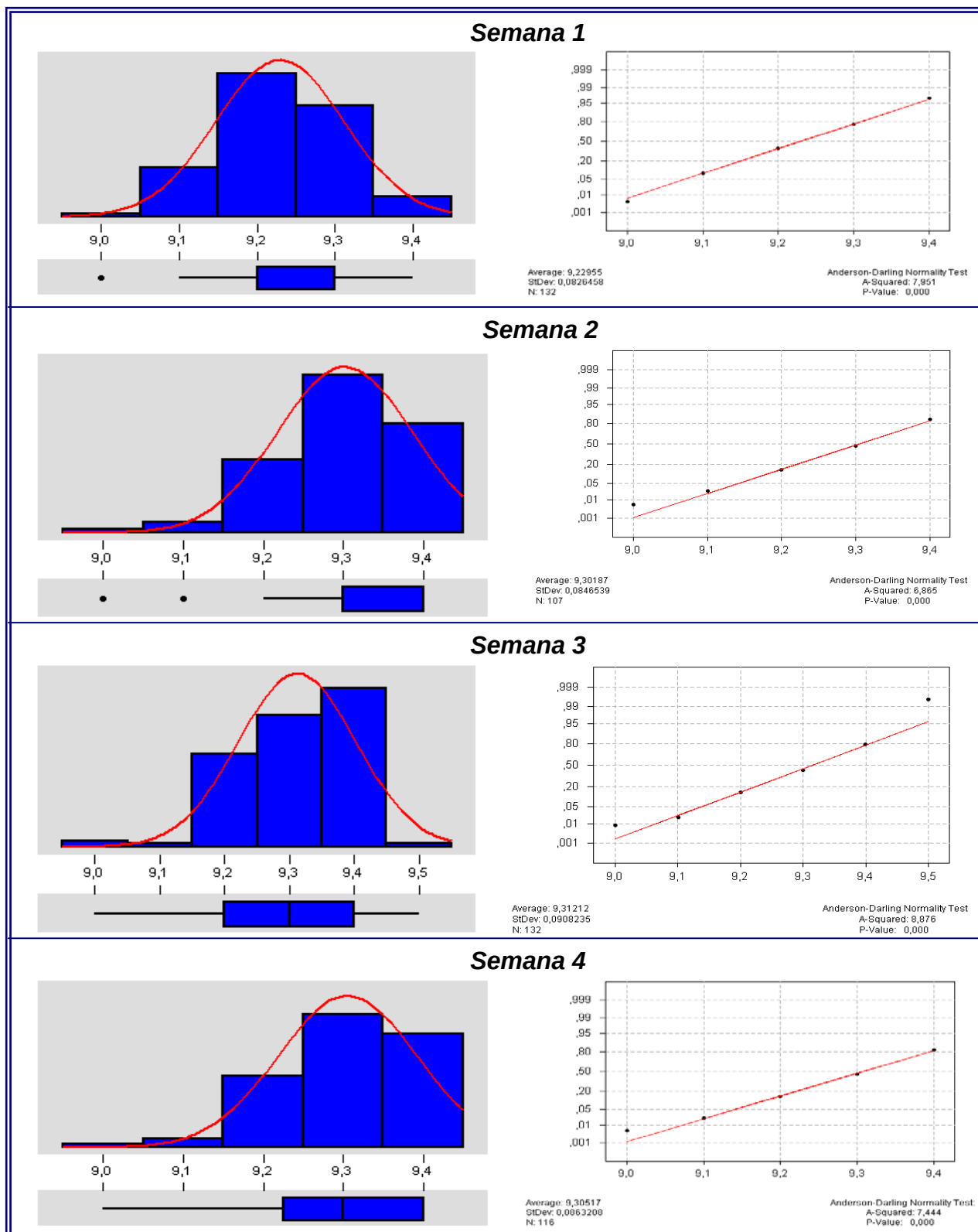
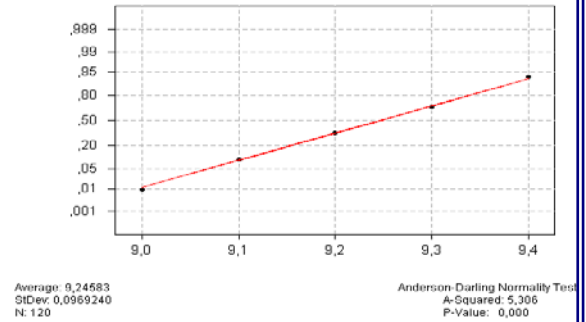
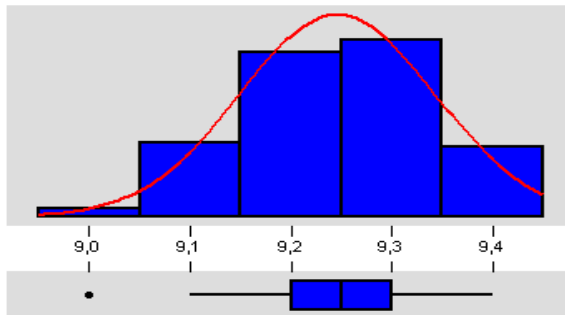
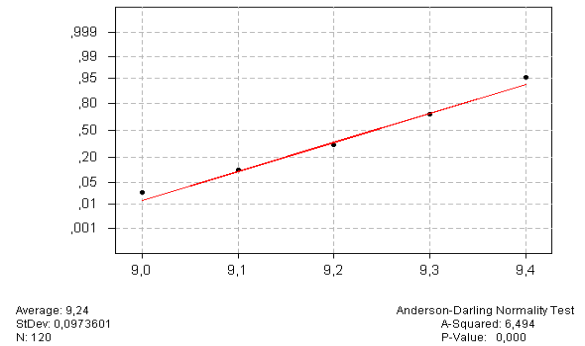
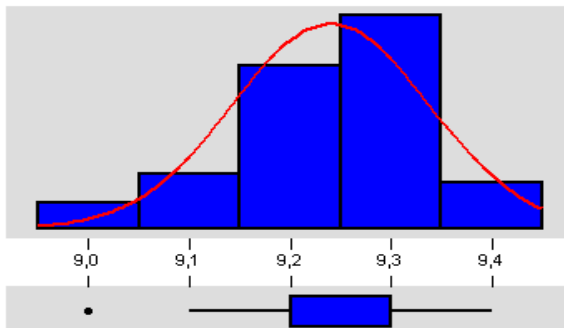


Figura B.14 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005

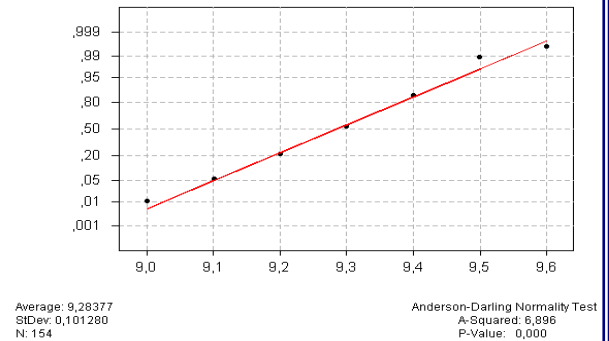
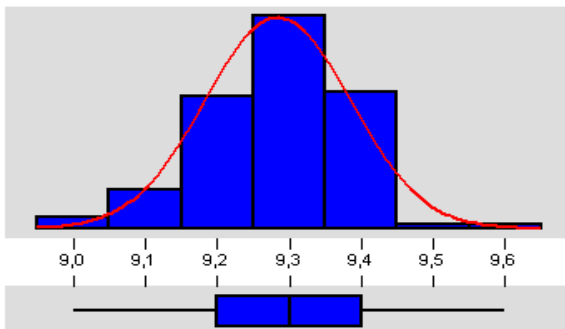
### Semana 1



### Semana 2



### Semana 3



### Semana 4

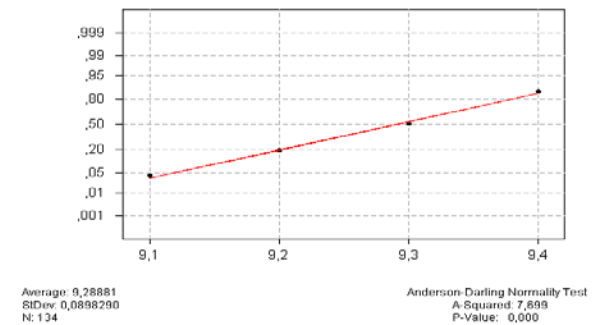
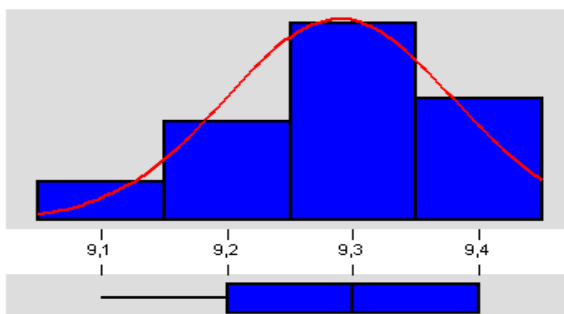
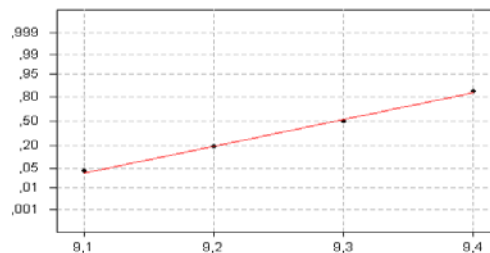
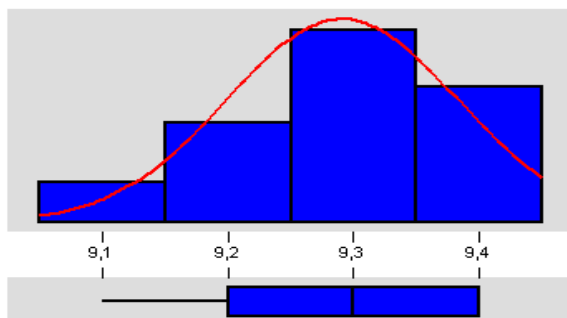


Figura B.15 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005

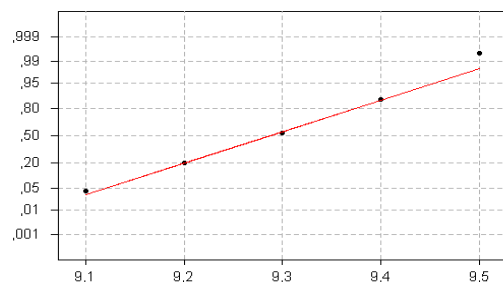
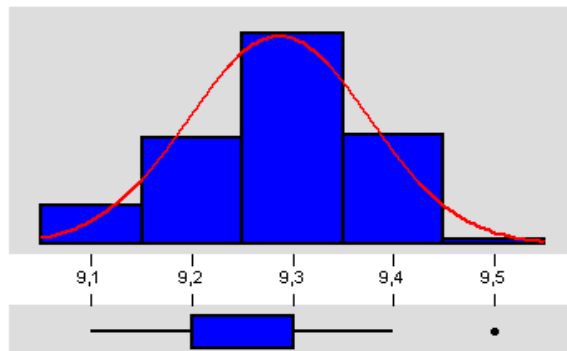
### Semana 1



Average: 9,29084  
StDev: 0,0915269  
N: 131

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,442  
P-Value: 0,000

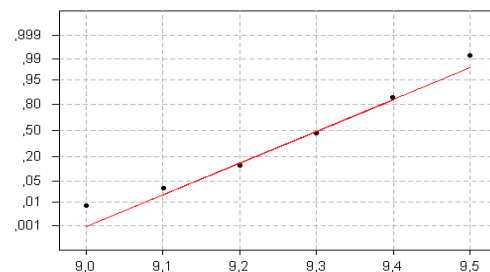
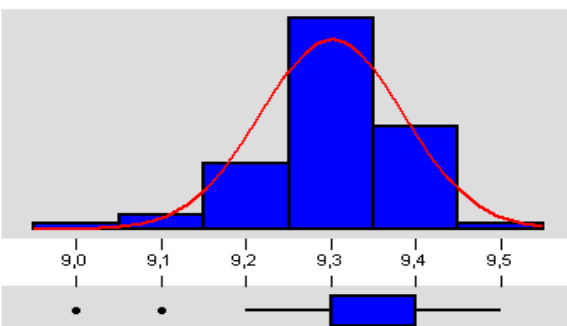
### Semana 2



Average: 9,28629  
StDev: 0,0895851  
N: 124

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 6,861  
P-Value: 0,000

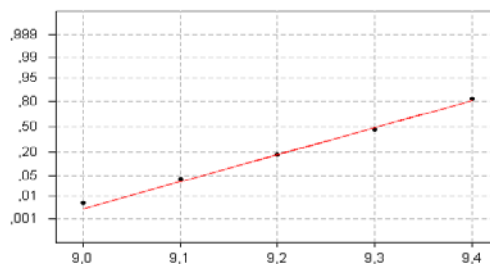
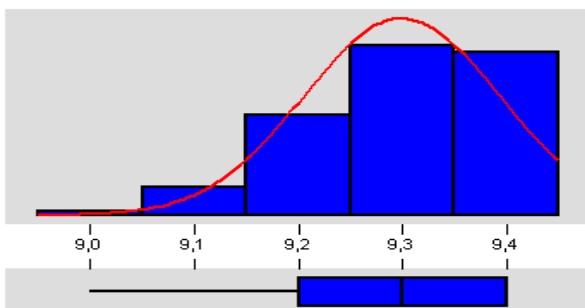
### Semana 3



Average: 9,30116  
StDev: 0,0847060  
N: 86

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 5,951  
P-Value: 0,000

### Semana 4



Average: 9,29917  
StDev: 0,0939298  
N: 120

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 7,076  
P-Value: 0,000

Figura B.16 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del parámetro de °Brix en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005

**TABLA B.17**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE JULIO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Julio</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                 | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3076,61                         | 3081,72         | 3079,77         | 3075,47         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 10,79                           | 9,88            | 12,63           | 12,11           |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 116,5170                        | 97,6578         | 159,4730        | 146,7580        |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3046,51                         | 3053,86         | 3053,42         | 3053,95         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3069,68                         | 3075,71         | 3074,18         | 3066,51         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3082,72                         | 3086,70         | 3090,11         | 3080,99         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3118,92                         | 3111,80         | 3104,59         | 3114,79         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 152                             | 132             | 103             | 111             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,038                           | 0,062           | 0,001           | 0,000           |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.18**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE AGOSTO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Agosto</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                  | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3080,26                          | 3073,63         | 3073,03         | 3072,58         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 12,06                            | 9,74            | 7,51            | 8,68            |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 145,510                          | 94,9091         | 56,4096         | 75,3284         |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3054,36                          | 3055,99         | 3058,22         | 3054,78         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3072,70                          | 3065,54         | 3067,88         | 3066,77         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3085,74                          | 3080,03         | 3076,09         | 3077,96         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3129,67                          | 3111,90         | 3109,41         | 3106,92         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 101                              | 99              | 137             | 105             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,038                            | 0,024           | 0,000           | 0,013           |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.19**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 2005**

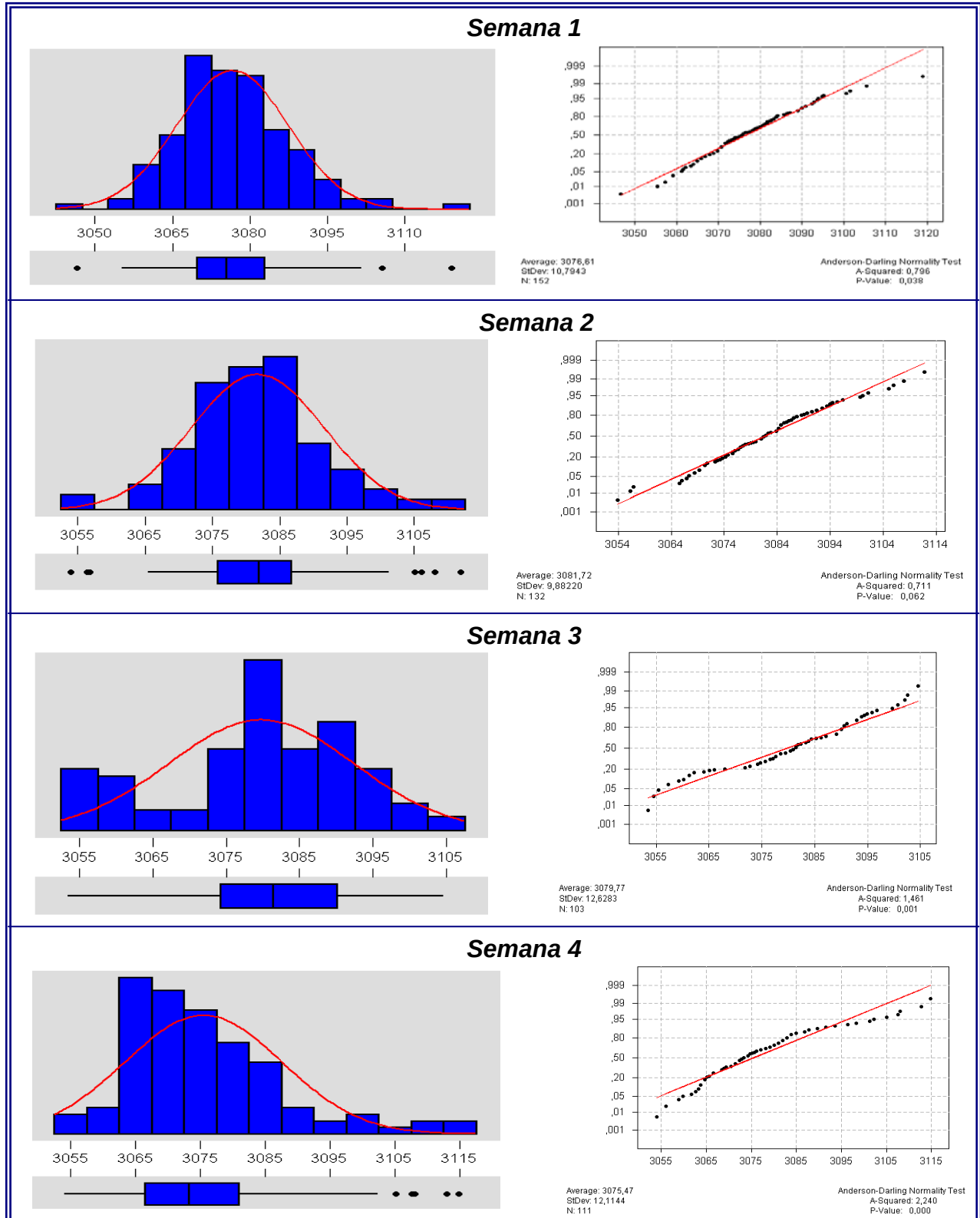
| Estadístico                        | Mes de producción: Septiembre |          |          |          |
|------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                    | Semana 1                      | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3074,39                       | 3080,19  | 3076,56  | 3082,09  |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 8,39                          | 11,37    | 9,68     | 12,20    |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 70,3635                       | 129,344  | 93,6314  | 148,935  |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3057,95                       | 3056,02  | 3040,57  | 3055,05  |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3069,54                       | 3072,43  | 3071,47  | 3073,64  |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3081,13                       | 3087,89  | 3083,06  | 3090,78  |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3094,65                       | 3108,17  | 3109,13  | 3115,89  |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 153                           | 140      | 134      | 136      |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,001                         | 0,308    | 0,000    | 0,081    |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

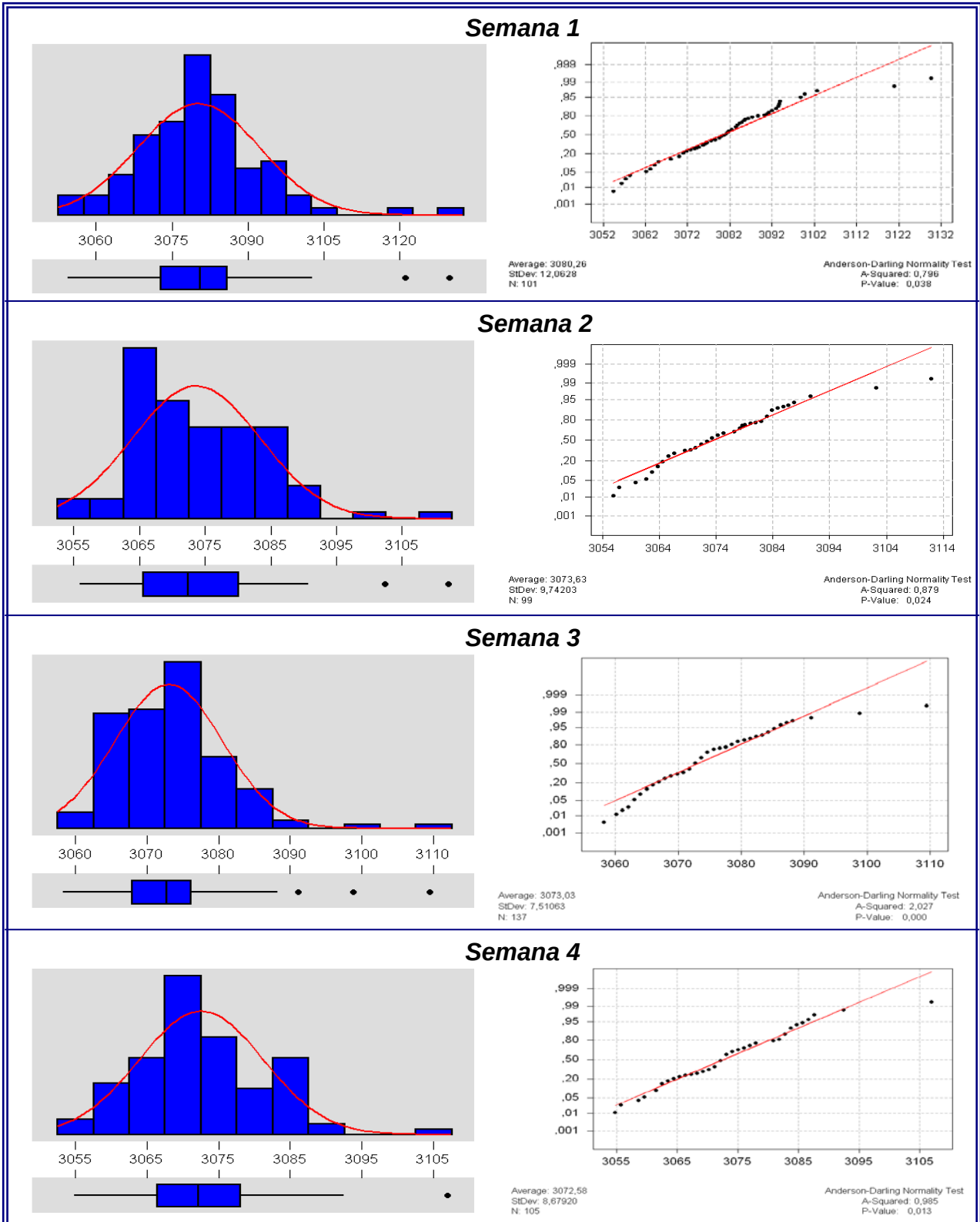
**TABLA B.20**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 3 PARA EL MES DE OCTUBRE DE 2005**

| Estadístico                        | Mes de producción: Octubre |          |          |          |
|------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                                    | Semana 1                   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3084,23                    | 3082,96  | 3091,25  | 3077,04  |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 12,26                      | 12,53    | 29,67    | 10,11    |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 150,384                    | 157,045  | 880,210  | 102,299  |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3034,71                    | 3054,99  | 3062,72  | 3058,91  |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3074,79                    | 3074,31  | 3072,43  | 3071,47  |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3091,69                    | 3088,79  | 3095,57  | 3084,02  |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3113,90                    | 3116,80  | 3180,60  | 3115,89  |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 153                        | 127      | 50       | 107      |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,030                      | 0,003    | 0,000    | 0,013    |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

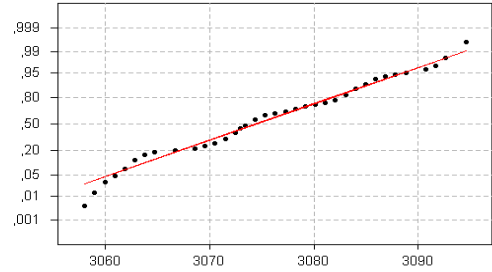
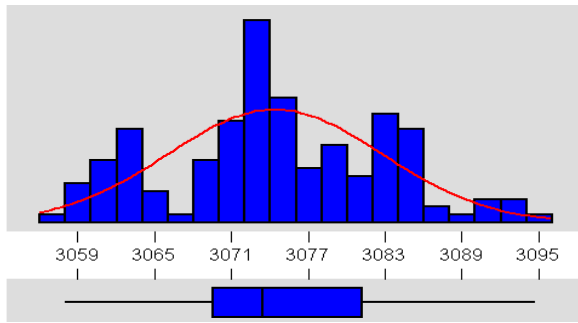


**Figura B.17 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Julio 2005**



**Figura B.18 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Agosto 2005**

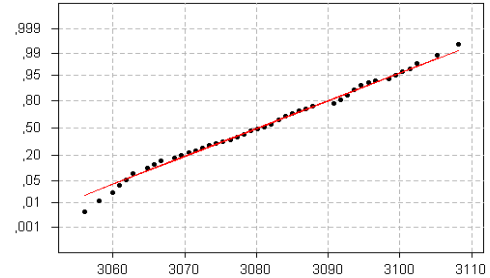
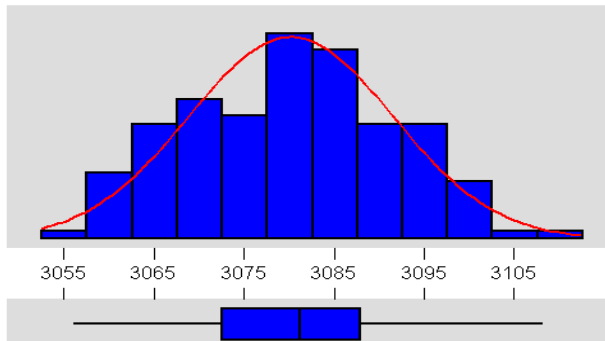
### Semana 1



Average: 3074,39  
StDev: 8,38630  
N: 153

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,385  
P-Value: 0,001

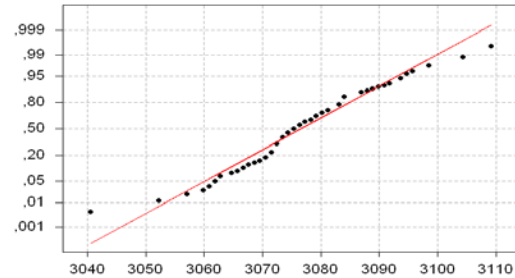
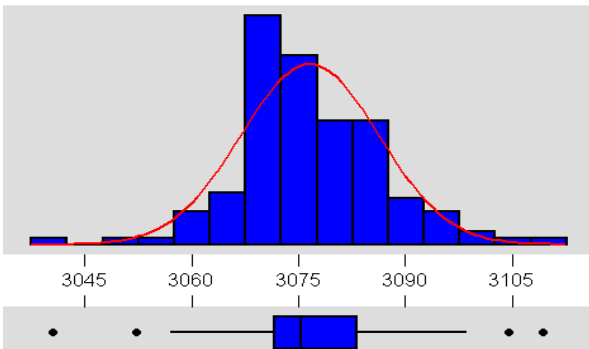
### Semana 2



Average: 3080,19  
StDev: 11,3729  
N: 140

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,428  
P-Value: 0,308

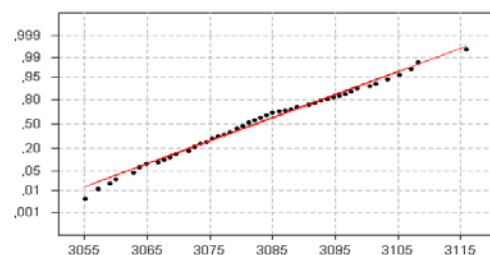
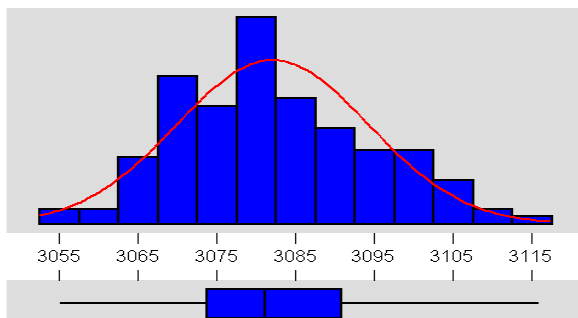
### Semana 3



Average: 3076,56  
StDev: 9,67633  
N: 134

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,702  
P-Value: 0,000

### Semana 4



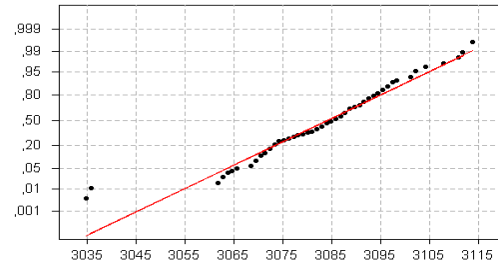
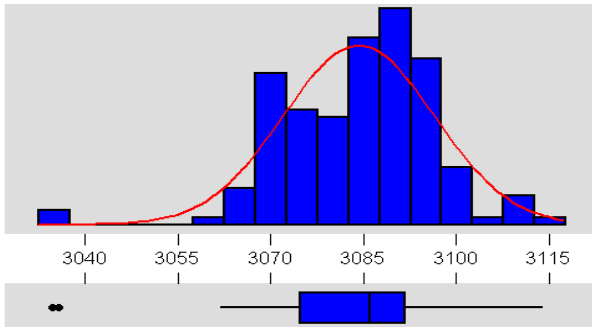
Average: 3082,09  
StDev: 12,2039  
N: 136

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,664  
P-Value: 0,091

**Figura B.19 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Septiembre 2005**



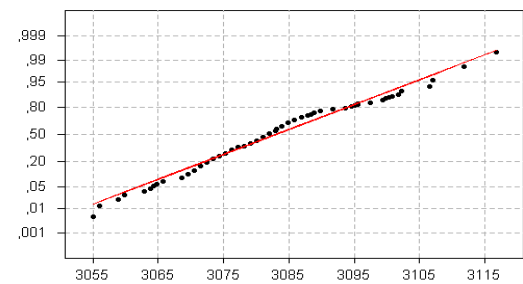
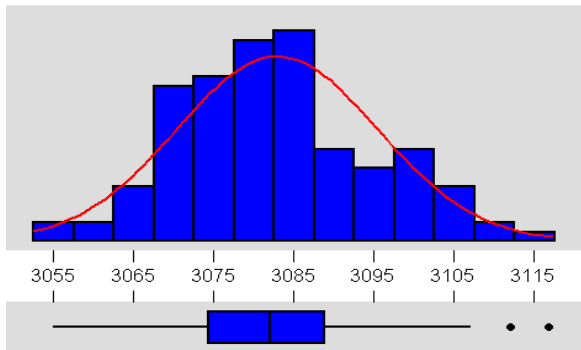
### Semana 1



Average: 3084,23  
StDev: 12,2631  
N: 153

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,839  
P-Value: 0,030

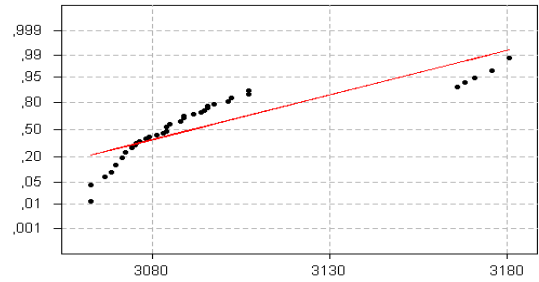
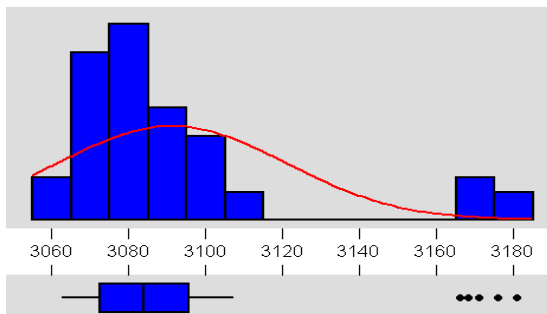
### Semana 2



Average: 3082,96  
StDev: 12,5318  
N: 127

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,265  
P-Value: 0,003

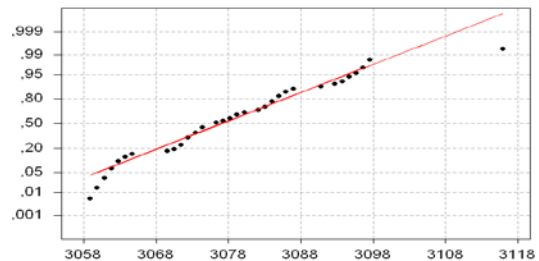
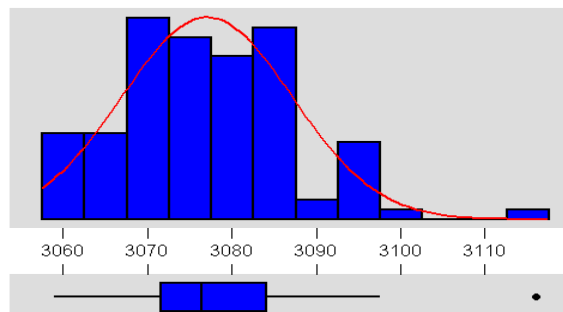
### Semana 3



Average: 3091,25  
StDev: 29,6683  
N: 50

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 4,925  
P-Value: 0,000

### Semana 4



Average: 3077,04  
StDev: 10,1143  
N: 107

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,981  
P-Value: 0,013

Figura B.20 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 3 durante el mes de Octubre 2005

**TABLA B.21**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE**  
**LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL MES DE JULIO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Julio</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                 | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3067,70                         | 3068,85         | 3067,56         | 3081,24         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 11,50                           | 12,88           | 13,11           | 15,04           |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 132,141                         | 165,852         | 171,816         | 226,103         |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3021,83                         | 3035,83         | 3033,41         | 3035,35         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3060,93                         | 3061,42         | 3057,55         | 3070,35         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3073,00                         | 3076,87         | 3075,30         | 3092,32         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3114,52                         | 3114,52         | 3101,97         | 3109,70         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 147                             | 99              | 144             | 112             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,000                           | 0,003           | 0,179           | 0,104           |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.22**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE**  
**LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE AGOSTO DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Agosto</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                  | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3084,16                          | 3077,66         | 3079,94         | 3082,67         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 14,01                            | 17,81           | 15,39           | 14,62           |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 196,330                          | 317,354         | 256,853         | 213,850         |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3049,35                          | 3031,01         | 3046,46         | 3031,01         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3072,53                          | 3067,70         | 3068,66         | 3072,53         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3092,73                          | 3091,83         | 3092,56         | 3092,32         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3128,52                          | 3115,97         | 3134,31         | 3117,90         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 134                              | 101             | 148             | 101             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,075                            | 0,256           | 0,002           | 0,426           |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.23**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE**  
**LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE SEPTIEMBRE DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Septiembre</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                      | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3078,89                              | 3080,40         | 3079,72         | 3083,38         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 14,21                                | 13,70           | 12,58           | 12,92           |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 201,833                              | 187,676         | 158,357         | 166,912         |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3042,87                              | 3036,12         | 3053,50         | 3039,01         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3069,91                              | 3071,84         | 3071,84         | 3075,70         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3089,22                              | 3090,43         | 3086,81         | 3091,15         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3112,39                              | 3116,26         | 3118,19         | 3122,05         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 119                                  | 118             | 169             | 137             |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,016                                | 0,123           | 0,003           | 0,074           |

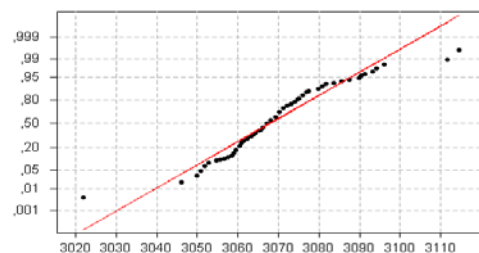
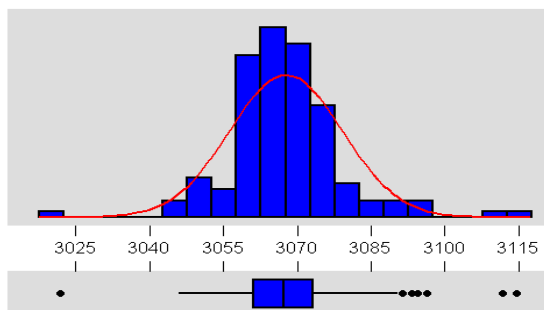
(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

**TABLA B.24**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL PARÁMETRO DE CALIDAD DE VOLUMEN DE**  
**LLENADO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 4 PARA EL**  
**MES DE OCTUBRE DE 2005**

| <b>Estadístico</b>                 | <b>Mes de producción: Octubre</b> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | <b>Semana 1</b>                   | <b>Semana 2</b> | <b>Semana 3</b> | <b>Semana 4</b> |
| <i>Media (mL)</i>                  | 3086,53                           | 3084,52         | 3094,56         | 3083,50         |
| <i>Desviación estándar (mL)</i>    | 12,11                             | 14,34           | 12,01           | 11,61           |
| <i>Varianza (mL)</i>               | 146,722                           | 205,633         | 144,288         | 134,858         |
| <i>Mínimo (mL)</i>                 | 3047,36                           | 3044,46         | 3053,50         | 3045,77         |
| <i>Primer cuartil (mL)</i>         | 3078,49                           | 3076,08         | 3086,06         | 3075,70         |
| <i>Tercer cuartil (mL)</i>         | 3093,46                           | 3093,70         | 3103,11         | 3091,15         |
| <i>Máximo (mL)</i>                 | 3113,97                           | 3121,70         | 3117,84         | 3114,32         |
| <i>Total de datos "n" (adim)</i>   | 160                               | 126             | 64              | 96              |
| <i>Test Normalidad (*) P-valor</i> | 0,039                             | 0,321           | 0,266           | 0,408           |

(\*): Prueba de normalidad Anderson-Darling

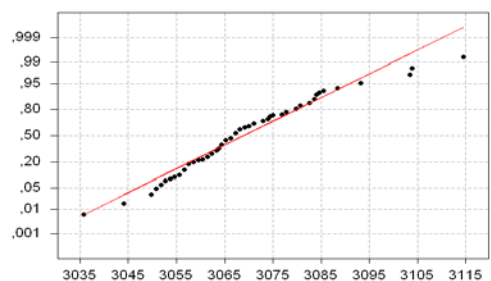
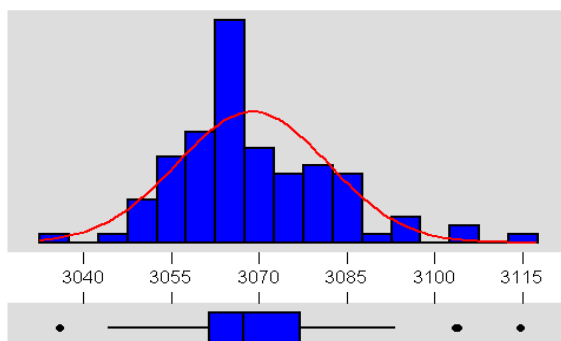
### Semana 1



Average: 3067,70  
StDev: 11,4953  
N: 147

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 2,648  
P-Value: 0,000

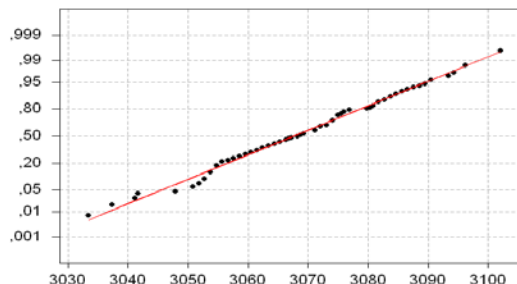
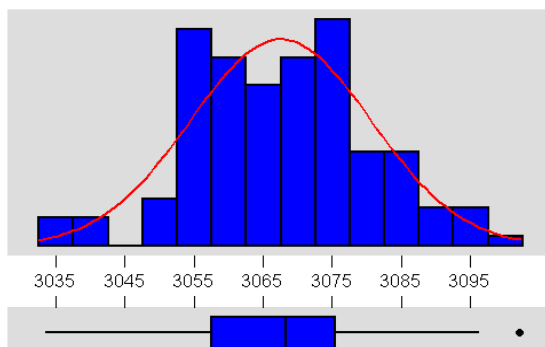
### Semana 2



Average: 3068,85  
StDev: 12,8784  
N: 99

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,234  
P-Value: 0,003

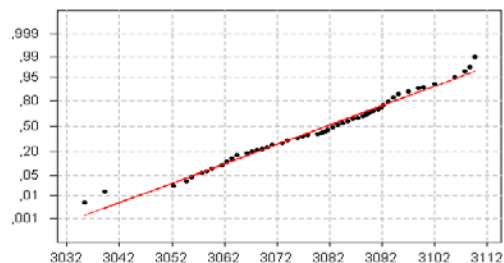
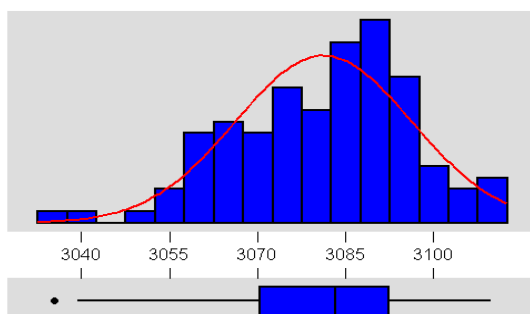
### Semana 3



Average: 3067,56  
StDev: 13,1079  
N: 144

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,524  
P-Value: 0,179

### Semana 4

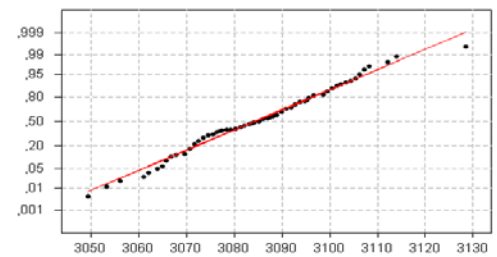
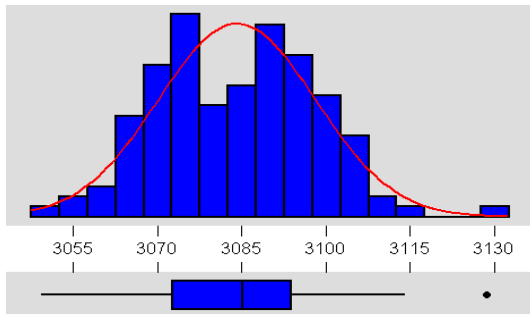


Average: 3081,24  
StDev: 15,0387  
N: 112

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,620  
P-Value: 0,104

Figura B.21 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Julio 2005

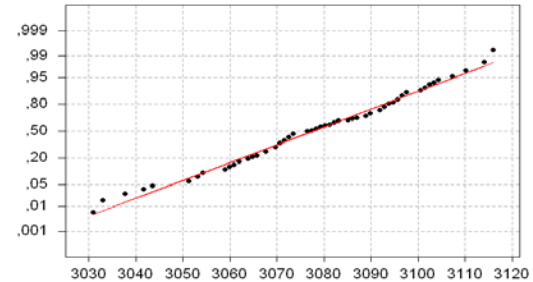
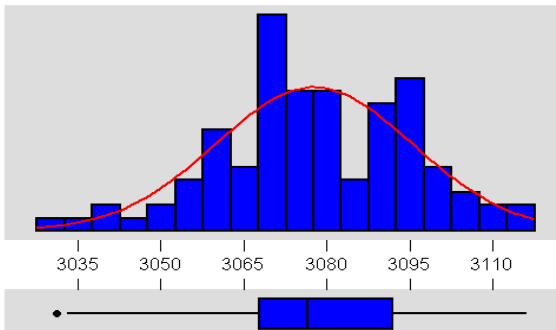
### Semana 1



Average: 3084,16  
StDev: 14,0118  
N: 134

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,679  
P-Value: 0,075

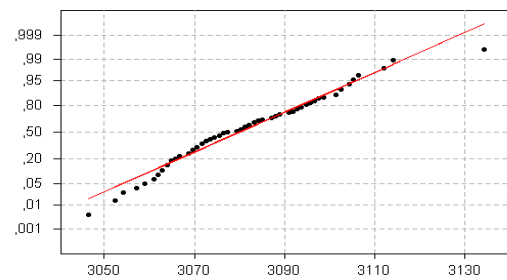
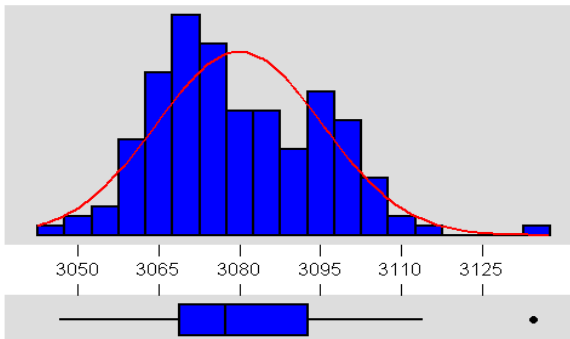
### Semana 2



Average: 3077,66  
StDev: 17,8144  
N: 101

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,460  
P-Value: 0,256

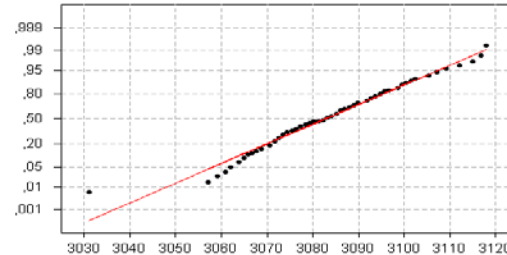
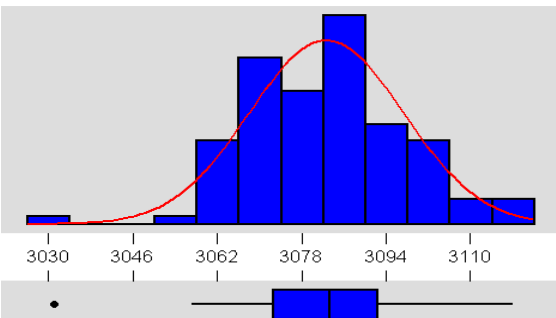
### Semana 3



Average: 3079,94  
StDev: 15,3900  
N: 148

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,286  
P-Value: 0,002

### Semana 4

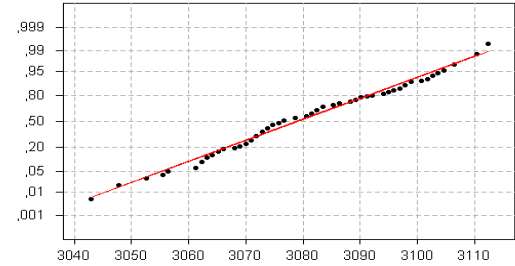
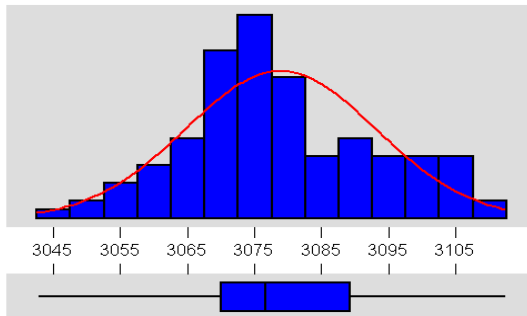


Average: 3082,67  
StDev: 14,6236  
N: 101

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,387  
P-Value: 0,426

Figura B.22 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Agosto 2005

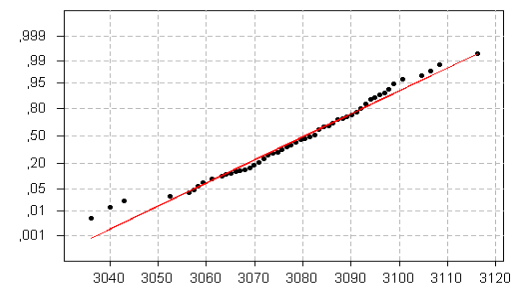
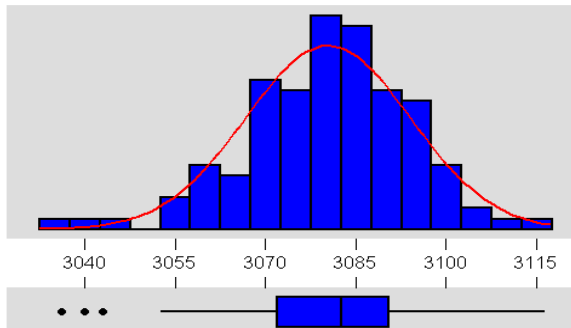
### Semana 1



Average: 3078,89  
StDev: 14,2068  
N: 119

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,945  
P-Value: 0,016

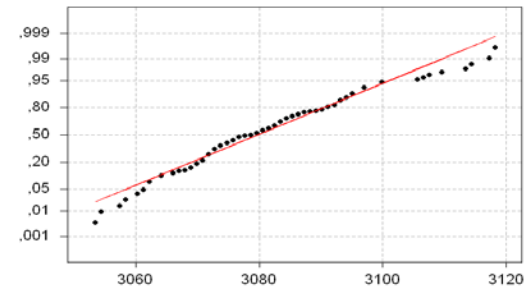
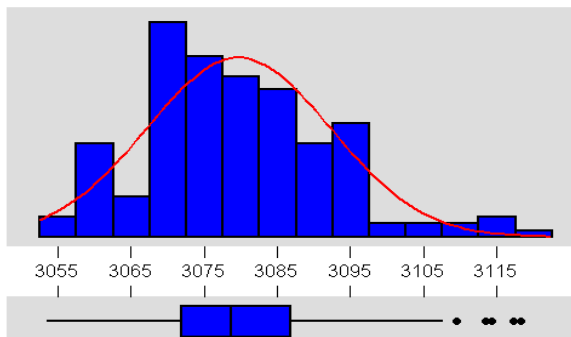
### Semana 2



Average: 3080,40  
StDev: 13,6995  
N: 118

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,587  
P-Value: 0,123

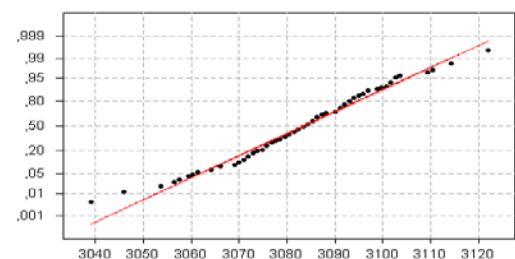
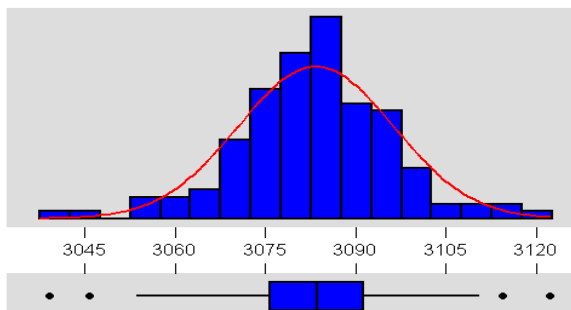
### Semana 3



Average: 3079,72  
StDev: 12,5840  
N: 169

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 1,258  
P-Value: 0,003

### Semana 4

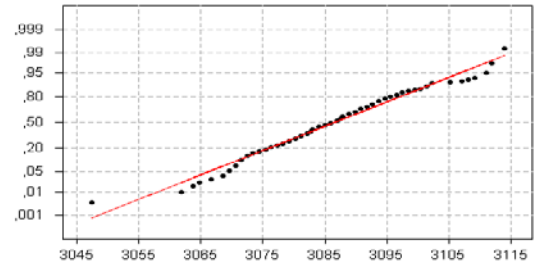
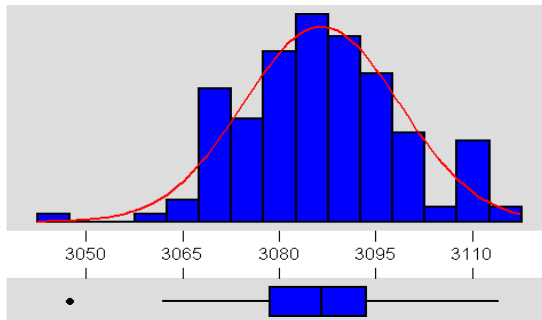


Average: 3083,38  
StDev: 12,9195  
N: 137

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,681  
P-Value: 0,074

**Figura B.23 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Septiembre 2005**

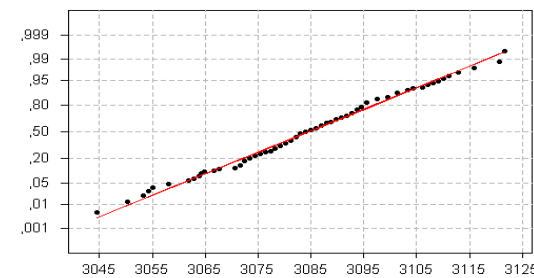
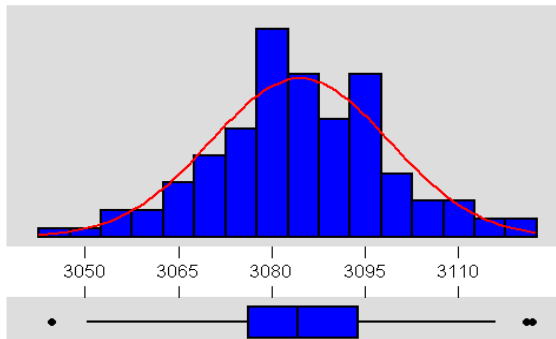
### Semana 1



Average: 3086,53  
StDev: 12,1129  
N: 160

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,792  
P-Value: 0,039

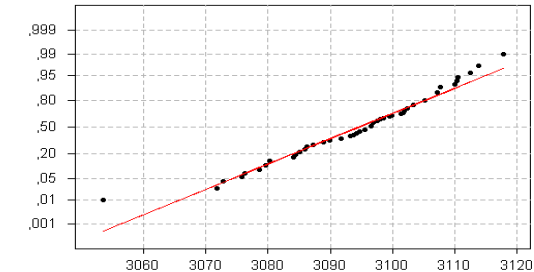
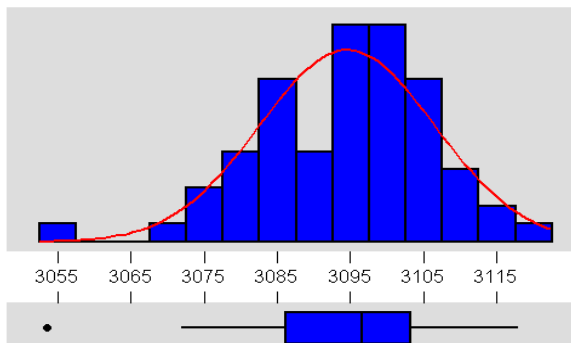
### Semana 2



Average: 3084,52  
StDev: 14,3399  
N: 126

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,420  
P-Value: 0,321

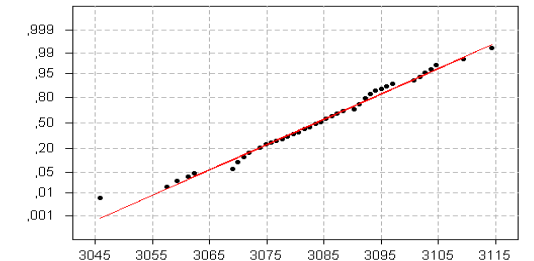
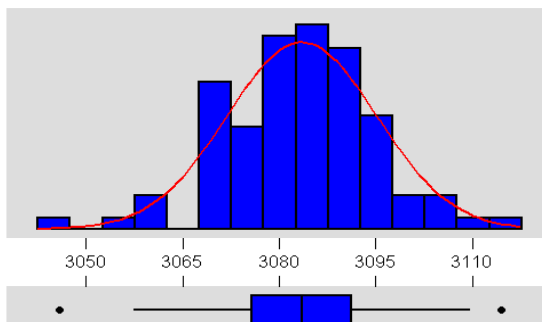
### Semana 3



Average: 3094,56  
StDev: 12,0120  
N: 64

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,451  
P-Value: 0,266

### Semana 4



Average: 3083,50  
StDev: 11,6128  
N: 96

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared: 0,375  
P-Value: 0,408

Figura B.24 Histogramas de frecuencias y prueba de normalidad del volumen de llenado en la línea de producción 4 durante el mes de Octubre 2005

## **APÉNDICE C**

### **CÁLCULOS TÍPICOS**

En la siguiente sección se presentan los cálculos efectuados para la obtención para la evaluación del proceso



## CÁLCULOS TÍPICOS

### 1. Determinación del contenido neto por envase:

La determinación el contenido debe realizarse a partir del peso del producto terminado, la masa del envase vacío y la densidad de la bebida. Su determinación esta en función de:

$$V_{ll} = \left( \frac{m_{PT} - (m_B + m_T + m_e)}{\rho_b} \right) \quad (1)$$

Donde:

$V_{ll}$  : Volumen de llenado en (mL)

$m_{PT}$  : Masa del producto terminado en (g)

$m_B$  : Masa de la botella vacía (g)

$m_T$  : Masa de la tapa (g)

$m_e$  : Masa de la etiqueta y pega (g)

$(m_B + m_T + m_e)$  = Masa del envase total (g)

$\rho_b$  : Densidad de la bebida (g/mL)

Por ejemplo: (véase tabla A.1; línea 3, valor del primer peso de la semana del 03/10 al 08/10)

Masa del producto terminado: 3286,5 g

Masa de la botella vacía: 62,0 g

Masa de la tapa: 3,0 g

Masa de la etiqueta y pega aplicada: 2,5 g

Densidad de la bebida: 1,0354 g/mL

$$V_{ll} = \frac{(3286,5 - (62,0 + 3,0 + 2,5))g}{1,0354g/mL} = 3108,9 \text{ g/mL}$$

### 2. Variación teórica del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> a las condiciones de operación del proceso.

Para ello se empleó la ecuación 2.9 del coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> y los datos correspondientes a la tabla 5.16 de la línea 3 y los valores promedios de las condiciones de operación.

$$\varepsilon_{CO_2} = 3,368 + 0,07 * \left( 1 - \frac{C^*_{O_2}}{9} \right) - \left( 0,014 - 0,00044 * C^*_{O_2} \right) * P^*_{CO_2} - 0,12723 * T + ..$$

$$.. + 2,8256 \times 10^{-3} * T^2 - 3,3597 \times 10^{-5} * T^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * T^4 - (0,477231 - 0,02988 * T + ..$$

$$.. + 1,1605 \times 10^{-3} * T^2 - 2,2510 \times 10^{-5} * T^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * T^4) * \left( \frac{C_{\text{sac,ex}}}{128} + \frac{X_{\text{eth}}}{43} + \frac{C_{\text{NaCl,Gs}}}{27} + \frac{X_{\text{FS}}}{50} \right)$$

Donde:

$\varepsilon_{\text{CO}_2}$ : coeficiente de absorción de de dióxido de carbono en bebidas ( $\frac{\text{mg}}{\text{bar} * \text{L}}$ )

**Temperatura del medio:**  $T = 2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ , correspondiente a la temperatura a la salida del enfriador

**Concentración de  $\text{O}_2$  disuelto en equilibrio:**  $C_{\text{O}_2}^* = 0 \text{ ppm}$ , ya que el mismo es removido en la planta de tratamiento de agua

**Presión Parcial del  $\text{CO}_2$  en equilibrio:**  $P_{\text{CO}_2}^* = 75 \text{ psig} = 6,18 \text{ bar}_{(\text{abs})}$ , equivalente a la presión promedio del tanque carbonatador

**Concentración másica de azúcar o extracto en solución:**  $C_{\text{sac,ex}} = 9,26 \text{ } ^\circ\text{Brix} = 95,9 \text{ g/L}$

**Grado Alcohólico:**  $X_{\text{eth}} = 0 \text{ } \%$ , por ser una bebida analcohólica

**Concentración de ácidos totales:**  $C_{\text{NaCl,Gs}} = 50 \text{ pmm}$ , equivalente a la máxima permitida

**Fracción de zumo de fruta:**  $X_{\text{FS}} = 0$ , ya que no es una bebida artificial

Sustituyendo:

$$\varepsilon_{\text{CO}_2} = 3,368 + 0,07 * \left( 1 - \frac{0}{9} \right) - (0,014 - 0,00044 * 0) * 4,16 - 0,12723 * 2,8 + ..$$

$$.. + 2,8256 \times 10^{-3} * 2,8^2 - 3,3597 \times 10^{-5} * 2,8^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * 2,8^4 - (0,477231 - 0,02988 * 2,8 + ..$$

$$.. + 1,1605 \times 10^{-3} * 2,8^2 - 2,2510 \times 10^{-5} * 2,8^3 + 1,5933 \times 10^{-7} * 2,8^4) * \left( \frac{95,3}{128} + \frac{0}{43} + \frac{50}{27} + \frac{0}{50} \right) =$$

$$\varepsilon_{\text{CO}_2} = 2,2393 \frac{\text{g}}{\text{bar} * \text{L}}$$

De forma análoga, se ejecuta el mismo procedimiento variando las condiciones de presión de equilibrio, temperatura y  $^\circ\text{Brix}$  para obtener las gráficas de comportamiento a diferentes condiciones de equilibrio (véase figuras 5.27, 5.28 y 5.29)

### 3. **Determinación de la concentración real y teórica de gas carbónico en la bebida**

Dada la media de carbonatación para la línea 3 (véase tabla 5.7), equivalente a 4,3 Vol<sub>CO2</sub> y la relación de solubilidad establecida por Zahm & Nagel (1 vol.CO<sub>2</sub> = 1,976 g/L) y las condiciones operacionales presentadas en la tabla 5.22, se establece:

**3.1 Concentración real (experimental):** para la línea 3 se define la siguiente relación:

$$C_{CO_2(L3-EXP)} = 4,3 \text{Vol}_{CO_2} * \frac{1,976 \frac{g}{L}}{1 \text{Vol}_{CO_2}} = 8,4968 \frac{g}{L}$$

**3.2 Concentración teórica (máxima a las condiciones de operación):** de acuerdo a los valores extraídos de la tabla 5.22, se define la concentración teórica partir de la ecuación 2.6, obtenida de la ley de Henry:

$$C_{CO_2} = \epsilon_{CO_2} * P_{CO_2}$$

Para la línea 3, se obtuvo una presión de estabilización de 6,18 bar (presión absoluta) y un coeficiente absorción de 2,2393 g/L\*bar, los cuales sustituidos en la ecuación 2.6, se obtiene:

$$C_{CO_2(L3-MAX)} = 2,2393 \frac{g}{L * bar} * 6,18 \text{bar} = 13,8389 \frac{g}{L}$$

**3.3 Pérdida de carbonatación en proceso:** corresponde a la relación entre la concentración máxima experimental y la concentración experimental, la cual se define como:

$$\%PERD_{(CO_2)L3} = \frac{C_{CO_2(L3-MAX)} - C_{CO_2(L3-EXP)}}{C_{CO_2(L3-MAX)}} * 100 = \frac{13,8389 \frac{g}{L} - 8,4968 \frac{g}{L}}{13,8389 \frac{g}{L}} * 100 = 38,6021\%$$

### 4. **Determinación de la densidad de los fluidos:**

Empleando la ecuación 4.1 y los datos medidos para el jarabe terminado del tanque 1 (véase tabla A.7, °Brix 50,6), se obtiene:

$$\rho = \frac{mpll - mpv}{Vp}$$

*mpll*: Masa del picnómetro lleno: 66,3026 g

*mpv*: Masa del picnómetro vacío: 34,5042 g

*Vp*: Volumen del picnómetro 25,8090 mL

$$\rho = \frac{(66,3026 - 34,5042)g}{25,8090mL} = 1,2321 \text{ g/mL}$$

### 5. Tiempos de ciclos de los sistemas de bombeo

A la velocidad mínima, la bomba de mezcla de la línea de producción 3 obtuvo:

**Mínimo:** 100 bpm, caudal de procesamiento = 310,0 L/min

$$t_{OP(i)} = t_{off(i)} - t_{on(i)}$$

$$t_{NOP(i)} = t_{on(i+1)} - t_{off(i)}$$

Donde:

$t_{OP(i)}$  : tiempo de operación de la bomba

$t_{NOP(i)}$  : tiempo de inactividad

$t_{off(i)}$  : tiempo de apagado para el instante (i)

$t_{on(i)}$  : tiempo de encendido para el instante (i)

$t_{on(i+1)}$  : tiempo de encendido para el instante (i + 1)

| Encendido ( $t_{on(i)}$ )s | Apagado ( $t_{off(i)}$ )s | Operativa ( $t_{off(i)} - t_{on(i)}$ )s | No Operativa ( $t_{on(i+1)} - t_{off(i)}$ )s |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 36,52                      | 192,01                    | 155,49                                  | -----                                        |
| 228,27                     | 383,02                    | 154,75                                  | 36,26                                        |
| 420,00                     | 582,65                    | 162,65                                  | 36,98                                        |
| 619,21                     | 798,52                    | 179,31                                  | 36,56                                        |
| 839,96                     | 1026,85                   | 186,89                                  | 41,44                                        |
| 1060,12                    | -----                     | -----                                   | 33,27                                        |

Tiempo operativa:

$$t_{OP} = \frac{\sum t_{OP(i)}}{n} = \frac{155,49 + 154,75 + 162,65 + 179,31 + 186,89}{5} = \frac{839,06 \text{ s}}{5} = 167,812 \text{ s} = 2,7969 \text{ min}$$

Tiempo no operativa:

$$t_{NOP} = \frac{\sum t_{NOP(i)}}{n} = \frac{36,26 + 36,98 + 36,56 + 41,44 + 33,27}{5} = \frac{184,51 \text{ s}}{5} = 36,902 \text{ s} = 0,6150 \text{ min}$$

El tiempo de ciclo (TC) se define como la suma del tiempo de operación y el tiempo de inactividad para cada velocidad de llenado:

$$TC = t_{OP} + t_{NOP} = 167,818 + 36,902 = 204,72 \text{ s} = 3,412 \text{ min}$$

Para una base de cálculo de tiempo de ciclo " $TC_{(j)}$ " en [min], se establecen las siguientes relaciones:

5.1 *Velocidad de llenado:*  $v_{ll(j)} = 100 \text{ bpm}$

5.2 *Caudal de llenado:*

$$Q_{ll(j)} = \overline{V_{PT}} * v_{ll(j)} = 3,1 \text{ L} * 100 \text{ bpm} = 310 \text{ L/min}$$

Donde:

$Q_{ll(j)}$  : caudal demandado por la envasadora a la velocidad "j" [L/min]

$\overline{V_{PT}}$  : valor nominal de volumen de producto terminado [L]  $\rightarrow 3,1 \text{ L}$

5.3. *Volumen requerido de bebida ( $V_{BR(j)}$ ) durante el tiempo de ciclo:*

$$V_{BR(j)} = Q_{ll(j)} * TC_{(j)} = 310 \text{ L/min} * 3,412 \text{ min} = 1057,72 \text{ L}$$

5.4 *Caudal de los sistemas de bombeo ( $Q_{B(ij)}$ ):*

$$Q_{B(ij)} = \frac{V_{BR(j)}}{t_{OP(B_i)}} = \frac{1057,72 \text{ L}}{2,8 \text{ min}} = 377,7514 \text{ L/min} = 0,006296 \text{ m}^3/\text{s}$$

## **6. Tiempos de ciclos y eficiencia del sistema de enfriamiento.**

6.1 Se define el número de ciclos ( $NC_a$ ), como el equivalente a los picos máximos de alimentación durante la corrida, empleando como referencia el tiempo de duración ( $t_c$ ) de la evaluación a cada velocidad de llenado. Se empleó como ejemplo la línea 3 a 100 bpm (véase figura 5.42), estableciendo un período de evaluación de 5 minutos ( $t_p$ ), y un número de ciclos (NC) igual a 2 ½ durante dicho período, obteniendo a partir de la ecuación 4.16.

$$NC_a = \frac{NC}{t_p} = \frac{2,5 \text{ ciclos}}{5 \text{ min}} = 0,5 \text{ ciclos/min}$$

6.2 *Estimación del volumen de refrigerante alimentado en cada ciclo:*

Para una altura de líquido de 60% de la altura del tanque, se tiene:

Longitud del tanque:  $L = 2 \text{ m}$

Diámetro – Altura del tanque:  $20 \text{ plg} = 0,508 \text{ m}$

Altura a evaluar (60 % del diámetro):  $h = 0,6 * D = 0,3048 \text{ m}$

Sustituyendo:

$$V_{|h} = \frac{L * D^2}{4} * \left( \frac{\cos^{-1}\left(1 - \frac{2h}{D}\right)}{57,3} - \left(1 - \frac{2h}{D}\right) \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2h}{D}\right)^2} \right) =$$

$$\frac{2\text{m} * (0,508\text{m})^2}{4} * \left( \frac{\cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * 0,3048\text{m}}{0,508\text{m}}\right)}{57,3} - \left(1 - \frac{2 * 0,3048\text{m}}{0,508\text{m}}\right) \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2 * 0,3048\text{m}}{0,508\text{m}}\right)^2} \right) = 0,25\text{m}^3$$

**6.3 Cálculo del volumen de refrigerante alimentado (L3-100bpm):** se obtuvo como altura máxima de líquido a 100 bpm el equivalente al 60 %, y como valor mínimo al 12% de altura (véase tabla A.16)

$V_{\text{NH}_3|_{h \text{ max}}}$  : volumen de refrigerante máximo (altura del 60%) =  $0,25 \text{ m}^3$

$V_{\text{NH}_3|_{h \text{ min}}}$  : volumen de refrigerante mínimo (altura del 12%) =  $0,04 \text{ m}^3$

Obteniendo como resultado para el volumen de refrigerante alimentado en cada ciclo:

$$V_{\text{NH}_3(\text{alm})} = V_{\text{NH}_3|_{h \text{ max}}} - V_{\text{NH}_3|_{h \text{ min}}} = (0,25 - 0,04)\text{m}^3 = 0,2158\text{m}^3$$

**6.4 Estimación del volumen de refrigerante** utilizado en cada evaporador y cálculo de la eficiencia de la cabina de enfriamiento: continuando con el ejemplo de la línea 3 a 100 bpm, se definió inicialmente el número de ciclos de alimentación ( $NC|_{t_{\text{OPBM}}}$ ) durante el tiempo de operación de la bomba de mezcla

( $t_{\text{OPBM}} = 2,8\text{min}$ ; L3 a 100 bpm):

$$NC|_{t_{\text{OPBM}}} = NC_{a100\text{bpm}(L3)} * t_{\text{OPBM}(L3-100\text{bpm})} = 0,5 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} * 2,8\text{min} = 1,4\text{ciclos}$$

6.5 Posteriormente, se determinó el *volumen de refrigerante alimentado* ( $V_{\text{NH}_3(\text{T})}$ ) durante los ciclos de alimentación de la bomba de mezcla, tal como se indica a continuación:

$$V_{\text{NH}_3(\text{T})} = V_{\text{NH}_3(\text{alm})} * \text{NC} \Big|_{t_{\text{OPBM}}} = 0,2158 \text{ m}^3 * 1,4 \text{ ciclos} = 0,3021 \text{ m}^3$$

Por último, se estimaron a partir de balances de energía los calores del sistema obteniendo, para el mismo caso de la línea 3:

6.6 *Fluido Caliente – bebida*: cede calor sensible, sin cambio de fase, por consiguiente, a 100 bpm la línea 3:

- Requerimiento másico de jarabe (kg):

$$m_B = V_{\text{BR}} * \rho_B = 1057,72 \text{ L} * 1,0354 \text{ kg/L} = 1095,16 \text{ kg}$$

- Entalpía de entrada a 20°C (Hysys 3.1)

$$H_e = H_1 = 15001 \text{ kJ/kg}$$

- Entalpía de salida a 2,8°C (Hysys 3.1)

$$H_s = H_2 = 15068 \text{ kJ/kg}$$

- Calor Cedido por la bebida:

$$Q_C = m_B * C_{p|_{T_e; T_s}} * (T_s - T_e) = m_B (H_2 - H_1) = 1095,16 \text{ kg} * (15068 - 15001) \text{ kJ/kg} = 73375,72 \text{ kJ}$$

6.7 *Fluido Frío – refrigerante*: absorbe calor de la bebida con cambio de fase, calor latente, por consiguiente.

- Densidad del amoníaco líquido a la presión de operación de 47,8 psig, equivalente a la presión promedio del evaporador de la línea 3 (véase tabla 5.29):

$$\rho_f|_{47,8 \text{ psig}} = 658,87 \text{ kg/m}^3 \text{ (Perry 1992)}$$

- Requerimiento másico de refrigerante (véase punto 6.5):

$$m_R = V_{\text{NH}_3(\text{T})} * \rho_f \Big|_{p_{\text{op}}} = 0,3021 \text{ m}^3 * 658,87 \text{ kg/m}^3 = 199,04 \text{ kg}$$

- Entalpía de vaporización a 47,8 psig

$$h_{fg} \Big|_{p_{\text{op}}} = 1315,9 \text{ kJ/kg} \text{ (Perry 1992)}$$

- Finalmente, se determina el calor de vaporización del refrigerante en el evaporador de la línea a 100 bpm, a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_A = m_R * h_{fg}|_{p_{op}} = 199,04 \text{ kg} * 1315,9 \text{ kJ/kg} = 261922,82 \text{ kJ}$$

6.8 La eficiencia del sistema de enfriamiento (%EFIC.) se define como la relación de calor cedido al calor absorbido:

$$\%EFIC = \frac{Q_C}{Q_A} * 100\% = \frac{73375,72 \text{ kJ}}{261922,82} * 100\% = 28,01\%$$

## 7. Determinación de los flujos volumétricos en el sistema de mezcla:

### 7.1 Caudal de jarabe terminado línea de producción 3:

A partir de los datos de caudal de la bomba de mezcla ( $Q_{BM(L3)} = 0,006296 \text{ m}^3/\text{s}$ ), la relación de dilución obtenida gráficamente de la figura 5.32 ( $V_a/V_{JT} = 5,34$ ), la densidad del jarabe terminado ( $\rho_{JT} = 1,232 \text{ kg/m}^3$ ), la densidad de la bebida ( $\rho_M = 1,0354 \text{ kg/m}^3$ ), y la densidad del agua a  $20^\circ\text{C}$  ( $\rho_a = 0,99824 \text{ kg/m}^3$ ), se obtuvo sustituyendo en la ecuación 4.31, los siguientes resultados:

$$Q_{JT} = \frac{\rho_M * Q_M}{\rho_a * \left( \frac{V_a}{V_{JT}} \right) + \rho_{JT}} = \frac{1,0354 \text{ kg/L} * 0,006296 \text{ m}^3/\text{s}}{0,99824 \text{ kg/L} * (5,34) + 1,232 \text{ kg/L}} = 0,000993 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.2 Caudal de jarabe terminado, a partir del vaciado de tanques (línea 3): empleando la ecuación 4.32, y los datos de la tabla A.18, se obtiene:

$$Q_{JT} = \frac{V_{JT}}{t_v}$$

| Diferencia de Altura de vaciado (Dh)mm | Tiempo de vaciado (t)s | Volumen consumido (V)L | Caudal (Q)L/s |
|----------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| 18                                     | 31,94                  | 34,18                  | 1,070         |
| 18                                     | 36,18                  | 34,18                  | 0,945         |
| 16                                     | 29,44                  | 30,39                  | 1,032         |
| 12                                     | 20,9                   | 22,79                  | 1,090         |
| 12                                     | 27,34                  | 22,79                  | 0,834         |

Area de la sección transversal interna:  $1,8991 \text{ m}^2$

Por ejemplo: si la altura de vaciado equivale a  $18 \text{ mm} = 0,018 \text{ m}$



- El volumen vaciado equivale a la relación proporcional del área de sección transversal del tanque ( $A_{ST}$ ) y la altura descarga ( $h_v$ ):

$$V_{JT} = h_v \cdot A_{ST} = 0,018 \text{ m} \cdot 1,8991 \text{ m}^2 = 0,03418 \text{ m}^3 = 34,18 \text{ L}$$

- El caudal queda establecido como el volumen vaciado durante el tiempo de medición ( $t_v$ ): para el ejemplo se tienen 18mm en 31,94s (primer valor)

$$Q_{JT} = \frac{V_{JT}}{t_v} = \frac{0,03418 \text{ m}^3}{31,94 \text{ s}} = 0,00107 \text{ m}^3/\text{s} = 1,07 \text{ L/s}$$

De forma análoga, se ejecuta la operación para los diversos valores obtenidos, tanto en la línea 3 y 4 en el vaciado de tanques de jarabe terminado, como en el llenado de los tanques de almacenamiento de agua en las líneas de producción.

### **8. Determinación de los flujos volumétricos en el sistema de carbonatación:**

Para la línea 3:

$Q_{CO_2}$ : caudal de  $CO_2$  en el inyector ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_{BC}$ : caudal de bomba de carbonatación =  $0,0062 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_C$ : volumen de carbonatación =  $4,3 \text{ Vol}_{CO_2}$  (adimensional)

$$Q_{CO_2} = Q_{BC} \cdot V_C = 0,0062 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,3 \text{ Vol}_{CO_2} = 0,0266 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **9. Cálculo de rendimientos de $CO_2$ :**

La masa de  $CO_2$  alimentada desde los tanques criogénicos fue determinada a partir de las tablas proporcionadas por los fabricantes, y fue calculada como:

Ejemplo: véase datos de tabla A.23 día 22/02/2006

| Medición | Presión hidrostática ( $h_{CO_2} \pm 0,5$ )plgH <sub>2</sub> O   |           |            |             |         |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------------|---------|
|          | BOC GASES                                                        | PRAXAIR I | PRAXAIR II | PRAXAIR III |         |
| inicial  | 52,5                                                             | 44,0      | 64,0       | 17,0        |         |
| Final    | 51,5                                                             | 45,0      | 60,0       | 6,0         |         |
| Medición | Masa contenida en los tanques de alimentación (mca $\pm 0,5$ )kg |           |            |             |         |
|          | BOC GASES                                                        | PRAXAIR I | PRAXAIR II | PRAXAIR III | TOTAL   |
| inicial  | 23863,0                                                          | 9550,0    | 27353,0    | 4718,0      | 65484,0 |
| Final    | 23409.0                                                          | 9750.0    | 25523.0    | 1003.0      | 59685.0 |

La conversión de presión hidrostática a masa de  $CO_2$ , se efectúa a partir de la siguiente tabla:

**TABLA C.1**  
**CONVERSIÓN EN TANQUES CRIOGÉNICOS DE CO<sub>2</sub>**

| BOC GASES                                                |                                                             | PRAXAIR I                                                |                                                             | PRAXAIR II Y III                                         |                                                             |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Presión hidrostática<br>(h) <sub>plgH<sub>2</sub>O</sub> | Masa de CO <sub>2</sub><br>(m <sub>CO<sub>2</sub></sub> )kg | Presión hidrostática<br>(h) <sub>plgH<sub>2</sub>O</sub> | Masa de CO <sub>2</sub><br>(m <sub>CO<sub>2</sub></sub> )kg | Presión hidrostática<br>(h) <sub>plgH<sub>2</sub>O</sub> | Masa de CO <sub>2</sub><br>(m <sub>CO<sub>2</sub></sub> )kg |
| 1                                                        | 455                                                         | 1                                                        | 100                                                         | 1                                                        | 25                                                          |
| 2                                                        | 909                                                         | 2                                                        | 200                                                         | 2                                                        | 197                                                         |
| 3                                                        | 1364                                                        | 3                                                        | 300                                                         | 3                                                        | 369                                                         |
| 4                                                        | 1818                                                        | 4                                                        | 450                                                         | 4                                                        | 541                                                         |
| 5                                                        | 2273                                                        | 5                                                        | 600                                                         | 5                                                        | 772                                                         |
| 6                                                        | 2727                                                        | 6                                                        | 750                                                         | 6                                                        | 1003                                                        |
| 7                                                        | 3182                                                        | 7                                                        | 900                                                         | 7                                                        | 1276                                                        |
| 8                                                        | 3636                                                        | 8                                                        | 1100                                                        | 8                                                        | 1549                                                        |
| 9                                                        | 4091                                                        | 9                                                        | 1250                                                        | 9                                                        | 1857                                                        |
| 10                                                       | 4545                                                        | 10                                                       | 1450                                                        | 10                                                       | 2165                                                        |
| 11                                                       | 5000                                                        | 11                                                       | 1650                                                        | 11                                                       | 2503                                                        |
| 12                                                       | 5455                                                        | 12                                                       | 1850                                                        | 12                                                       | 2841                                                        |
| 13                                                       | 5909                                                        | 13                                                       | 2050                                                        | 13                                                       | 3205                                                        |
| 14                                                       | 6364                                                        | 14                                                       | 2300                                                        | 14                                                       | 3570                                                        |
| 15                                                       | 6818                                                        | 15                                                       | 2500                                                        | 15                                                       | 3941                                                        |
| 16                                                       | 7273                                                        | 16                                                       | 2700                                                        | 16                                                       | 4311                                                        |
| 17                                                       | 7727                                                        | 17                                                       | 2950                                                        | 17                                                       | 4718                                                        |
| 18                                                       | 8182                                                        | 18                                                       | 3200                                                        | 18                                                       | 5126                                                        |
| 19                                                       | 8636                                                        | 19                                                       | 3400                                                        | 19                                                       | 5551                                                        |
| 20                                                       | 9091                                                        | 20                                                       | 3650                                                        | 20                                                       | 5976                                                        |
| 21                                                       | 9545                                                        | 21                                                       | 3900                                                        | 21                                                       | 6418                                                        |
| 22                                                       | 10000                                                       | 22                                                       | 4150                                                        | 22                                                       | 6860                                                        |
| 23                                                       | 10455                                                       | 23                                                       | 4400                                                        | 23                                                       | 7316                                                        |
| 24                                                       | 10909                                                       | 24                                                       | 4650                                                        | 24                                                       | 7772                                                        |
| 25                                                       | 11364                                                       | 25                                                       | 4900                                                        | 25                                                       | 8346                                                        |
| 26                                                       | 11818                                                       | 26                                                       | 5150                                                        | 26                                                       | 8920                                                        |
| 27                                                       | 12273                                                       | 27                                                       | 5400                                                        | 27                                                       | 9273                                                        |
| 28                                                       | 12727                                                       | 28                                                       | 5650                                                        | 28                                                       | 9627                                                        |
| 29                                                       | 13182                                                       | 29                                                       | 5900                                                        | 29                                                       | 10116                                                       |
| 30                                                       | 13636                                                       | 30                                                       | 6150                                                        | 30                                                       | 10605                                                       |
| 31                                                       | 14091                                                       | 31                                                       | 6450                                                        | 31                                                       | 11101                                                       |
| 32                                                       | 14545                                                       | 32                                                       | 6700                                                        | 32                                                       | 11598                                                       |
| 33                                                       | 15000                                                       | 33                                                       | 6950                                                        | 33                                                       | 12101                                                       |
| 34                                                       | 15455                                                       | 34                                                       | 7200                                                        | 34                                                       | 12604                                                       |
| 35                                                       | 15909                                                       | 35                                                       | 7450                                                        | 35                                                       | 13113                                                       |
| 36                                                       | 16364                                                       | 36                                                       | 7700                                                        | 36                                                       | 13624                                                       |
| 37                                                       | 16818                                                       | 37                                                       | 7950                                                        | 37                                                       | 14112                                                       |
| 38                                                       | 17273                                                       | 38                                                       | 8150                                                        | 38                                                       | 14603                                                       |
| 39                                                       | 17727                                                       | 39                                                       | 8400                                                        | 39                                                       | 15093                                                       |
| 40                                                       | 18182                                                       | 40                                                       | 8650                                                        | 40                                                       | 15594                                                       |
| 41                                                       | 18636                                                       | 41                                                       | 8900                                                        | 41                                                       | 16129                                                       |
| 42                                                       | 19091                                                       | 42                                                       | 9100                                                        | 42                                                       | 16665                                                       |
| 43                                                       | 19545                                                       | 43                                                       | 9350                                                        | 43                                                       | 17181                                                       |
| 44                                                       | 20000                                                       | 44                                                       | 9550                                                        | 44                                                       | 17697                                                       |
| 45                                                       | 20455                                                       | 45                                                       | 9750                                                        | 45                                                       | 18212                                                       |
| 46                                                       | 20909                                                       | 46                                                       | 10000                                                       | 46                                                       | 18726                                                       |
| 47                                                       | 21634                                                       | 47                                                       | 10200                                                       | 47                                                       | 19217                                                       |
| 48                                                       | 21818                                                       | 48                                                       | 10400                                                       | 48                                                       | 19708                                                       |
| 49                                                       | 22273                                                       | 49                                                       | 10550                                                       | 49                                                       | 20217                                                       |
| 50                                                       | 22727                                                       | 50                                                       | 10750                                                       | 50                                                       | 20725                                                       |
| 51                                                       | 23182                                                       | 51                                                       | 10950                                                       | 51                                                       | 21228                                                       |
| 52                                                       | 23636                                                       | 52                                                       | 11100                                                       | 52                                                       | 21732                                                       |
| 53                                                       | 24091                                                       | 53                                                       | 11250                                                       | 53                                                       | 22228                                                       |
| 54                                                       | 24545                                                       | 54                                                       | 11400                                                       | 54                                                       | 22725                                                       |
| 55                                                       | 25000                                                       | 55                                                       | 11500                                                       | 55                                                       | 23214                                                       |
| 56                                                       | 25455                                                       | 56                                                       | 11600                                                       | 56                                                       | 23702                                                       |
| 57                                                       | 25909                                                       | 57                                                       | 11700                                                       | 57                                                       | 24161                                                       |
| 58                                                       | 26364                                                       | 58                                                       | 11800                                                       | 58                                                       | 24621                                                       |
| 59                                                       | 26818                                                       | 59                                                       | 11850                                                       | 59                                                       | 25072                                                       |
| 60                                                       | 27272                                                       | 60                                                       | -----                                                       | 60                                                       | 25523                                                       |

Masa alimentada al proceso:

$$m_{CO_2(ADM)} = m_{CO_2|_{h_i}} - m_{CO_2|_{h_f}} = 65484 \text{ kg} - 59685 \text{ kg} = 5799 \text{ kg}$$

La masa de gas carbónico absorbida en la bebida esta directamente relacionada con el número de botellas producidas, el volumen de carbonatación del lote, así como el volumen de llenado promedio y la densidad del dióxido de carbono a condiciones estándar, para el ejemplo anterior:

Para cada línea:

$N_{BOT}$  : número de botellas producidas (adim)

$\overline{V_B}$  : volumen de bebida promedio 3,1L

$V_C$  : 4,4 Vol.

$\rho_{CO_2|_{1atm;0^\circ C}}$  : densidad del gas carbónico a condiciones estándar de 1 atm y 0°C  
(0,00198 kg/L)

$$m_{CO_2(ABS)L3} = N_{BOT} * \overline{V_B} * \overline{V_C} * \rho_{CO_2|_{1atm;0^\circ C}}$$

| Línea | Medición | Botellas producidas | Cantidad de bebida producida |                   |
|-------|----------|---------------------|------------------------------|-------------------|
|       |          |                     | Volumen (Vb ± 0,3)L          | Masa (mb ± 0,3)kg |
| 3     | inicial  | 7992                | 24775,2                      | 215,4             |
|       | Final    | 41364               | 128228,4                     | 1114,9            |
| 4     | inicial  | 7668                | 23770,8                      | 206,7             |
|       | Final    | 31752               | 98431,2                      | 855,8             |
| 5     | inicial  | 14448               | 7224,0                       | 62,8              |
|       | Final    | 85344               | 42672,0                      | 371,0             |

Masa consumida por línea:

$$L3: m_{CO_2(ABS)L3} = m_{L3_{final}} - m_{L3_{inicial}} = 899,5 \text{ kg}$$

$$L4: m_{CO_2(ABS)L4} = m_{L4_{final}} - m_{L4_{inicial}} = 649,1 \text{ kg}$$

$$L5: m_{CO_2(ABS)L5} = m_{L5_{final}} - m_{L5_{inicial}} = 308,2 \text{ kg}$$

$$\text{Total: } m_{CO_2(ABS)TOTAL} = m_{CO_2(ABS)L3} + m_{CO_2(ABS)L4} + m_{CO_2(ABS)L5} = 1856,8 \text{ kg}$$

El rendimiento de dióxido de carbono se define como la relación existente entre el gas absorbido efectivamente a la cantidad alimentada, dado por:

$$\%REND_{CO_2} = \frac{1856,79 \text{ kg}}{5799 \text{ kg}} * 100 = 32,02\%$$

De forma análoga, se efectúa el cálculo para el resto de los datos, así como para el rendimiento de azúcar y agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AJEVEN C.A. (1999). *Manual Técnico de Operación y Mantenimiento, Llenadora SIDEL, ALSIM-ASMOJET*. Valencia, Venezuela.
2. AJEVEN C.A. (1999). *Manual Técnico de Operación y Mantenimiento, Century Beverage Preparation Systems*. Valencia, Venezuela.
3. AJEVEN C.A. (2003). *Instructivo de Operación – Líneas de producción 1, 2, 3, 4 y 5*. Valencia, Venezuela.
4. Casp V., A. y Abril R., J. (1999). *Procesos de Conservación de Alimentos*. (1ª edición). Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
5. Chang, R. (1999). *Química*. Séptima edición. México. Editorial Mc Graw Hill.
6. Deming E. (1986). *Calidad, Productividad y Competitividad. La Salida de la Crisis*. (1ª edición en español de la 1ª edición en inglés “*Out of Crisis, Quality, Productivity and Competitive Position*”). Madrid. Editorial Díaz de Santos S.A.
7. Ettedgui, C., Giugni, L., González, I. y Guerra, V. (2003). *Evaluación De Proyectos de Inversión*. Segunda edición. Valencia - Venezuela. Universidad de Carabobo.
8. Finn E., Alonso M. (1999). *Física, vol. III: Fundamentos Cuánticos y Estadísticos*. México. Editorial Addison-Wesley-Longman.
9. Feigenbaum, A. V. (1986). *Control Total de la Calidad*. (2ª edición en español de la 3ª edición en inglés *Total Quality Control*, María Ascensión Gpe. De La Campa P. S.). México. Editorial Continental. (trabajo original publicado en 1983).
10. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Número 38.263. Ley de metrología. Publicación: 1 de septiembre de 2005. Caracas.
11. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Número 32.504. Ley de metrología. Dirección nacional de metrología. Ministerio de fomento. Publicación: 28 de junio de 1982. Caracas.
12. Himmelblau, D. (1977). *Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química*. (2da edición, Título original: *Basic Principles And Calculations In*

- Chemical Engineering*. Traducido por Ing. Antonio Gomez). México. Compañía Editorial Continental.
13. Kuehl, R. (2001). *Diseño de Experimentos*. (2ª edición en español de la 2ª edición en inglés *Design of Experiment*, Marcía Gonzáles O.). México. Editorial Thomson Learning. (trabajo original publicado en 2000).
  14. McCabe, W., Smith, J. (1991). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Cuarta edición. España. Editorial Mc Graw Hill.
  15. Mendez, C. (2001). *Metodología. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*. Colombia, McGraw-Hill Interamericana.
  16. Montgomery, D.C. y Rugger, G. C. (1996). *Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería*. (2ª Edición). México. Editorial McGraw Hill.
  17. Montgomery, D.C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. México. Editorial Ibero América.
  18. Mott, R. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. (4ta edición, Título original: *Applied Fluid Mechanics*, Traducido por: Raymundo Cruzado González). México. Editorial Prentice-Hall.
  19. Norma Mexicana NMX-F-439-1983. *ALIMENTOS - BEBIDAS NO ALCOHOLICAS – BEBIDAS Y REFRESCOS – CLASIFICACIÓN Y DEFINICIONES*. (1ª Edición). Dirección General de Normas. Aprobada y publicada el 11 de febrero de 1983.
  20. Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994. *BIENES Y SERVICIOS. PRÁCTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS NO ALCOHOLICAS Y ALCOHOLICAS*. (1ª Edición). Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. Aprobada y publicada el 10 de mayo de 1995
  21. Norma Venezolana COVENIN 762:1995 *BEBIDAS GASEOSAS. MÉTODOS DE ENSAYO*. (1ª Revisión). Comité Técnico de Normalización CT10 Productos Alimenticios, Subcomité Técnico SC12 Productos Diversos. Aprobada el 14 de junio de 1995.
  22. Norma Venezolana COVENIN 2182:1995 *BEBIDAS GASEOSAS* (1ª Revisión). Comité Técnico de Normalización CT10 Productos Alimenticios,

- Subcomité Técnico SC12 Productos Diversos. Aprobada el 14 de junio de 1995.
23. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2002) *Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos*. Roma. Grupo Editorial, Dirección de Información de la FAO.
24. Perry, R. (1996). *Manual del Ingeniero Químico*. (tercera edición en español de la 6ª edición en inglés *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, Fernando R. Corral G.). México. Editorial McGraw-Hill. (trabajo original publicado en 1992).
25. Potter N., Hotchkiss J. (1995). *Ciencia de los alimentos* (quinta edición). España. Editorial ACRIBIA S.A.
26. Rammer M. (1993). *Zur Optimierung von Hochleistungsabfüllanlagen für CO<sub>2</sub>-haltige Getränke* (Optimización de Plantas de Alta Velocidad de Producción de Bebidas Gaseosas). Universidad Técnica de Munich. Facultad de Ciencia de la Nutrición de Weihenstephan. Munich.
27. Resolución especial 5325. *Contenido Neto en Bebidas Gaseosas*. Fecha de aprobación y publicación 18 de febrero de 1988. Caracas. Venezuela.
28. Sapag, N. y Sapag, R. (1996). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. (Tercera edición). Santa Fé de Bogotá – Colombia. Editorial McGraw-Hill.
29. Sarmiento J. (2001). *Introducción a la Gestión por Procesos*. Material de apoyo. FONDONORMA.
30. Shachman, M. (2005). *The soft drinks companion: a technical handbook for the beverage industry*. Estados Unidos. CRC press LLC.
31. Silva, J. (1995). *Transporte de Momento para Ingenieros de Procesos*. (1ª edición). Valencia – Venezuela. Universidad de Carabobo.
32. Smith, Van Ness. (1980). *Introducción a la Termodinámica de Ingeniería Química*. (3era edición, Título original: *Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics*, Traducido por: Dr. José Vigil). México. Editorial McGraw-Hill.
33. Stoecker, W. F. (1977). *Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*. (1ª impresión en español de la 1ª edición en inglés *Refrigeration and Air*

*Conditioning*, José Seijas D., Doroteo Sanguino M.) México. Editorial McGraw-Hill. (trabajo original publicado en 1958).

34. Sven F. (2001). *Blasenbildung von in Flüssigkeiten gelösten Gasen* (Absorción y Solubilidad de Gases en Líquidos). Universidad Técnica de Munich. Facultad de Ciencia de la nutrición de Weihenstephan. Munich.
35. Treybal, R. (1988). *Operaciones de Transferencia de Masa* (Segunda edición). México. Editorial McGRAW HILL.
36. Welty, J. (1993). *Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería*. (4ta edición, Título original: *Engineering Heat Transfer*, Traducido por: Ing. Sergio Fernandez Everest). México. Noriega Editores.

#### **Direcciones Electrónicas:**

1. AROQ: just-drinks.com, disponible en: <http://www.just-drinks.com/index.asp?c=1>
2. Banco Central de Venezuela, disponible en: <http://www.bcv.gov.ve>
3. Fondo de Crédito Industrial, disponible en: <http://www.foncrei.com.ve>
4. Ingeniería de Procesos Industriales, disponible en:  
[http://www.cheresources.com/process\\_engineering.shtml](http://www.cheresources.com/process_engineering.shtml)
5. National Soft Drink Association, disponible en: <http://www.nsda.org/>
6. PepsiCo, disponible en: <http://www.pepsico.com/>
7. Refreshments Canadá, disponible en: <http://www.softdrink.ca/>
8. The Coca-Cola Company, disponible en: <http://www2.coca-cola.com/index.html>
9. United States Department of Agriculture: Food, Nutrition and Consumer Services, disponible en: <http://www.fns.usda.gov/fncs/>