



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO DE UNA  
CELDA DE CONVERSIÓN DE HIGIÉNICOS.  
CASO: PAPELES VENEZOLANOS C.A**

Tutor Académico  
Prof. Teodoro García, Dr.

Autores:  
Br. Rodríguez, Margot  
Br. Van Dewalle, Katherine

Bárbula, Junio de 2013



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO DE UNA  
CELDA DE CONVERSIÓN DE HIGIÉNICOS.  
CASO: PAPELES VENEZOLANOS C.A**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo,  
para optar al Título de Ingeniero Industrial

Línea de investigación: Métodos Estadísticos Multivariantes.

Tutor Académico  
Prof. Teodoro García, Dr.

Autores:  
Br. Rodríguez, Margot  
Br. Van Dewalle, Katherine

Bárbula, Junio de 2013



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado “Propuestas de mejora en el desempeño de una celda de conversión de higiénicos. Caso: Papeles Venezolanos C.A.”, el cual está adscrito a la Línea de Investigación “Métodos Estadísticos Multivariantes” del Departamento de Operativa, presentado por los Bachilleres Margot Rodríguez , C.I. 17.699.393 y Katherine Van Dewalle, C.I. 19.856.390, a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día jueves 6 de Junio de 2013, a las 10:00 am, para que los autores lo defendieran en forma pública, lo que estos hicieron, en la Sala de computación de la escuela de Ingeniería Industrial, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondieron satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.
2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el precitado Reglamento.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, a 10 días, del mes de Junio del año 2013, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Prof. Teodoro García.

Firma del Jurado Examinador

Prof. Teodoro García  
Presidente del Jurado

Prof. Hermes Carmona  
Miembro del Jurado

Prof. María A. Salama  
Miembro del Jurado

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro tutor, Teodoro García por su ayuda y apoyo para realizar este trabajo. Al ingeniero José Rodolfo García por darnos la oportunidad de desarrollar este tema y su apoyo durante nuestras pasantías. A todos los profesores de la escuela quienes no solo nos formaron como profesionales y dieron los conocimientos para desarrollar este trabajo, sino que también fueron amistades durante la carrera. A Adriana y Albita por sus constantes ayudas siempre con la mejor disposición.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos, a quienes amo y dedico este logro y todos los venideros, espero siempre enorgullecerlos. A mis amigas, quienes fueron mi familia cuando estuve lejos de la mía. Y por último a mi amiga Andrea Ochoa, quien siempre me mantuvo motivada a culminar esta meta en común en su nombre.

Katherine Van Dewalle D.

## *Dedicatoria*

*A mi familia, especialmente a mi papá y a mi mamá por brindarme todo el apoyo que necesité para lograr esta meta.*

*A mi hermana que desde la distancia me motivo a seguir adelante.*

*A mis compañeros y amigos que de alguna forma u otra me ayudaron en la elaboración de este trabajo y me hicieron sonreír ante las situaciones tristes.*

*Y especialmente a Dios por darme la salud y la fortaleza para alcanzar mi objetivo!!*

*Margot Rodríguez Graterol.*

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>ii</b>
<b>1. CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 La Empresa.....	1
1.1.1 Descripción y reseña histórica de la empresa.....	1
1.1.2 Ubicación .....	3
1.1.3 Misión.....	3
1.1.4 Visión.....	3
1.1.5 Política de Calidad. ....	4
1.1.6 Estructura Organizacional.....	4
1.1.7 Productos.....	6
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación.....	17
1.5 Limitaciones.....	18
1.6 Alcance.....	18
<b>2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1 Antecedentes.....	19
2.2 Bases teóricas.....	20
2.2.1 Cinco Por Qués.....	20
2.2.2 AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas).....	21
2.2.3 Metodología 5S´s.....	34
2.3 Definición de términos básicos.....	38
<b>3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>40</b>



<b>5. CAPÍTULO V. PROPUESTAS DE MEJORAS .....</b>	<b>93</b>
5.1 Propuesta de adiestramiento a operadores del área crítica .....	94
5.2 Propuesta de implementación de la metodología 5S´s en el área de la envolvedora de la celda 1.....	102
5.3 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las fallas presentadas por la envolvedora .....	111
5.4 Justificación económica de las propuestas planteadas .....	120
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>132</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los productos de la empresa.....	<b>6</b>
<b>Tabla 2.</b> Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de efectos en un proceso AMEF.....	<b>28</b>
<b>Tabla 3.</b> Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un proceso AMEF.....	<b>31</b>
<b>Tabla 4.</b> Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en un proceso AMEF.....	<b>32</b>
<b>Tabla 5.</b> Equipos componentes de la celda 1 de Conversión y sus respectivos Códigos.....	<b>51</b>
<b>Tabla 6.</b> Características generales de la Envolvedora.....	<b>53</b>
<b>Tabla 7.</b> Medidas de la bobina (mm).....	<b>70</b>
<b>Tabla 8.</b> Medidas de los rollos (mm).....	<b>70</b>
<b>Tabla 9.</b> Análisis de los 5 ¿por qué? En el proceso de envoltura en celda 1 de conversión.....	<b>79</b>
<b>Tabla 10.</b> Secciones de la Envolvedora.....	<b>84</b>
<b>Tabla 11.</b> Análisis de Modo y Efecto de Falla de la Envolvedora de celda 1 de Higiénicos.....	<b>85</b>
<b>Tabla 12.</b> Ponderación de los modos potenciales de fallas.....	<b>88</b>
<b>Tabla 13.</b> Principales Fallas a atacar y su origen.....	<b>92</b>
<b>Tabla 14.</b> Resumen de propuestas planteadas.....	<b>93</b>
<b>Tabla 15.</b> Evaluación de conocimientos en área de manejo operacional.....	<b>95</b>
<b>Tabla 16.</b> Evaluación de conocimiento en el área de seguridad.....	<b>96</b>
<b>Tabla 17.</b> Evaluación de conocimiento en el área de mantenimiento.....	<b>97</b>
<b>Tabla 18.</b> Evaluación de conocimiento en el área de calidad.....	<b>98</b>
<b>Tabla 19.</b> Cronograma de ejecución de los adiestramientos.....	<b>99</b>
<b>Tabla 20.</b> Costos asociados a la implementación del adiestramiento.....	<b>101</b>
<b>Tabla 21.</b> Lista de elementos innecesarios.....	<b>104</b>
<b>Tabla 22.</b> Checklist de disciplina en 5S's.....	<b>108</b>

<b>Tabla 23.</b> Costos asociados a la implementación de 5S's.....	<b>109</b>
<b>Tabla 24.</b> Formato de mantenimiento preventivo de la envolvedora.....	<b>112</b>
<b>Tabla 25.</b> Checklist de actividades diarias para la envolvedora.....	<b>116</b>
<b>Tabla 26.</b> Formato de mantenimiento preventivo de la encoladora.....	<b>117</b>
<b>Tabla 27.</b> Costos asociados al plan de mantenimiento preventivo.....	<b>118</b>
<b>Tabla 28.</b> Cálculo de valor actual a la propuesta 1.....	<b>123</b>
<b>Tabla 29.</b> Cálculo de valor actual a la propuesta 2.....	<b>124</b>
<b>Tabla 30.</b> Cálculo de valor actual a la propuesta 3.....	<b>126</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Organigrama de la empresa.....	5
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Procesos .....	48
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Bloque de celdas Higiénicos .....	50
<b>Figura 4.</b> Diagrama de Pareto de las paradas de la celda 1.....	51
<b>Figura 5.</b> Envolvedora Qualywrap 1800 fx celda 1 .....	54
<b>Figura 6.</b> Materiales e Insumos.....	74
<b>Figura 7.</b> Herramientas .....	75
<b>Figura 8.</b> Equipos de protección personal .....	76
<b>Figura 9.</b> Diagrama Ishikawa del bajo desempeño en celda 1 de conversión .....	78
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de fallas que inciden en las paradas de la envolvedora .....	82
<b>Figura 11.</b> Composición porcentual de las fallas mecánicas. ....	83
<b>Figura 12.</b> Composición porcentual de las fallas electrónicas. ....	83
<b>Figura 13.</b> Composición porcentual de las fallas operacionales. ....	84
<b>Figura 14.</b> Pareto de priorización de modos y efecto de falla para a toma de acciones.....	88
<b>Figura 15.</b> Residuos adheridos a la bandeja de alimentación de la envolvedora.....	90
<b>Figura 16.</b> Análisis Infrarrojo de residuo vs materias de comparación. ....	91



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



***“Propuestas de mejora en el desempeño de una celda de conversión de higiénicos. (Caso: Papeles Venezolanos C.A)”***

**Tutor Académico**

Dr. García Teodoro

**Tutor Industrial**

Ing. Gracia José. R

**Autores**

Br. Rodríguez G, Margot F

Br. Van Dewalle, Katherine

**Resumen**

Papeles Venezolanos C. A. es una empresa productora de papel tissue, líder en el mercado de papel higiénico. Actualmente esta se encuentra produciendo a toda capacidad y aun así presenta demanda insatisfecha de dicho producto, razón que aunada a las estrictas políticas gubernamentales denota la vital importancia de que su producción no se vea limitada en ninguna de sus etapas. El objetivo de esta investigación fue proponer mejoras en el desempeño de una celda de conversión de higiénicos, para lo cual se estudió y analizó la celda 1, determinando cuales eran los equipos menos productivos, mediante la recopilación de información y registros de tiempo perdido, reflejados en un diagrama de Pareto. Posteriormente se analiza la situación crítica con la ayuda de manuales, entrevistas no estructuradas con el personal del área y herramientas de calidad, como diagrama de Ishikawa, 5 por qué?, diagramas circulares, análisis de modo y efecto de falla (AMEF) y diagramas de Pareto, las cuales dieron a conocer las causas de las fallas más influyentes en la involucrada, siendo estas: de las fallas electrónicas, el mal funcionamiento de las fotoceldas; de las fallas mecánicas, atascamientos de rollos en el elevador, desgaste de las cuchillas y desajustes en las correas de la sección rápida; y de las fallas operacionales lo referente a la calibración y el establecimiento de los parámetros de la máquina. Para esta serie de problemas se desarrollaron tres propuestas: adiestramiento a operadores del área crítica, implementación de la metodología 5S's en el área crítica y un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que afectan el funcionamiento del proceso de envoltura; todas rentables, y con una recuperación económica menor a un mes.

**Palabras clave:** producción, herramientas de calidad, mantenimiento, papel higiénico.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda, la débil competencia y ambientes económicos cambiantes han llevado a Papeles Venezolanos C.A, a enfocarse en el incremento de la productividad en los últimos años. Para un ingeniero industrial la productividad es alcanzar los máximos beneficios con los recursos que se cuentan, analizando, diseñando, planeando, controlando el proceso productivo, sin descuidar los aspectos técnicos, sociales y éticos.

Todo proceso productivo según Galleguillos (2007) comenta que es sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo, que generan un producto o servicio.

La calidad del producto fabricado está determinada por sus características de calidad, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y la función del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas. El instrumento fundamental que origina el aumento de la productividad es la aplicación de herramientas de calidad, que en contraste con los métodos más avanzados de estadística, tales como muestreos de encuestas, muestreos de aceptación, análisis multivariados, y los distintos métodos desarrollados en el campo de la Investigación de operaciones proporcionan excelentes resultados para el análisis de problemas industriales.

Para la detección y análisis del problema se utilizaron herramientas estadísticas como Diagramas de Pareto, Diagramas de Ishikawa, Análisis de los 5 ¿Por qué's? y un AMEF (Análisis de Modo y Efectos de Fallas) , además de la observación directa y entrevistas.

El contenido de este trabajo está estructurado en cinco capítulos, complementados con las secciones de conclusiones, recomendaciones y apéndices en los cuales se sintetizan los puntos más importantes desarrollados en el trabajo especial de grado.

En el primer capítulo se presentan datos generales de la empresa, el planteamiento del problema, los objetivos que se plantearon como respuesta al problema, así como también la justificación, alcance y limitaciones del desarrollo de este trabajo.

El segundo capítulo permitirá mostrar la teoría que será directamente utilizada en la investigación y algunos antecedentes que proporcionaron bases para la misma.

El capítulo tres hace referencia a la metodología utilizada, reflejada en el tipo de investigación, métodos, técnicas de recolección de la información, y las fases.

En el cuarto capítulo se describe la situación actual del proceso, incluyendo la descripción del proceso de producción de papel higiénico, herramientas utilizadas y condiciones de trabajo. También muestra el análisis de la situación actual con respecto al área crítica detectada.

El quinto capítulo refleja las propuestas de mejoras planteadas y su evaluación económica.

Finalizando con las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y apéndices.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 LA EMPRESA**

#### **1.1.1. Descripción y Reseña Histórica**

Papeles Venezolanos es una empresa productora de papel tissue, fundada en Venezuela en la ciudad de Guacara, Edo. Carabobo, en el año 1953.

Con la marca SUAVE, PAVECA marcó en 1957 el inicio de la producción de papel higiénico de lujo en Venezuela y establece desde entonces un liderazgo indiscutible y sostenido en el mercado.

La empresa dispone de 7 molinos capaces de producir 96.000 toneladas métricas de papel por año, 30 líneas convertidoras (7 de Higiénicos, 3 de Toallas, 18 de Servilletas, 1 de envoltura, 1 Institucional), capaces de producir más de 9,5 millones de cajas por año.

Con una capacidad de producción de 270 toneladas métricas diarias de papel higiénico o tissue, Papeles Venezolanos (PAVECA) se consolida entre las cinco primeras plantas de América Latina en su segmento de negocio y es, sin duda, el más grande productor de papel tissue del país.

PAVECA distribuye directamente sus productos a nivel Nacional, en más de 2.000 puntos de venta; para esto cuenta con un Centro de Distribución Central situado en Guacara estado Carabobo y 8 depósitos ubicados en las principales ciudades del País. Para poder cumplir con las exigencias de los clientes en la entrega de la mercancía, PAVECA dispone de una nueva y moderna flota de transporte, compuesta por más de 200 unidades, la mayoría de estas, especialmente diseñadas para manipular en forma segura la carga y mantener la calidad de sus productos.

Con su flota de transporte PAVECA logra llegar a todos los clientes que componen los diferentes eslabones de la cadena de suministro y que finalmente suplen a los consumidores finales.

Desde hace más de 50 años PAVECA ha sido sinónimo de confianza, esfuerzo y tradición para todos los venezolanos, realizando una labor constante en el desarrollo de nuestro país, porque más allá de producir el mejor papel, ha sembrado su mejor semilla en diversos ámbitos que benefician a gran cantidad de venezolanos.

PAVECA cuenta con una integración vertical con DEFORSA, empresa filial dedicada a producir materia prima forestal extraída de los árboles de eucalipto, insumo básico para la manufactura de pulpa. DEFORSA dentro de su ideología tiene una alta responsabilidad para con el medio ambiente manejando proyectos de reforestación y conservación de flora y fauna. PAVECA y DEFORSA suministran empleo fijo a más de 1400 personas.

La vinculación de PAVECA con el consumidor venezolano se expresa en la permanencia del compromiso de la empresa, y también en las formas de desarrollar propuestas innovadoras acordes con las exigentes preferencias del consumidor, un ejemplo de ello es la marca líder del mercado Rosal, que ofrece varias presentaciones con diferentes números de hojas, que permiten adaptarse a las necesidades de cada consumidor. Esta marca además cuenta con Rosal Plus Chamos, papel higiénico para niños que innova con su divertido papel impreso y rico aroma en el tubito, y con Rosal Plus Practi-Pack, el primer higiénico portátil de Venezuela. Por otro lado, Suave Ultrasoft, ofrece su versión tradicional y la nueva versión Premium con aloe vera y manzanilla, ambas con la máxima suavidad del mercado.

PAVECA también es líder del mercado en otras categorías de productos, como lo es toallas absorbentes con la marca Don Toallín Jumbo Pack, y Household Napkins hace lo propio en la categoría de servilletas.

### **1.1.2 Ubicación**

Papeles Venezolanos está ubicada en la Zona Industrial El Tigre Carretera Nacional Guacara – San Joaquín, Guacara Estado Carabobo, importante centro industrial situado a 150km. de Caracas; a sólo 16km. de Valencia, tercera ciudad en importancia del país, y a 70km. de Puerto Cabello, facilitando las exportaciones a través de este importante puerto venezolano. También se encuentra 8 sucursales de ventas en las ciudades más importantes del país: Guacara, Caracas, Maracaibo, Barquisimeto, Barcelona, San Cristóbal, Ciudad Bolívar y Margarita.

### **1.1.3 Misión**

Mantener nuestro liderazgo como empresa estratégicamente integrada, haciendo el mejor papel del mercado para cuidado personal y del hogar, que satisfaga las necesidades de los consumidores, clientes, accionistas y nuestro talento humano, creando conciencia ambiental y con responsabilidad social.

### **1.1.4 Visión**

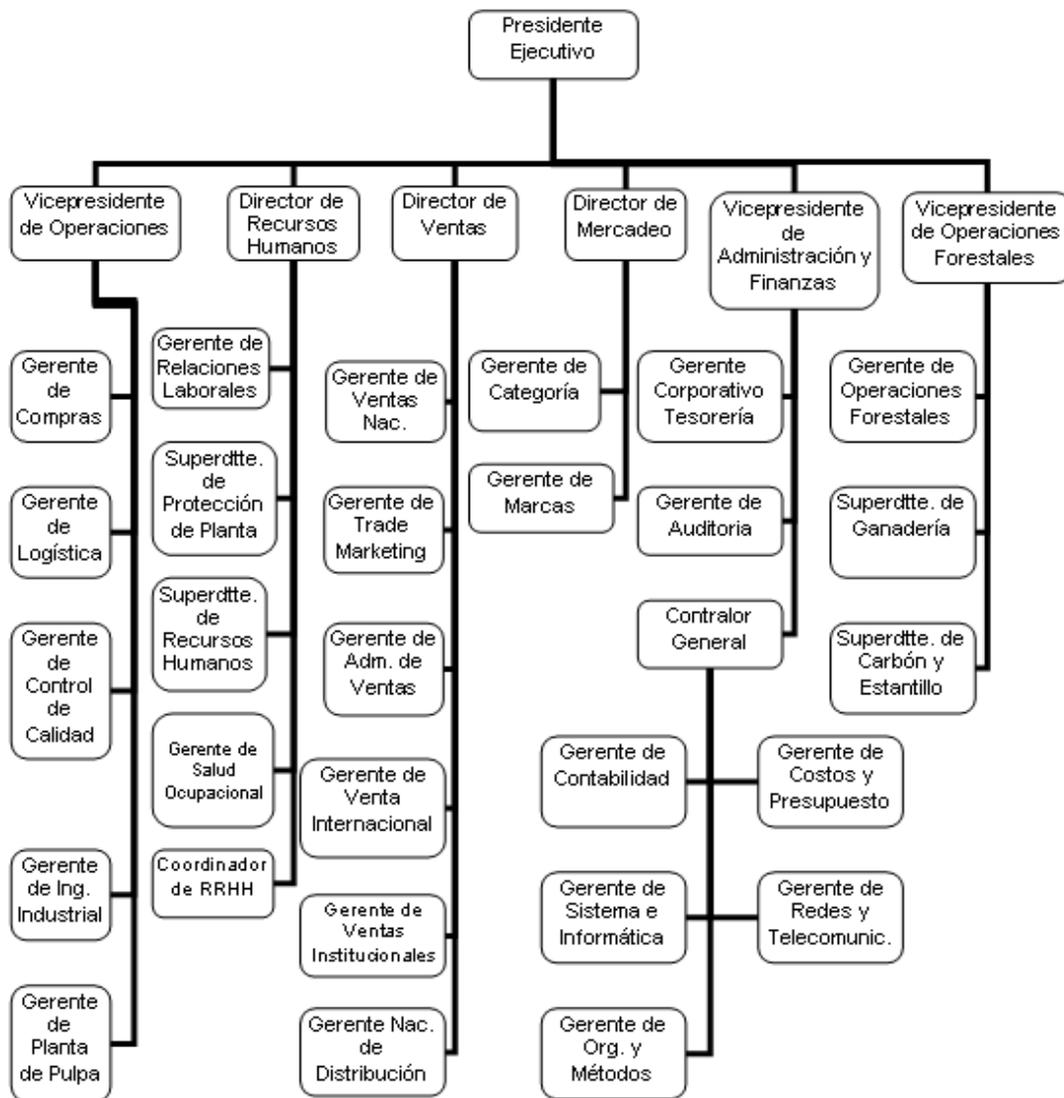
Consolidar nuestro liderazgo a través del Talento humano, capacidades productivas y de comercialización, incursionando en nuevos mercados nacionales e internacionales, mediante la diversificación de productos.

### **1.1.5 Política de calidad**

El compromiso de PAVECA es producir Pulpa Mecánica, Destintada y Papel Higiénico de alta calidad, satisfaciendo las necesidades y requerimientos de los clientes, mejorando continuamente la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad, trabajando en equipo con el personal y proveedores para aumentar los niveles de eficiencia de los procesos y calidad en los productos elaborados.

### **1.1.6 Estructura organizacional**

La empresa PAVECA, cuenta con una estructura organizacional donde se visualiza los niveles jerárquicos dentro de la organización de acuerdo con las actividades y funciones dentro de la misma.



**Figura 1.** Organigrama de la empresa

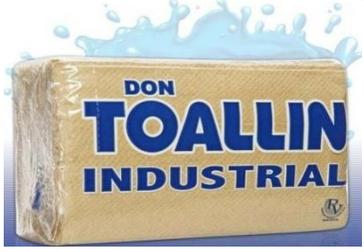
**Fuente:** Papeles Venezolanos, C.A.

### 1.1.7 Productos

**Tabla 1.** Descripción de los productos de la empresa.

Higiénicos	Línea Suave	Características
		<p>Posee 300 hojas dobles blancas.</p> <p>Contiene extracto de Manzanilla y Aloe Vera</p> <p>Presentaciones de 4 y 12 rollos</p>
		<p>Tiene 250 hojas dobles</p> <p>Color blanco.</p> <p>Presentaciones de 1, 4 y 12 rollos.</p>
	<b>Línea Rosal Plus</b>	<b>Características</b>
		<p>Tiene 500 hojas dobles.</p> <p>Presentaciones de 4 y 12 rollos.</p> <p>Color blanco.</p>
		<p>Posee 400 hojas dobles.</p> <p>Color blanco.</p> <p>Presentaciones de 4 y 12 rollos.</p>

		<p>Tiene 300 hojas dobles.</p> <p>Color blanco.</p> <p>Presentaciones de 1, 4 y 12 rollos.</p>
		<p>Posee 215 hojas dobles.</p> <p>Color blanco.</p> <p>Presentaciones de 4 y 12 rollos.</p>
		<p>Posee 300 hojas dobles</p> <p>Color blanco con impresiones.</p> <p>Presentaciones de 4 y 12 rollos.</p>
		<p>Posee 215 hojas dobles.</p> <p>Color rosado.</p> <p>Presentaciones de 4 rollos.</p>
Toallas	Linea Don Toallin	Características
		<p>Rollos de 80 hojas impresas con atractivos diseños.</p> <p>Presentación en paquetes de 2 rollos y de 1 rollo.</p>

		<p>Rollos de 80 hojas blancas.</p> <p>Presentación en paquetes de 2 rollos y de 1 rollo</p>
		<p>Posee 180 hojas individuales.</p> <p>Color blanco.</p>
		<p>Posee 180 hojas individuales.</p> <p>Color natural.</p>
<b>Servilletas</b>	<b>Zeta</b>	<b>Características</b>
		<p>Presentadas en paquetes de 220 Servilletas individuales grandes y de 220 Servilletas individuales pequeñas. Color blanco.</p>
	<b>Household Napkins</b>	
		<p>Servilletas blancas</p> <p>Vienen en paquetes de 150 y de 60 servilletas y una presentación tipo cocktail en paquetes de 150 servilletas.</p>

	<b>Royal</b>	
		<p>Servilletas blancas con decorado en forma de flores.</p> <p>Los paquetes poseen 60 servilletas.</p>
	<b>Royal Buffet</b>	
		<p>Servilletas blancas de lujo con un decorado Premium.</p> <p>Presentadas en paquetes de 50 servilletas.</p>
<b>Faciales</b>	<b>Línea Suave</b>	<b>Características</b>
		<p>Toallas Faciales que te brindan la suavidad que deseas.</p> <p>Contienen 75 pañuelos doble hoja.</p>
		<p>Cómodos y atractivos estuches de 50 pañuelos triple hoja.</p> <p>Especial para llevarlos en el carro</p>
		<p>Pañuelos faciales en un estuche elegante y en diseños súper atractivos. Estuches de 60 Hojas Triples.</p>

		<p>Faciales Suave con prácticos estuches.</p> <p>Vienen en paquetes de 4 estuches de 10 Hojas Triples.</p>
<b>Institucionales</b>	<b>Toallas</b>	<b>Características</b>
		<p>Toalla C-Fold, clase A.</p> <p>Presentación en paquetes de 150 Toallas Dobles.</p>
		<p>Rollo clase B permite el uso de la cantidad de papel requerida por el usuario.</p> <p>Metraje: 180m</p>
		<p>Tipo espiral: permite un mayor ahorro por sus hojas precortadas cada 54 cm.</p> <p>Metraje: 180m</p>
	<b>Higiénicos</b>	<b>Características</b>
		<p>Papel higiénico Jumbo Roll 12'':</p> <p>De Lujo Clase A y Clase B Suave Blanco en Hojas Sencillas o Dobles.</p> <p>Metraje: 500m</p>

		<p>Papel higiénico Jumbo Roll 9”: De Lujo Clase A y Clase B Suave Blanco en Hojas Sencillas o Dobles.</p> <p>Metraje: 250m</p>
<b>Servilletas</b>		<b>Características</b>
		<p>Servilletas Económicas de Mesa.</p> <p>Paquetes de 250 servilletas.</p>
		<p>Servilleta Varifold.</p> <p>Paquetes de 250 servilletas.</p>
		<p>Servilleta Cocktail de lujo personalizada.</p> <p>Paquetes de 125 servilletas.</p>
		<p>Servilleta Sani tsu cuadrada para personalizar.</p> <p>Paquetes de 250 servilletas.</p>

Dispensadores	Características
	<p>Dispensador Higiénico Acero Inoxidable 12" y 9".</p>
	<p>Dispensador Higiénico Plástico 12" y 9" Futura Transparente.</p>
	<p>Dispensador Higiénico Plástico 12" y 9" Texturizado.</p>
	<p>Dispensador Higiénico Plástico 12" y 9"</p>
	<p>Dispensador de Jabón Líquido Metalizado de 900cc</p>

		<p>Dispensador de Jabón Líquido Gris de 900cc</p>
		<p>Dispensador Toalla de Manos C'Fold Dispensación vertical</p>
		<p>Dispensador Toalla Rollo Integral T 850 Dispensación horizontal.</p>
		<p>Dispensador Toalla de Rollo PC Humo Dispensación horizontal.</p>
		<p>Dispensador espiral Toalla Rollo. Dispensación vertical</p>

	<b>Jabón</b>	<b>Características</b>
		Jabón líquido Higienol cosmético  Contenido: 4 Gal
<b>Otros</b>	<b>Espojas</b>	<b>Características</b>
	 <p>Jaspe Fibra Esponja    Jaspe Mini    Jaspe Fibra Esponja 3x2    Jaspe Salva Uñas pequeña</p> <p>Jaspe Salva Uñas grande    Jaspe Ola x 2    Jaspe Pyramide    Jaspe Anatómica x 3</p> <p>Jaspe Paño Multiuso    Jaspe Paño Vegetal    Jaspe Brillo Calzado</p>	<b>Productos Jaspe:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jaspe fibra Esponja</li> <li>▪ Jaspe Mini</li> <li>▪ Jaspe Fibra Esponja 3x2</li> <li>▪ Jaspe Salva Uñas Pequeña</li> <li>▪ Jaspe Salva Uñas Grande</li> <li>▪ Jaspe ola x 2</li> <li>▪ Jaspe Pyramide</li> <li>▪ Jaspe anatómica</li> <li>▪ Jaspe Paño Multiuso</li> <li>▪ Jaspe Paño Vegetal</li> <li>▪ Jaspe Brillo calzado</li> </ul>
	<b>Pañales</b>	<b>Características</b>
		<b>Línea Baby Dreams Plus.</b>  Tallas: P, M, XG, XXG

	<b>Carbon Vegetal</b>	<b>Características</b>
		<p>Carbón Vegetal TORO.</p> <p>Presentaciones: 1.5Kg, 3Kg, 4.5Kg y 10Kg.</p>

**Fuente:** PAVECA y Elaboración propia

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de conversión norte de Paveca, se encuentran ocho líneas de producción de papel higiénico similares entre sí, dispuestas como celdas, en las cuales el proceso se conforma por una serie de maquinarias debidamente ordenadas que dan completa ejecución a la elaboración del paquete de papel higiénico.

Durante el periodo de observación realizado, se evidenció que en el proceso de envoltura, las condiciones de mantenimiento de la máquina, el producto de alimentación (rollos de papel higiénico), el material de empaque (polietileno impreso), cambios operacionales en los diferentes turnos (operadores), así como también la falta de limpieza de las áreas son factores que generan fallas de tipo operacional, mecánicas, eléctricas y electrónicas.

Esta serie de fallas traen como consecuencia una gran cantidad de paradas indeseadas, o producción de paquetes inconformes, siendo los más observados: paquetes con rollos en posición incorrecta, paquetes poco ajustados

y paquetes abiertos, reflejando bajos índices de producción e ineficiencia de la máquina.

Dicha Envolvedora, genera un promedio de 4,96% de tiempo perdido mensual, que representan aproximadamente 2142 min/mes, dejando de producir 154.224 pqte/mes a una velocidad estándar, además de generar altos costos de reproceso debido paquetes inconformes, ya que en este punto el producto ha pasado por todas las etapas del proceso productivo.

Por estas condiciones surge la necesidad de mejorar el desempeño de esta línea de producción, recopilando la información necesaria y haciendo uso de metodologías que permitan solucionar los problemas mencionados.

Partiendo de lo anterior se plantea la incógnita, ¿Cómo se podría mejorar el desempeño de una celda de conversión de higiénicos de Papeles Venezolanos?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer mejoras en el desempeño de una celda de conversión de higiénicos en Papeles Venezolanos C.A.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la celda 1 de higiénicos.
- Analizar la etapa crítica del proceso en estudio.

- Evaluar las causas de los problemas que estén ocasionando el bajo desempeño de la etapa crítica.
- Plantear mejoras a la organización que garanticen un mejor desempeño de la línea de producción.
- Evaluar la factibilidad técnica y económica de las propuestas planteadas.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En el proceso de envoltura se debe tener en cuenta que el producto que se elabora ya tiene todos los costos cargados en esta etapa, cualquier pérdida o retraso en este punto representaría costos muy elevados para la empresa. Además el empaque de un producto representa la presentación final al consumidor, y tomando en cuenta que se trata de productos de higiene personal, el consumidor tendrá en cuenta a la hora de elegir, aquél que tenga un acabado más pulcro y con la menor exposición posible al ambiente. Es aquí donde juega un papel importante la envoltura del producto con respecto a la imagen de la empresa en el mercado.

Las mejoras al proceso de envoltura de los rollos de papel higiénico podrán ser extrapoladas a inconvenientes comunes en otras celdas, ya que existen otras 7 líneas (celdas) de papel higiénico y 12 de otros productos que utilizan básicamente el mismo principio de envoltura y toda mejora en la producción y desempeño de las líneas representa un importante beneficio para la empresa, así como también un mayor grado de satisfacción al cliente.

La investigación y ejecución de este trabajo permitió el conocimiento del proceso de producción de higiénicos, técnicas de ingeniería industrial, así como también la aplicación de metodologías y procesos aprendidos en el transcurso del crecimiento estudiantil.

## **1.5 LIMITACIONES**

El presente proyecto se encontró limitado por el tiempo y horario de estudio, dentro del cual se delimitaron los objetivos establecidos anteriormente. Así como también, se presentaron limitaciones de tipo tecnológica, ya que no todos los dispositivos de medición necesarios se encontraban disponibles en la empresa, y falta o escasa información del personal con respecto al manejo y funcionamiento de la máquina.

## **1.6 ALCANCE**

El presente estudio se realizó en el área de conversión, específicamente celda 1 de higiénicos, enfocado principalmente en la evaluación y diseño de mejoras de la envolvente, con la finalidad de aumentar el desempeño de esta. La implementación de las alternativas de solución propuestas queda a disposición y juicio de la empresa.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

**Cabrera y Villasmil (2008)**, en su trabajo especial de grado titulado: *Propuestas de Mejora para incrementar la Productividad en una Empresa Embotelladora de Bebidas no Carbonatadas* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Escuela de Ingeniería Industrial, basado en la detección de las causas más importantes de cada equipo, mediante la aplicación de Diagramas de Pareto, Diagramas de Ishikawa, AMEF y 5'Ss, con la finalidad de cumplir el objetivo planteado que es incrementar la productividad y mantener un ambiente limpio y organizado. Este trabajo soporta las metodologías aplicadas dando buenos resultados en cuanto a la aplicación de nuevos métodos de trabajo, buen funcionamiento de máquinas, operadores y el ambiente de trabajo.

**Fumero (2001)**, en su trabajo especial de grado titulado: *Desarrollo de un plan de mantenimiento productivo total de una línea de bebida*, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Escuela de Ingeniería Industrial, consistió en el desarrollo de un plan maestro de mantenimiento productivo total, aplicando en ella la metodología del Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF) con el propósito de preservar las instalaciones, maquinarias y equipos en óptimas condiciones de operación. Entre sus principales conclusiones se encuentra que se logro desarrollar el plan maestro TPM centrado en sus actividades fundamentales como lo son las mejoras orientadas, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y la formación y adiestramiento del personal. Este trabajo contribuyó dando tópicos importantes del AMEF, en lo que respecta a la utilización de éste para la preservación y el correcto funcionamiento de las máquinas y equipos.

**Hidalgo (2005)** en su publicación sobre el análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF) expone las principales bondades de este método como un procedimiento de gran utilidad para aumentar la confiabilidad y buscar soluciones a los problemas que puedan presentar los productos y procesos antes de que estos ocurran, así como también una guía detallada de cómo aplicarlo. Establece la gran importancia y el alcance de los beneficios que proporciona el Análisis de Modo y Efectos de Falla Potencial como una herramienta para examinar todas las formas en que un producto o proceso pueda fallar; haciendo además una revisión de las acciones que se deben tomar para minimizar la probabilidad de falla o el efecto de la misma. Dentro de este artículo se hace señalamiento que aunque el AMEF es muy valioso como una técnica de advertencia temprana, la prueba definitiva viene dado por el uso del producto por parte del cliente. Sin embargo la experiencia de campo llega demasiado tarde, y es aquí donde resalta la importancia de que ésta sea precedida por el AMEF para que las empresas puedan simular el uso de sus productos y procesos en el campo de trabajo. Para el desarrollo de la presente investigación este artículo fue de gran utilidad como base teórica que sustente esta metodología, además de proporcionar una guía secuencial de cómo aplicarla en este caso particular.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Cinco Por Qués**

Puga (2012) Define los Cinco Por Qués, como una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Lo anterior, podría resultar en una falla al identificar las causas principales más probables del problema, debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad.

La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

Pasos para su aplicación:

1. Realizar una sesión de lluvia de ideas (normalmente utilizando el modelo del diagrama de causa/efecto).
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”.
3. Continuar preguntando “Por Qué” al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué, para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”. Se debe recordar que el equipo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas.

### **2.2.2 AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas)**

La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de la Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad" y elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la

confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors; este manual proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF.

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, es definido por Hidalgo (2005) como un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.

- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema  
Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

#### Requerimientos Del AMEF

- Para hacer un AMEF se requiere lo siguiente:
- Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
- Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
- Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.
- Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
- Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- Formas de AMEF (en papel o electrónicas) y una lista de consideraciones especiales que se apliquen al producto.

#### Beneficios Del AMEF

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de

reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con sus percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

Por otro lado, el AMEF apoya y refuerza el proceso de diseño ya que:

- Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño.
- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño.
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes.
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas.
- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de leve protección.
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.
- Proporciona un punto de visto fresco en la comprensión de las funciones de un sistema.

## Formato y elementos del AMEF

Para facilitar la documentación del análisis de fallas potenciales y sus consecuencias, la empresa Ford estandarizó un formato para la realización del AMEF; sin embargo, dado que cada empresa representa un caso particular es necesario que éste sea preparado por un equipo multidisciplinario integrado por personal con experiencia en diseño, manufactura, ensamblaje, servicio, calidad y confiabilidad. Es muy importante que, aun cuando se realicen modificaciones, se mantengan los siguientes elementos:

- Encabezado.
- Tipo de AMEF: se debe especificar si el AMEF a realizar es de diseño o de proceso.
- Nombre/Número de Parte o Proceso: Se debe registrar el nombre y número de la parte, ensamble o proceso que se está analizando. Utilice sufijos, cambie letras y/o el número de Reporte de Problema/solicitud de cambio (CR/CR), según corresponda.
- Responsabilidad de Diseño/Manufactura: Anotar el nombre de la operación y planta de manufactura que tiene responsabilidad primaria de la maquinaria, equipo o proceso de ensamble, así como el nombre del área responsable del diseño del componente, ensamble o sistema involucrado.
- Otras Áreas Involucradas: Anotar cualesquier área/departamento u organizaciones afectadas o involucradas en el diseño o función del (los) componente(s), así como otras operaciones manufactureras o plantas involucradas.
- Proveedores y Plantas Afectadas: Enlistare cualquier proveedor o plantas manufactureras involucradas en el diseño o fabricación de los componentes o ensambles que se están analizando.

- Vehículo (S)/Año Modelo (depende de donde se está haciendo): Registra todas las líneas de vehículos que utilizarán la parte/proceso que se está analizando y el año modelo.
- Fecha de Liberación de Ingeniería: Indica el último nivel de Liberación de Ingeniería y fecha para el componente o ensamble involucrado.
- Fecha Clave de Producción: Registrar la fecha de producción apropiada.
- Preparado Por: Indicando el nombre, teléfono, dirección y compañía del ingeniero que prepara el AMEF.
- Fecha del AMEF: Anotar la fecha en que se desarrolló el AMEF original y posteriormente, anotar la fecha de la última revisión del AMEF.
- Descripción/propósito del proceso.
- Anotar una descripción simple del proceso u operación que se está analizando e indicar tan brevemente como sea posible el propósito del proceso u operación que se esté analizando.

Modo de falla potencial.

Se define como la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos de liberación de ingeniería o con requerimiento específicos del proceso. Se hace una lista de cada modo de falla potencial para la operación en particular; para identificar todos los posibles modos de falla, es necesario considerar que estos pueden caer dentro de una de cinco categorías:

- Falla Total.
- Falla Parcial.
- Falla Intermitente.
- Falla Gradual.

- Sobre funcionamiento.

### **Efectos de falla potencial.**

El siguiente paso del proceso de AMEF, luego de definir la función y los modos de falla, es identificar las consecuencias potenciales del modo de falla; ésta actividad debe de realizarse a través de la tormenta de ideas y una vez identificadas estas consecuencias, deben introducirse en el modelo como efectos.

Se debe asumir que los efectos se producen siempre que ocurra el modo de falla.

El procedimiento para Consecuencias Potenciales es aplicado para registrar consecuencias remotas o circunstanciales, a través de la identificación de modos de falla adicionales, el procedimiento es el siguiente:

Se comienza con un modelo de falla (MF-1), y una lista de todas sus consecuencias potenciales. Separar aquellas consecuencias que se asumen como resultado siempre que MF-1 ocurra, éstas se identifican como efectos MF-1

Se escriben modos de falla adicionales para las consecuencias restantes (consecuencias que pudiesen resultar si MF-1 ocurre, dependiendo de las circunstancias bajo las cuales ocurra). Los nuevos modos de falla implican que las consecuencias inusuales ocurrirán al incluir las circunstancias bajo las cuales ocurren.

Separar las consecuencias que se asume resultará siempre que los modos de falla y sus circunstancias especiales ocurran; éstas se deben identificar como efectos de los modos de fallas adicionales.

## Severidad.

El primer paso para el análisis de riesgos es cuantificar la severidad de los efectos, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10 donde 10 es lo más severo.

A continuación se presentarán las tablas con los criterios de evaluación para proceso:

**Tabla 2.** Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de efectos en un proceso AMEF

<b>Efecto</b>	<b>Criterios: Severidad del efecto para AMEF</b>	<b>Fila</b>
<b>Peligroso; sin alarma</b>	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	<b>10</b>
<b>Peligroso; con alarma</b>	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	<b>9</b>
<b>Muy Arriba</b>	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	<b>8</b>
<b>Alto</b>	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	<b>7</b>
<b>Moderado</b>	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable, pero un cierto item(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable	<b>6</b>
<b>Bajo</b>	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos items de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	<b>5</b>
<b>Muy Bajo</b>	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción	<b>4</b>

	puede ser devuelto a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	
<b>De menor importancia</b>	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	<b>3</b>
<b>Muy De menor importancia</b>	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	<b>2</b>
<b>Ninguno</b>	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	<b>1</b>

**Fuente:** Manual del FMEA (AMEF)

### **Características Especiales**

El AIAG (*Automotive Industry Action Group*) define una característica especial del producto como un producto característico para cuál razonablemente anticipó la variación podría afectar perceptiblemente una seguridad o la conformidad del producto con estándares o regulaciones gubernamentales, o es probable afectar perceptiblemente la satisfacción de cliente con un producto. Ford Motor Company divide características especiales en dos categorías: Características críticas y características significativas.

Las características críticas son definidas por Ford como producto o requisitos del proceso que afecten conformidad con la regulación del gobierno o la función segura del producto, y que requieren acciones o controles especiales. En un diseño AMEF, se consideran las características críticas del potencial. Una característica crítica potencial existe para cualquier clasificación de la severidad mayor que o el igual a 9.

En el proceso AMEF, se refieren como características críticas reales. Cualquier característica con una severidad de 9 o 10 que requiera un control especial asegurar la detección es una característica crítica. Los ejemplos del producto o de los requisitos del proceso que podrían ser características críticas

incluyen dimensiones, especificaciones, pruebas, secuencias de ensamblaje, los útiles, los empalmes, los esfuerzos de torsión, las autógenas, las conexiones, y los usos componentes.

Las características significativas requieren controles especiales porque son importantes para la satisfacción de cliente. Los grados de la severidad entre 5 y 8 se juntaron con una ocurrencia que clasificaba mayor de 3 indican características significativas. En un diseño AMEF, son potenciales Características Significativas. En el proceso AMEF, si un control especial se requiere para asegurar la detección entonces una característica significativa real existe. Las compañías no han estandarizado un método para agrupar y denotar características especiales del producto. La nomenclatura y la notación variarán.

### **Causas de fallas potenciales.**

Luego de que los efectos y la severidad han sido listadas, se deben de identificar las causas de los modos de falla.

En el AMEF de diseño, las causas de falla son las deficiencias del diseño que producen un modo de falla. Para el AMEF de proceso, las causas son errores específicos descritos en términos de algo que puede ser corregido o controlado.

### **Ocurrencia.**

Las causas son evaluadas en términos de ocurrencia, ésta se define como la probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida esperada del producto, es decir, representa la remota probabilidad de que el cliente experimente el efecto del modo de falla.

EL valor de la ocurrencia se determina a través de las siguientes tablas, en caso de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato, y si se

desconociera totalmente la probabilidad de falla se debe asumir una ocurrencia igual a 10.

**Tabla 3.** Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un proceso AMEF

<b>Criterios: Probabilidad de la Ocurrencia</b>	<b>Fila</b>
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.	<b>1</b>
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.	<b>2 – 3</b>
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente.	<b>4 – 5</b>
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	<b>6 – 7</b>
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	<b>8 – 9</b>
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	<b>10</b>

**Fuente:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos

### **Controles actuales**

Los controles actuales son descripciones de las medidas que previenen que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla en caso de que ocurran. Los controles de diseño y proceso se agrupan de acuerdo a su propósito:

Tipo 1: Estos controles previenen la causa o el modo de falla de que ocurran, o reduce su ocurrencia.

Tipo 2: Estos controles detectan la causa del modo de falla y guían hacia una acción correctiva.

Tipo 3: Estos controles detectan el modo de falla antes de que el producto llegue al cliente.

## Detección.

La detección es una evaluación de las probabilidades de que los controles del proceso propuestos (listados en la columna anterior) detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga de la localidad de manufactura o ensamble.

No es probable que verificaciones de control de calidad al azar detecten la existencia de un defecto aislado y por tanto no resultarán en un cambio notable del grado de detección. Un control de detección válido es el muestreo hecho con bases estadísticas.

**Tabla 4.** Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en un proceso AMEF.

<b>Detección</b>	<b>Criterios: Probabilidad de la detección por control de proceso</b>	<b>Fila</b>
<b>Casi Imposible</b>	Ninguno de los controles disponibles detectar incidente Modo o causa	<b>10</b>
<b>Muy Alejado</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de fallo	<b>9</b>
<b>Alejado</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de fallo	<b>8</b>
<b>Muy Bajo</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de fallo	<b>7</b>
<b>Bajo</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar Modo o causa de fallo	<b>6</b>
<b>Moderado</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de fallo	<b>5</b>
<b>Moderadamente Alto</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de fallo	<b>4</b>
<b>Alto</b>	Los controles actuales tienen una alta probabilidad de detectar modo o causa de fallo	<b>3</b>
<b>Muy Alto</b>	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	<b>2</b>

<b>Casi Seguro</b>	Controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares.	<b>1</b>
--------------------	---	----------

**Fuente:** Manual del FMEA (AMEF)

## **NPR**

El número de prioridad de riesgo (NPR) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir:

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D}$$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

### **Acción (es) recomendada (s).**

Cuando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse primero a los problemas y puntos de mayor grado e ítems críticos. La intención de cualquier acción recomendada es reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección. Si no se recomienda ninguna acción para una causa específica, se debe indicar así.

Un AMEF de proceso tendrá un valor limitado si no cuenta con acciones correctivas y efectivas. Es la responsabilidad de todas las actividades afectadas el implementar programas de seguimiento efectivos para atender todas las recomendaciones.

Después de haber identificado la acción correctiva, se estima y registra los grados de ocurrencia, severidad y detección finales. Se calcula el NPR resultante, para diagnosticar las mejoras del proceso.

### **2.2.3 METODOLOGÍA 5`S**

Lizarraga (2003) define esta metodología de origen japonés, como “una metodología orientada a desarrollar lugares de trabajo donde ‘se respire’ la calidad”. Las 5`s están sustentadas en principios universales de aplicación práctica, los cuales buscan crear y mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro y agradable que facilite el trabajo diario y permita brindar productos y servicios de calidad.

Las 5 “S” vienen de las iniciales de las palabras japonesas para cada una de las cinco fases que intervienen en el programa.

- SEIRI = ORGANIZACIÓN
- SEITON = ORDEN
- SEISO = LIMPIEZA
- SEIKETSU = CONTROL VISUAL
- SHITSUKE = DISCIPLINA Y HABITO

#### **Fases de la metodología 5's**

Piña (2007) comenta sobre las fases de desarrollo e implementación que utiliza la metodología donde, las tres primeras, Organización, Orden y Limpieza, representan las fases operativas. La fase del Control Visual procura identificar rápidamente situaciones anómalas y por tanto, su propósito es mantener el nivel logrado en las tres fases operativas. La fase de Disciplina y Hábito busca consolidar el nivel alcanzado a través del hábito de mejora en la gestión del entorno de trabajo. Las fases se abordan de forma sucesiva, una tras otra y constituyen un enfoque global e integrado. Es importante mantener el orden y no

abordar una fase mientras no se haya finalizado la implantación de la fase anterior.

## **ORGANIZACIÓN (SEIRI):**

Consiste en separar los materiales necesarios de los materiales innecesarios y deshacerse de estos últimos. Materiales necesarios son los que utilizamos habitualmente y necesitamos tener en el área en cuestión. Las 5'S se aplican a un área determinada y, por tanto, el concepto de organización debe aplicarse a esa área. Cuando hablamos de material necesario nos referimos a necesario en esa área concreta, no a si es necesario en general. Un material puede ser innecesario en una oficina y ser retirado a un archivo. En tal caso, el material es innecesario en la oficina pero es necesario en archivo. Materiales innecesarios son los que no se utilizan con asiduidad en el área objeto de la implantación y no se prevé utilizar tampoco en el futuro.

Hay cuatro tipos de innecesarios:

- Los que es necesario guardar en almacenes o archivos por motivos legales (expedientes, boletines,...) o porque pueden utilizarse puntualmente en el futuro. También pueden aparecer materiales propios de otras áreas que deberemos trasladar a sus lugares correspondientes.
- El material necesario en exceso.
- Los que son dudosos que deben llevarse a un lugar específico que llamamos Zona D (zona de materiales dudosos).
- Aquellos de los que podemos desprendernos, tirar a la basura directamente.

Es importante tener en cuenta que toda la “basura” (material obsoleto, roto, deteriorado, repetido...) es innecesario pero no todo lo innecesario es basura. El

propósito de esta fase es tener en el área todo lo que necesitamos y sólo lo que utilizamos para el trabajo diario en las cantidades adecuadas.

### **ORDEN (SEITON):**

Consiste en ubicar e identificar los materiales necesarios seleccionados en la fase de organización. Ubicar e Identificar significa que el material tenga un lugar donde debe guardarse y un distintivo, de manera que para cualquier persona de la Organización sea fácil y rápido encontrarlo y reponerlo después de ser utilizado. Se debe asignar un lugar racional de almacenamiento a los materiales necesarios que tenemos. Así mismo, los espacios deben estar claramente identificados, es decir, deben “reconocerse” los materiales y áreas existentes.

El propósito de esta fase es que cada cosa esté identificada y en su sitio y haya un sólo sitio para cada cosa.

### **LIMPIEZA (SEISO):**

Consiste en eliminar todas las fuentes de suciedad y reparar los deterioros. Fuentes de suciedad son todas aquellas que pueden impedir o dificultar que los medios de que disponemos estén en el mejor estado de uso y funcionamiento. Hay dos tipos de suciedad:

- La suciedad que se origina, ocasionalmente, en un momento o lugar determinado.
- La suciedad que se genera a partir de medios o máquinas deteriorados.

La limpieza procura eliminar las fuentes de suciedad y sustituir / reparar los materiales deteriorados. El propósito de esta fase es mantener limpio el área de trabajo y todos los materiales en perfecto estado de uso, haciendo visible cualquier anomalía.

## **CONTROL VISUAL (SEIKETSU):**

Consiste en establecer sistemas visuales que permitan gestionar fácilmente el nivel alcanzado de organización, orden y limpieza. Situación anómala es la que no se corresponde con lo planificado y decidido. Las situaciones anómalas se deben hacer notar a nuestra vista rápidamente. Para el control visual se utilizan técnicas sencillas de gestión visual (señales, colores, símbolos, formas de ordenar materiales, etc.). De esta forma las situaciones anómalas (materiales desubicados, no identificados o desordenados, almacenamiento por encima de máximos o bajo mínimos, desconocimiento de la persona que llevó un documento que falta, suciedades o reparaciones no subsanadas...) no pasan desapercibidas y “saltan a la vista” claramente.

El propósito de esta fase es poder visualizar rápida y claramente las situaciones anómalas.

## **DISCIPLINA Y HÁBITO (SHITSUKE):**

Consiste en actuar en todo momento conforme con las normas establecidas. Normas establecidas son todos aquellos procedimientos y criterios de actuación fijados en ésta y en las fases anteriores.

La disciplina y hábito no es una fase de “implantación” propiamente dicha ya que incluye el seguimiento, evaluación y mejora del nivel alcanzado. Esta fase da lugar a procedimientos y criterios de trabajo permanentes y que afectan a todas las personas que trabajan en el área.

En este sentido tiene una continuidad. Periódicamente, se deben realizar evaluaciones para identificar las desviaciones o problemas habidos e identificar las mejoras que haya que introducir en el sistema. Estas mejoras deben ser puestas

en marcha. Los resultados de las evaluaciones periódicas se recogen en un panel de seguimiento que permite visualizar el progreso.

El propósito de esta fase es definir, implantar y evaluar los procedimientos de trabajo acordados y evidenciar áreas de mejora con el fin de mantener y mejorar continuamente la organización, orden y limpieza del entorno de trabajo.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Eficiencia:** La palabra eficiencia proviene del latín *efficientia* que en español quiere decir: acción, fuerza, producción. Se refiere al uso racional de los medios para alcanzar un objetivo predeterminado (es decir, cumplir un objetivo con el mínimo de recursos disponibles y tiempo).

**Desempeño:** se define como la habilidad en la realización de una actividad.

La **eficacia** “está relacionada con el logro de los objetivos/ resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado” ( Da Silva, 2002, p.20).

**Diagrama de Pareto**, también llamado curva 80-20 o Distribución C-A-B, el diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves.

**Diagrama Causa-Efecto** es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943),

ó diagrama de Espina de Pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

**Lean manufacturing:** ('producción ajustada', 'manufactura esbelta' o 'producción esbelta') es una filosofía de gestión enfocada a la creación de flujo, para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios, es decir ajustados

**Productividad:** puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En toda investigación científica es necesario que, tanto el evento estudiado, su proceso, sus características, factores incidentes, como los resultados que arroje sigan lineamientos que lo hagan confiable, objetivo y válido, y de esta manera arraigar los nuevos conocimientos de manera más estructurada y coherente.

El marco metodológico de la presente investigación, donde se proponen mejoras que permitan aumentar el desempeño de producción de la celda 1, da detalle del conjunto de métodos y técnicas para la recolección, presentación, análisis e interpretación de los datos obtenidos de la celda de 1 higiénicos, y así proporcionar mejoras significativas para la máquina y el proceso.

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN O ESTUDIO**

El tipo de estudio fue seleccionado de acuerdo al nivel de conocimiento que se requería en la investigación, el cual permitió identificar la información pertinente y soportar las bases del contenido. En la presente investigación se seleccionó el proyecto factible, el cual comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación de las propuestas; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución: análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del proyecto (UPEL, 2006), definición que se adecúa a esta investigación, ya que se plantean propuestas factibles para solucionar el problema planteado.

Al tener establecidas las bases teóricas de la investigación, se garantizó un estudio exploratorio el cual se asienta a través de los objetivos planteados anteriormente, sirviendo de base para la realización de nuevas investigaciones de otros autores.

### **3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

“El método científico se puede definir como un procedimiento riguroso formulado de una manera lógica para lograr la adquisición, organización o sistematización y expresión o exposición de conocimientos , tanto en su aspecto teórico como en su fase experimental” (De la Torre y Navarro, 1981, p. 3) con respecto a lo anterior el método seguido en la investigación debió ser muy preciso debido que a través del mismo se organizaron las etapas o procedimientos que permitieron explicar las respuestas a los problemas de la investigación.

Al tener un estudio de tipo proyecto factible, basado en los objetivos planteados, se utilizó la Investigación de Campo que según (UPEL, 2006) define como:

El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. (p. 18).

Los datos estudiados fueron recopilados del lugar específico de estudio por los autores, aunque también se obtuvieron datos de tipo bibliográficos, registros originales de la organización y de la aplicación de modelos y metodologías ya existentes.

También se utilizó el Método de Análisis el cual permitió conocer la situación real en la cual se encontraba el problema, este conocimiento se dio mediante la identificación de todas las partes que conforman la investigación. Según normas para seguir un método científico, un hecho no se puede validar si este, no es conocido en su totalidad.

Méndez (2001) “el análisis inicia su proceso de conocimiento por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad; de este modo podrá establecer las relaciones causa-efecto entre los elementos que componen su objeto de investigación” (p. 146).

### **3.3 TÉCNICAS Y FUENTES PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Las fuentes son instrumentos que le permiten al investigador la recolección de la información y las técnicas son los medios utilizados para recolectar dicha información.

Se utilizaron las fuentes secundarias, ya que suministran información básica como son trabajos de grados, diccionarios, textos, manuales, entre otros.

También las fuentes primarias ya que este es el tipo de información que recolecta el investigador de manera oral o escrita directamente desde el sitio de estudio. Se utilizaron técnicas como la observación directa, entrevistas y sondeos.

### **3.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Identifica los procesos para la codificación de la información así como el ordenamiento de la misma.

La información tabulada se representó mediante la utilización de tablas, gráficos y diagramas, haciendo uso de técnicas de análisis matemático y procedimientos estadísticos.

### **3.5 FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de la investigación se debieron efectuar 4 fases, las cuales garantizaron el cumplimiento de los objetivos establecidos anteriormente.

#### **3.5.1 Fase I: Diagnosticar la situación actual de la celda 1 de higiénicos**

Se inició conociendo el proceso productivo de la empresa, realizando un recorrido en planta, analizando el área a estudiar, (celda 1), mediante la recopilación de información preliminar mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas al personal y registros históricos proporcionados por la empresa.

Se detectaron los principales problemas que afectaban a la línea, tiempos perdidos, así como productos fuera de especificaciones mediante muestreos de trabajo e información dotada por la empresa, luego se jerarquizó la criticidad de las etapas de la línea mediante diagramas de Pareto que reflejen el área con mayor tiempo perdido y por último se seleccionó el área crítica

#### **3.5.2 Fase II: Analizar la etapa crítica del proceso y evaluar las causas de los problemas que estén ocasionando el bajo desempeño.**

Luego de detectar que la situación crítica se encontraba en la Envolvedora se realizó un estudio exhaustivo del manual de funcionamiento y partes de dicha máquina, se identificaron las causas de las fallas que ocasiona a lo largo de la línea, así como sus respectivas respuestas. Se estudió el desempeño de la máquina, y el grupo o personal encargado de su manejo.

Se estudió el material e insumos que alimentan a la máquina (rollos de papel higiénico y polietileno impreso), para entender como las diferentes variaciones que estos presentan afectan al desempeño de la envolvedora. Adicionalmente se realizó una comparación con el funcionamiento de maquinas similares dispuestas en otras líneas.

Se analizaron los agentes, tanto internos como externos, que afectan el proceso de envoltura (limpieza, temperatura y mantenimiento), mediante la herramienta de los 5¿por qué? para determinar las causas que influyen en el mal desempeño de la máquina.

Para concretar esta fase de estudio se realizó un estudio de las fallas mecánicas de mayor incidencia en la máquina mediante un AMEF de proceso en la envolvedora.

### **3.5.3 Fase III: Desarrollo de propuestas de mejora**

La finalidad de esta fase fue proponer soluciones viables, recolectando información sobre cotizaciones de los equipos, herramientas y/o recursos necesarios, que permitan disminuir o erradicar los problemas presentes en la envolvedora, comprobando la necesidad de su implementación en el estudio expresado de manera lógica a través del desarrollo de los objetivos propuestos.

### **3.5.4 Fase IV: Evaluación de las propuestas planteadas**

Finalmente se estimó el costo de implementación de las propuestas generadas y se compararon los beneficios económicos que representarán para la empresa, determinando así cuál de ellas es la más conveniente.

## **CAPÍTULO IV**

### **SITUACIÓN ACTUAL**

La situación actual comprende una descripción del proceso de producción de la planta, para dar una idea de todos los procesos que conforman la elaboración del producto y su complejidad; así como la descripción del proceso del área de estudio (celda 1 de higiénicos). Analiza el grado de participación de las máquinas que comprenden la celda, con respecto al tiempo perdido, lo cual se traduce como improductividad, y a partir de esto se discrimina las de menor participación, dando cabida al estudio y análisis del área resultante como crítica.

Se describirán los componentes del área crítica, como son los equipos y sus partes, y su respectiva función, y los materiales y herramientas utilizados durante este proceso.

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

El proceso de producción de papel higiénico, es un proceso largo y complejo, para su elaboración lo conforman varios sub procesos que serán explicados a continuación.

##### **Planta Pulpa**

En 1990 se inauguró en Guacara la moderna planta de pulpa con una capacidad de 35.000 toneladas anuales de pulpa BCTMP (*Bleached Chemical and Thermo-Mechanic Pulp*).

En este método de producción, los troncos se cortan en astillas. Las astillas son lavadas para eliminar cualquier resto de arena o polvo que pudiera desgastar o desgarrar la maquinaria. Seguidamente, las astillas se calientan mediante vapor para ablandarlas y son introducidas con agua a presión en el refinador. El refinador consta de dos discos de contrarrotación, ambos con canales radiales desde el centro hasta el borde exterior. Los mencionados canales van

estrechándose conforme se aproximan al borde del disco. Las astillas reblandecidas son introducidas entonces por el centro y, gracias a la acción de los discos, se separan en fibras individuales al alcanzar el borde exterior de éstos. Las fibras no desprendidas completamente se desechan en la etapa de cribado, enviándose al refinador de desechos para su posterior tratamiento.

La pasta presenta un aspecto algo parduzco por lo que el blanqueo es un requisito esencial para la obtención de una alta calidad.

Aunque el gas de cloro y el dióxido de cloro son extremadamente eficaces en el blanqueo de fibras de madera, las consideraciones ambientales han llevado a la eliminación gradual de dichas sustancias químicas en el proceso de blanqueo. Las sustancias químicas utilizadas actualmente para el blanqueo son: oxígeno ( $O_2$ ), ozono ( $O_3$ ) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).

Todos los residuos resultantes del uso de estos compuestos pueden tratarse con mayor facilidad en la estación de tratamiento de efluentes y el vertido final en el agua no supone efecto perjudicial alguno para la vida acuática.

### **Planta Destintado**

PAVECA decidió construir una Planta de Destintado con la finalidad de producir pasta blanqueada y semi-blanqueada, reemplazando en parte, la pulpa química importada, la cual resulta muy costosa. Destintado comienza sus operaciones a mediados del mes de junio de 2000, con una tecnología avanzada. Esta nueva Planta tiene un consumo diario de 140 toneladas, donde la producción diaria es aproximada de 100 toneladas.

La primera etapa de producción combina una cantidad determinada de diarios, revistas y pacas de papel de oficina, una solución de jabón de ácido graso y un gran volumen de agua caliente, que se hace rotar dentro de un tanque para la elaboración de una solución. Con esta acción se desprenden las fibras y se deshace la unión entre tinta y fibras. Por otra parte, en esta fase se genera la

mayor cantidad de material “pesado” no deseado, entre los que se incluyen grapas, envoltorios plásticos y demás elementos extraños.

La pasta se limpia ahora en un proceso de lavado de múltiples etapas que extrae sistemáticamente más del 99% de la tinta adherida a las fibras. El jabón de ácido graso se agrega en un recipiente de gran tamaño con agua caliente y la pasta “sucia”. El jabón desprende la tinta de las fibras. Se aplica aire comprimido que va desde el fondo del recipiente hasta la superficie, lo que genera burbujas de jabón que atraen las partículas de tinta liberadas. Estas burbujas con tinta adherida ascienden hasta la superficie del agua para formar una espuma sucia, que se elimina con el agua residual. El procedimiento se repite con múltiples tanques hasta depurar por completo la pasta. Puede requerirse cierto blanqueo de la pasta para estabilizar su blancura hasta un nivel uniforme y constante.

Para mantener un inventario adecuado de pulpa y al mismo tiempo permitir a la planta realizar paradas de mantenimiento general, etc. es necesario producir pulpa en pacas, la cual es más fácil almacenar y ser manejada por el personal de los molinos como sea requerido.

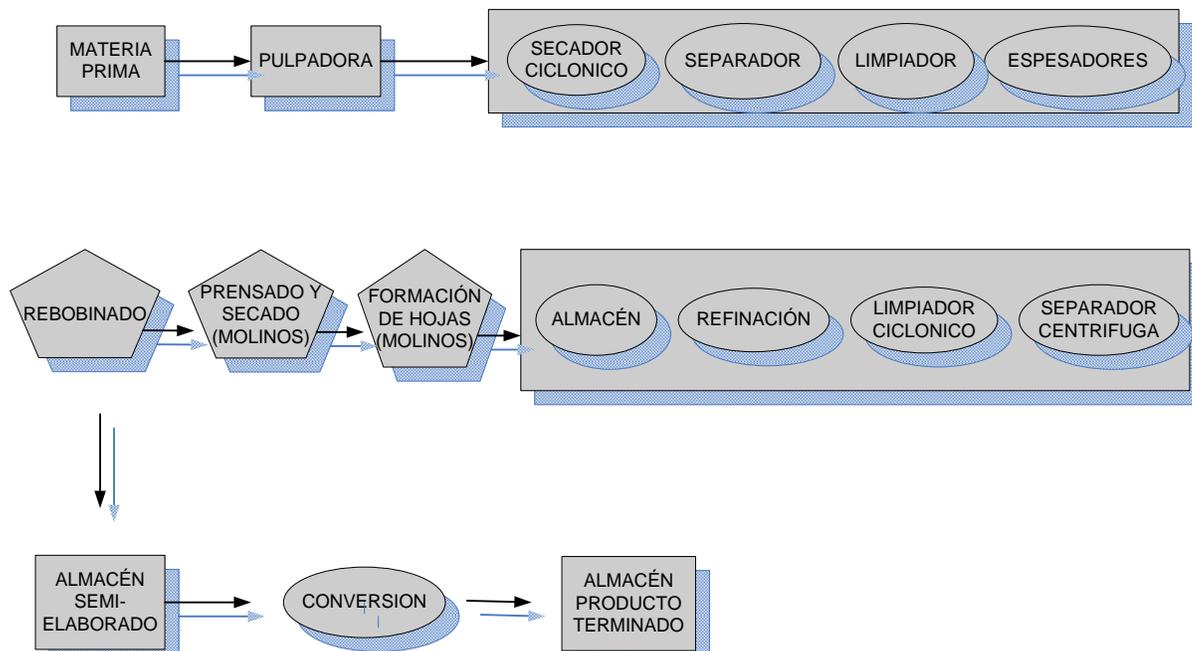
## **Molinos**

Para fabricar el papel se combinan distintos tipos de pulpas húmedas mezcladas con sustancias de relleno (carbonato de calcio, caolín, dióxido de titanio, etc.) y con otros aditivos (colofonia, sulfato de aluminio, tinturas), todo lo cual se extiende uniformemente sobre una tela y es presionada para filtrar el agua hasta llegar hasta llegar al cilindro de vapor, denominado Yankee, que termina de eliminar el agua de dicha pasta.

Esto concluye el proceso de fabricación de papel, para así quedar almacenado en grandes bobinas como producto semielaborado. Luego, estas bobinas deben pasar al área de conversión, el cual transforma al papel en producto terminado según sus diferentes presentaciones.

## Conversión

En esta parte del proceso se reciben las diferentes bobinas de papel semielaborado para realizar los múltiples productos que produce la empresa, con sus respectivas características (dimensiones, consistencia, presentación etc.) Entre los cuales se encuentran: higiénicos, servilletas, toallas absorbentes e institucionales.



**Figura 2.** Diagrama de Procesos

**Fuente:** Papeles Venezolanos, C.A.

En el área de conversión norte de Paveca, área de producción que sustenta esta investigación, se encuentran ocho líneas de producción de papel higiénico, dispuestas como celdas, en las cuales el proceso inicia cuando dos bobinas de papel semielaborado son desenrolladas por el backstand mediante un sistema de correas y ejes que trasladan el papel hasta unos rodillos guías o ejes llamadores que lo llevan al sistema de embossing, el cual se encarga de realizarle un

troquelado al papel. Este troquelado permite la unión de dos láminas de papel, además de darle un poco más de textura, y por ende, mas absorbencia.

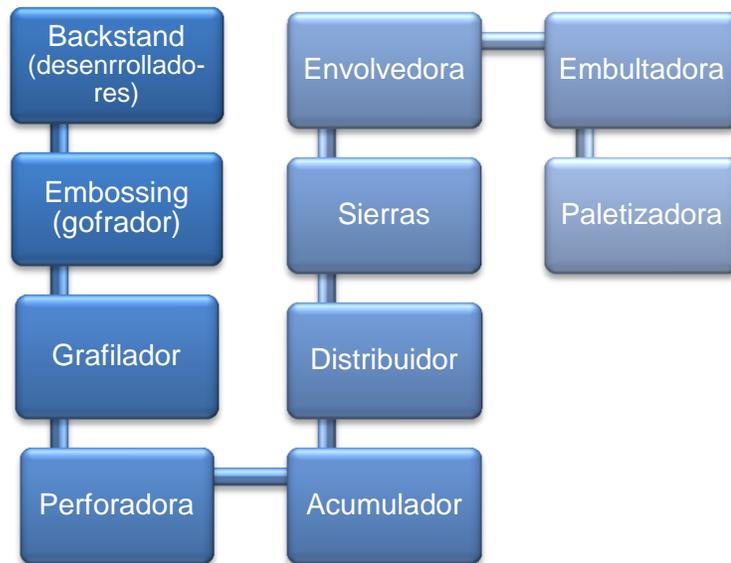
Luego el papel es llevado al grafilador que ejerce una presión en el papel como guías para el corte, con la finalidad de que una vez cortado en las distintas secciones, no se separen las hojas. Seguidamente se llevan a la perforadora que realiza el premarcado de corte de cada hoja que se aprecia en el producto final. A continuación se embobina la cantidad de papel correspondiente a la presentación manufacturada en tubos de cartón (Core) de la misma longitud de la bobina (aproximadamente 165 centímetros), hasta obtener el diámetro o número de hojas específico según sea el producto.

Estos rollos (Log) pasan a un acumulador, que es el que permite que hayan diferencias de tiempo o paradas entre los procesos sin que ocurra discontinuidad. Luego se llevan a un distribuidor, que los traslada a una sierra circular, la cual se encarga de cortar el producto a la altura adecuada según sea la presentación.

Al salir de la sierra se desplazan por medio de bandas transportadoras a la envolvente, capaz de envolver dichos rollos en las conocidas presentaciones de 4 ó 12 rollos. Luego, los paquetes de producto terminado pasan al proceso de embultado para su fácil distribución y entrega, el cual consiste en agrupar 12 paquetes (esto haciendo referencia a la presentación de 4 rollos) para formar un bulto.

Por último pasan a ser paletizados de manera automatizada, para lograr una paleta de 55 ó 60 bultos, según sea su presentación Rosal Azul ó Suave Premium respectivamente.

Cada una de estas líneas tiene a su disposición tres operadores encargados del manejo, operatividad y puesta en marcha.



**Figura 3.** Diagrama de Bloque de celdas Higiénicas

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2 Detección del Área Crítica

Para determinar cuál de los procesos que conforman la elaboración del papel higiénico en la celda 1 de conversión tiene el papel protagónico en la improductividad de ésta, se hizo uso de la data de tiempo perdido recopilada por la empresa. El tiempo perdido estudiado representa el tiempo que cualquier máquina que conforma la línea hace que esta se detenga o que detenga a la perforadora, ya que en esta máquina la empresa colocó el dispositivo que registra las paradas, esto con el fin de que ella regule el ritmo de producción de la línea, puesto que es la máquina más costosa del proceso y no se desea que ella funcione a una capacidad reducida, rigiéndose por una máquina de menor coste.

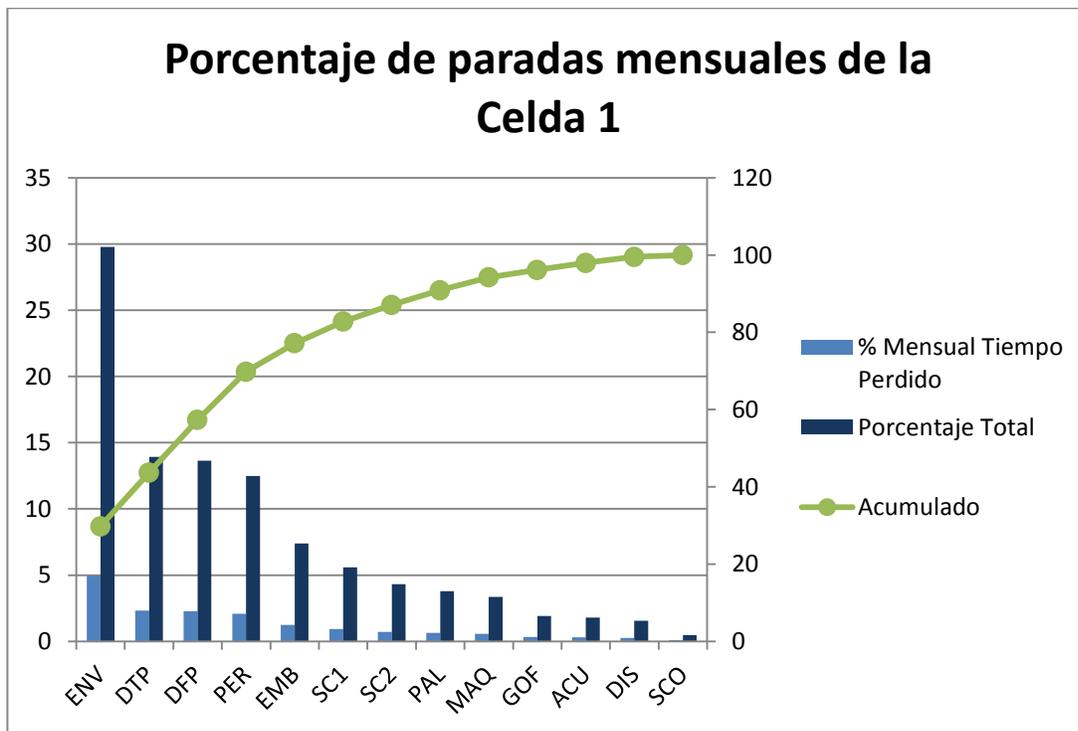
A continuación se presentan los porcentajes promedio de tiempo perdido en un mes de cada máquina que conforma celda 1 de conversión, promediado de la

data recolectada por los programas de la empresa durante los meses de estudio, noviembre, diciembre y enero.

**Tabla 5.** Equipos componentes de la celda 1 de Conversión y sus respectivos Códigos

Equipo	Código
Perforadora	PER
Envolvedora	ENV
Desenrollador posterior	DTP
Desenrollador frontal	DFP
Embultadora	EMB
Sierra Corte 1	SC1
Gofrador	GOF
Sierra Corte 2	SC2
Máquina de Core	MAQ
Paletizador	PAL
Acumulador	ACU
Distribuidor	DIS
Sella Cola	SCO

Fuente: Dpto. de Ingeniería Industrial PAVECA



**Figura 4.** Diagrama de Pareto de las paradas de la celda 1.

Fuente: Elaboración propia y PAVECA.

Observando el diagrama de Pareto se detecta que el equipo con mayor porcentaje de participación en las paradas de la línea de producción es la envolvedora. Los otros equipos con valores significativos contribuyentes a las paradas de la línea son los desenrolladores, frontal y posterior, y la perforadora.

Se determina como área crítica y proclive a mejoras la envolvedora, ya que los valores arrojados por los desenrolladores y la perforadora están asociados a tiempos de puesta a punto del cambio de bobinas de papel, que ha sido previamente estudiado por la empresa y ya se encuentra en su duración óptima para la realización para dicho proceso (se ha planteado aumentar el diámetro de las bobinas de papel para que este proceso de cambio se haga con menos frecuencia y actualmente está en estudio).

### **4.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA CRÍTICA**

El área crítica del proceso en estudio, se encuentra ubicada dentro de la celda 1 de conversión conocida como el proceso de Envoltura. Esta etapa consiste en que una vez cortados los rollos de papel provenientes de las sierras, pasan a través de bandas de transporte que los llevarán al sistema de envoltura, mediante unos canales de distribución que agrupa los rollos según la cantidad a envolver.

Esta es una de las partes más importantes de este proceso debido a que en la envolvedora se obtienen los productos terminados, y por lo tanto es el momento donde adquiere mayor valor por poseer todos los costos asociados.

Es importante conocer las partes de la Envolvedora, los materiales e insumos utilizados, herramientas y documentación utilizada.

### 4.3.1 Datos Técnicos

Marca: T.M.C. S.p.A

Tipo: QUALYWRAP 1800 FX

N° de Serie: QA126

Año de fabricación: 2001

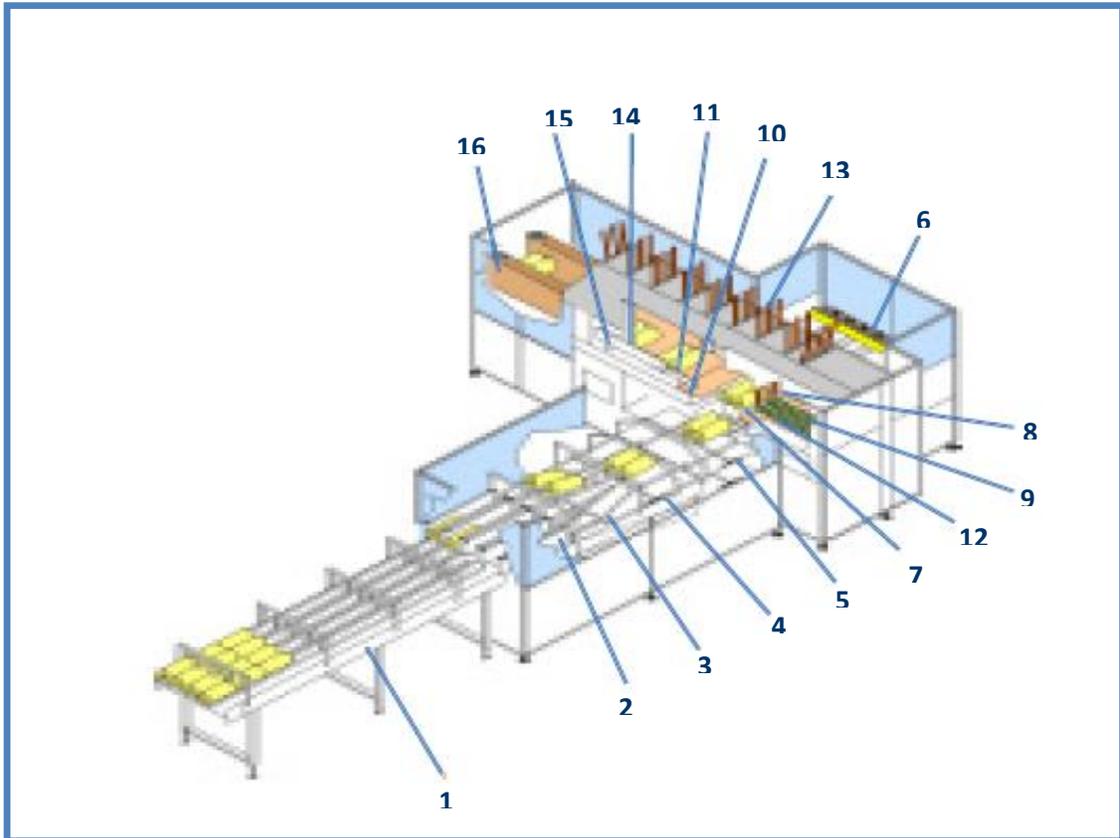
**Tabla 6.** Características generales de la Envolvedora

<b>Características Generales</b>	
Alimentación:	Automática de 2/3/4 filas
Funcionamiento:	Electromecánico/neumático
Gestión:	Electrónica
Operadores requeridos:	1
Velocidad máxima mecánica:	170 golpes/minutos
Medidas de los rollos de papel higiénico:	Ø90 ÷ 135mm – long 90 ÷ 115
Tolerancia de las medidas de los rollos:	+/- 2,5mm (diam). +/- 1mm (long)
Medidas del paquete:	Anchura: 90 ÷ 580mm. Longitud: 180 ÷ 560mm. Altura: 90 ÷ 300mm.
Material de embalaje:	Polietileno y polietileno soldable al calor
Peso total de la máquina:	10700 kg
Presión de funcionamiento normal:	5 ÷ 6 bar
Consumo de aire:	350 nl/min
Potencia instalada:	80 Kva
Tensión de la alimentación:	3 x 400 V – 50 Hz + Tierra
Variación de la alimentación:	+/- 5 %
Frecuencia:	50 Hz

**Fuente:** Manual Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX

### 4.3.2 Máquina y sus Partes.

Área estudiada: **Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX CELDA 1**



**Figura 5.** Envolvedora Qualywrap 1800 fx celda 1  
**Fuente:** Manual Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX

**Leyenda:**

1. Cinta de alimentación modular.
2. Dosificadores.
3. Barras de arrastre simple.
4. Estratificador.
5. Barras de arrastre doble.
6. Desbobinador.
7. Elevador.
8. Tolva.
9. Plegador inferior.
10. Contraplegador inferior.
11. Plegadores de cabeza.
12. Contraplegadores de cabeza.
13. Arrastre de salida.
14. Plegadores soplantes.
15. Soldador inferior.
16. Correas soldadoras.

**4.3.3 Descripción del Funcionamiento.**

Esta máquina se puede dividir en tres grupos:

#### **4.3.3.1 Grupo Desenrollamiento.**

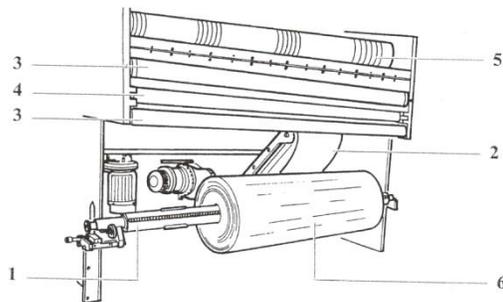
Conformado por:

##### **Desenrolladora de bobina**

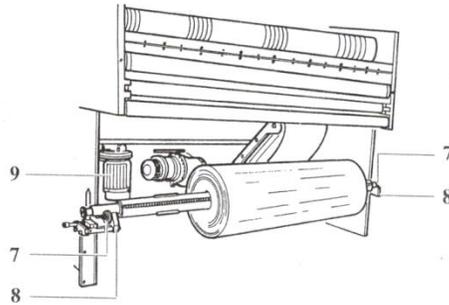
Este grupo tiene la función de tener y conseguir un correcto desenrollamiento del material de embalaje, está formado por las siguientes partes:

- Eje portabobina neumática 1.
- Cinta desenrolladora bobina 2.
- Rodillos vacios 3.
- Rodillos móvil 4.
- Rodillos desenrolladores 5.

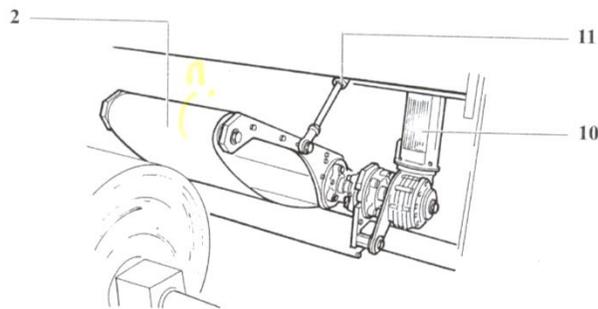
La bobina del material de embalaje 6 está fijada al eje porta bobina 1. El material de embalaje se desenrolla por efecto de la cinta de desenrollamiento 2 y de los rodillos desenrolladores 5, el rodillo móvil 4, es accionado por un cilindro, controlando que el material de embalaje este siempre tenso en el desbobinado.



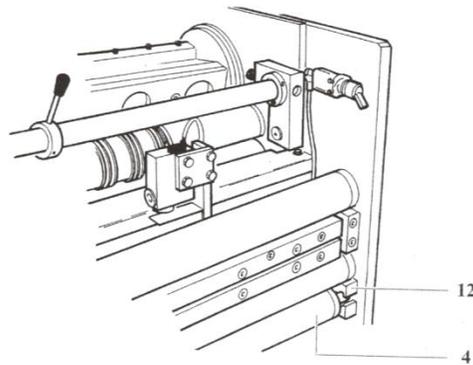
El eje porta bobina esta sobre los cojinetes 7 de los brazos 8. Este motor 9, permite que la bobina suba durante el desenrollamiento y que baje para el cambio de bobina.



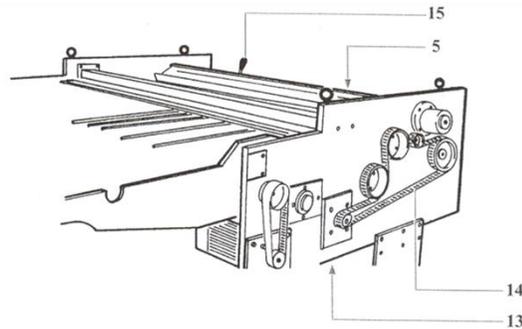
La cinta del desenrolladora 2, toma movimiento por el motorreductor 10, mientras el cilindro 11 garantiza una buena adherencia de la cinta sobre la bobina.



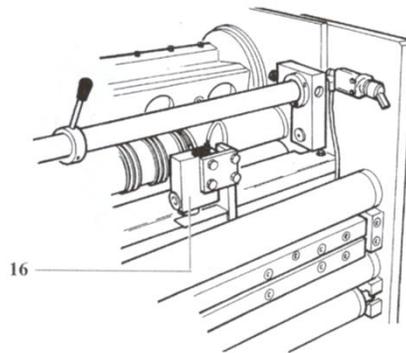
El rodillo móvil tiene la función de tener bajo tensión el material de embalaje durante el desbobinado, éste es corregido por los rodillos desbobinadores, que son accionados por un cilindro que corre sobre una cremallera 12.



Los rodillos desenrolladores 5, son accionados por un servomotor 13, a través de una correa 14. Los rodillos superiores comprimen el material de embalaje sobre el rodillo inferior, que puede ser levantado por una palanca 15, para colocar el material de embalaje.



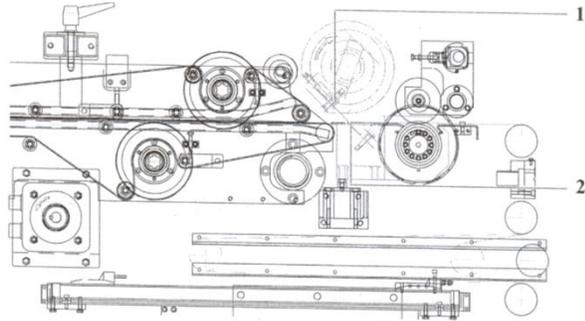
La fotocelda 16 (de lectura de muesca) lee la posición de la impresión sobre el material de embalaje y lleva una señalización a la motorización de los rodillos desenrolladores, así podrán aminorar o acelerar la velocidad para mantener centrada la impresión y mantener la posición de corte.



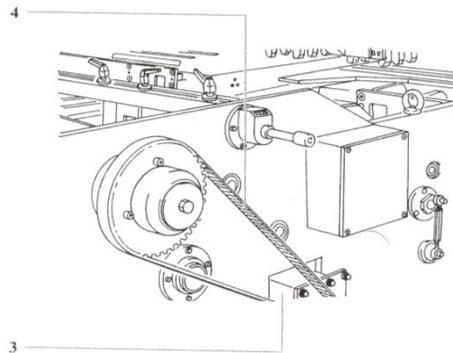
### **Corte de material de embalaje**

Este grupo tiene la función de cortar el trozo de material de embalaje que sirve para la envoltura.

La cuchilla giratoria 1 y la cuchilla 2 realizan una incisión en el material de embalaje sin cortarlo, porque en la fase siguiente se separara por las correas de transporte.



La cuchilla giratoria esta accionada por el servomotor 3, y a su vez por la correa 4.



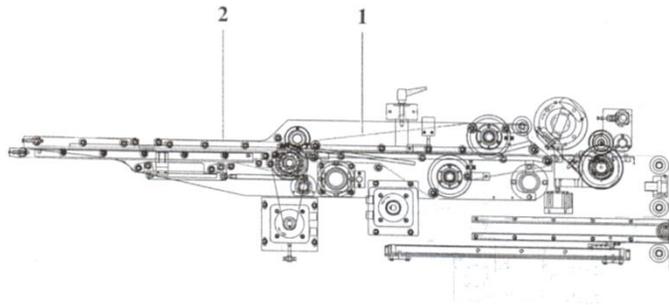
### Transporte de material de embalaje.

Tiene la función de cortar el trozo del material de embalaje que antes había sido inciso por las cuchillas, y de llevarlo a la zona del elevador.

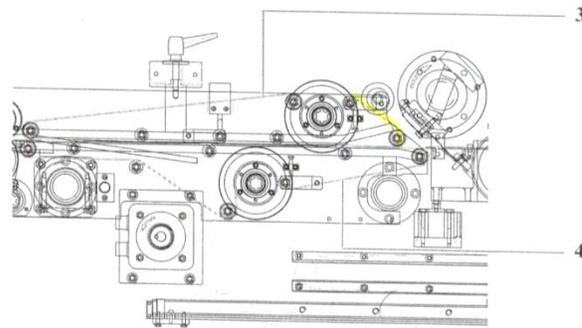
Consta de dos secciones:

- Sección lenta 1.
- Sección rápida 2.

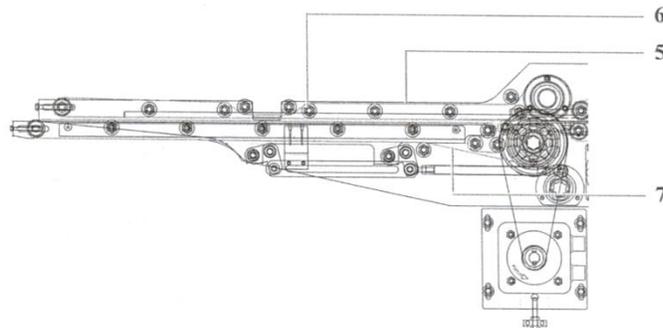
La sección lenta mantiene el material de embalaje tensado durante la incisión, para luego ser entregado a la sección rápida.



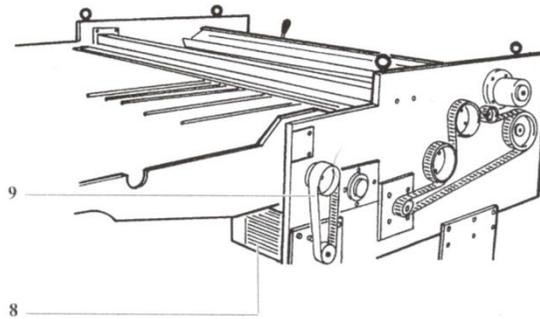
Esta área está formada por correas superiores 3, y correas inferiores 4.



El material de embalaje es separado por la sección lenta y entregado a la sección rápida, aumentando la velocidad y llevándolo sobre el elevador. Esta sección está formada por las correas superiores 5, que aprietan a los rodillos vacíos 6 por las correas inferiores 7, permitiendo al material de embalaje quitarse durante la elevación de los rollos.



Las correas toman el movimiento del servomotor 8, a través de la correa 9.



#### 4.3.3.2 Grupo Cuerpo de la máquina.

Conformado por:

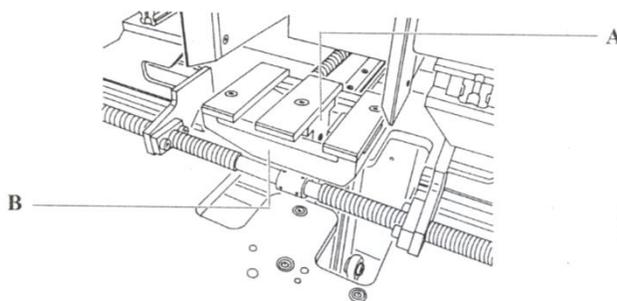
##### **Elevadores**

Tienen la función de levantar los rollos que llegan del arrastre de las barras dobles y al mismo tiempo de doblar la hoja de embalaje en forma de “U”.

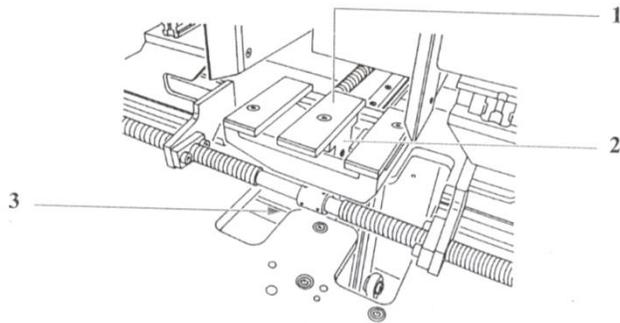
Los elevadores son dos e independientes entre ellos.

**A:** Primer elevador.

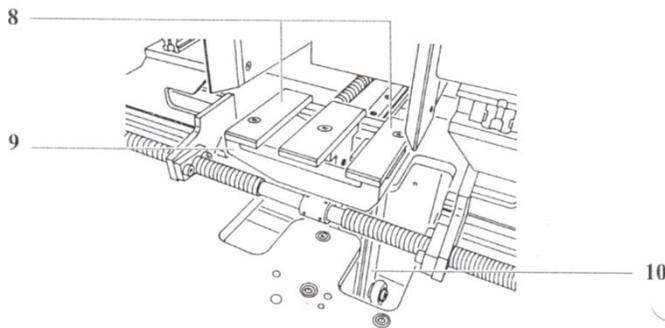
**B:** Segundo elevador.



**A** “Primer elevador”. Está formado por los platillos 1 y dotados con el soporte 2, a su vez fijado a una guía lineal 3.

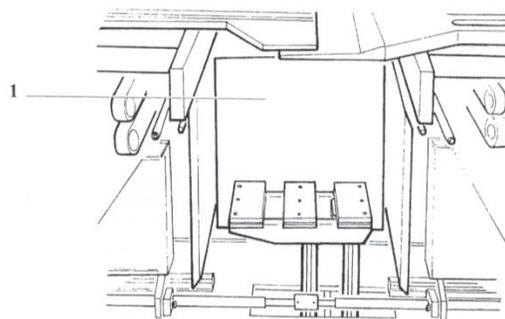


**B “Segundo elevador”.** Está formado por los platillos 8 y dotados con el soporte 9, a su vez fijado a una guía lineal 10.



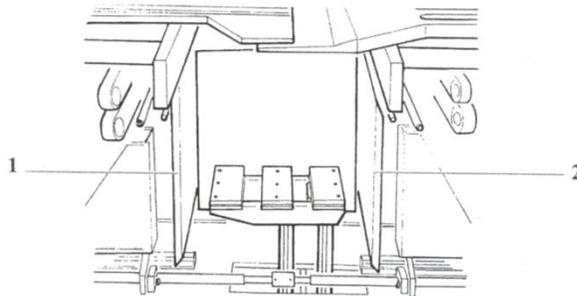
**Parada de fondo**

Los rollos que llegan de las barras dobles, llegan a los platos de los elevadores y se detienen contra la pared de fondo 1, esta es accionada por un cilindro que le permite detener los rollos en la llegada.



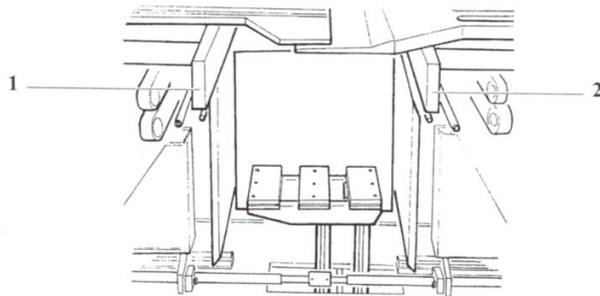
**Tolva inferior**

Tiene la función de contener los rollos, de modo que no se desarmen durante la subida de los platos elevadores. Está formada por las paredes 1 y 2.



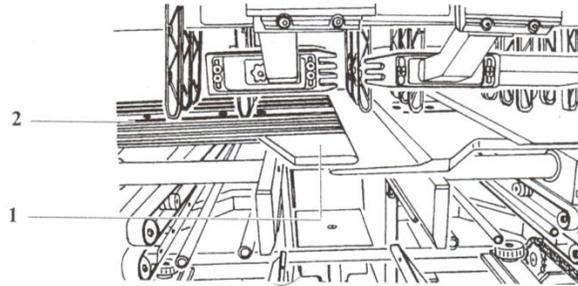
### **Tolva superior**

Tiene la función de contener los rollos y al mismo tiempo de doblar el material de embalaje en forma de “U” invertida alrededor de los rollos, durante la fase de subida de los platos elevadores. La tolva superior está formada por las paredes 1 y 2.



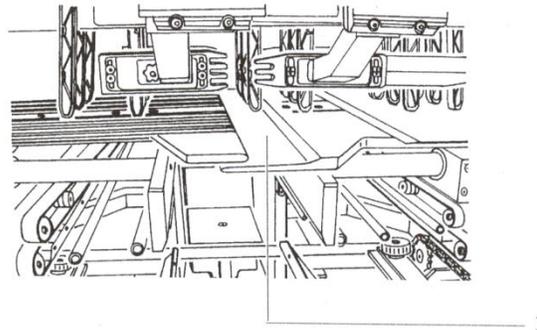
### **Plegador inferior**

Una vez subidos los platos elevadores, el plegador inferior 1 se sitúa debajo, doblando el borde inferior de la hoja de embalaje y reteniendo los rollos. El plegador inferior cuenta con bandas motorizadas 2, que tienen la función de mantener extendida la hoja del material de embalaje. Estos plegadores son movidos por una palanca que está conectada a un esparrago prisionero, mediante un servomotor que la acciona.



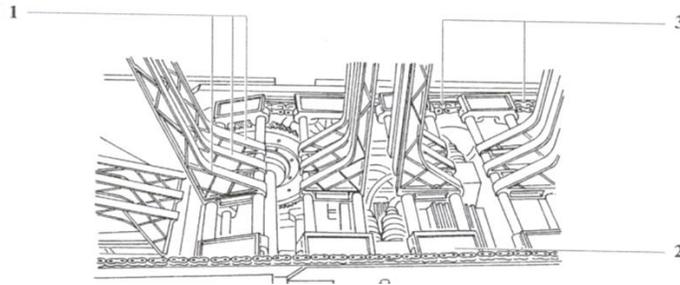
### **Contraplegador inferior**

Una vez subidos los platos elevadores, el contraplegador inferior 1, se coloca bajo el plegador inferior, doblando el borde anterior de la hoja de embalaje y reteniendo los rollos. Un servomotor transmite el movimiento a la palanca, que a su vez está conectada con el esparrago prisionero al plegador inferior y lo acciona.

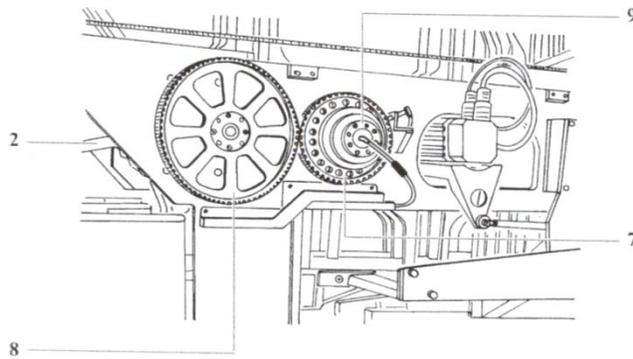


### **Arrastre de salida**

Se trata de llevar el empaque desde la zona de los plegadores de cabeza hasta las correas soldadoras. El transporte se realiza mediante las patas de arrastre 1, que se encuentran montados sobre las carretillas 2, que se mueven mediante cadenas 3.



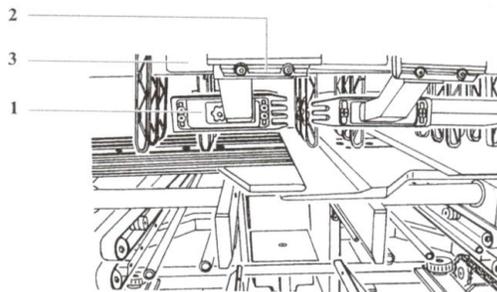
La rueda dentada 7, esta engranada a las coronas 8, que mueven las cadenas de las carretillas 2. En caso de interferencia mecánica o del producto, la junta de seguridad neumática 9 desembraga la transmisión, desactivando la lectura del sensor.



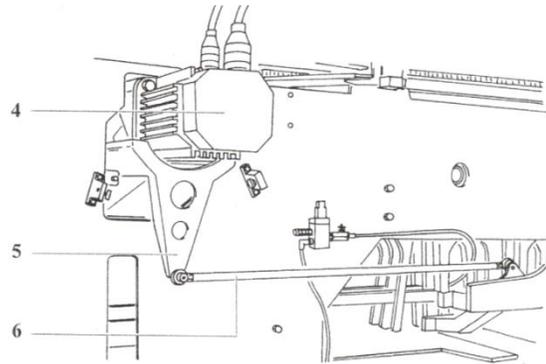
**Plegadores de cabeza**

Tienen la función de doblar las solapas posteriores del empaque.

Los plegadores de cabeza 1, están conectados a los canales 2, de las guías lineales 3.



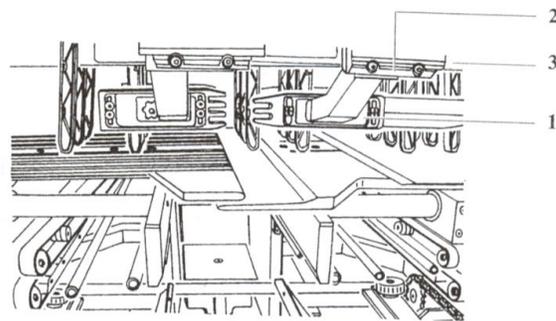
El accionamiento de los plegadores de la parte superior se encarga el servomotor 4 mediante una palanca 5, dotada del esparrago prisionero 6.



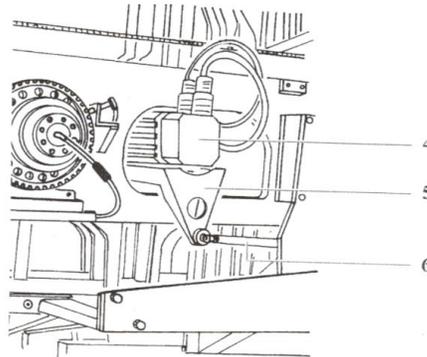
### **Contraplegadores de cabeza**

Tienen la función de doblar las solapas anteriores del empaque.

Los contraplegadores de cabeza 1, están conectados a los canales 2, de las guías lineales 3.



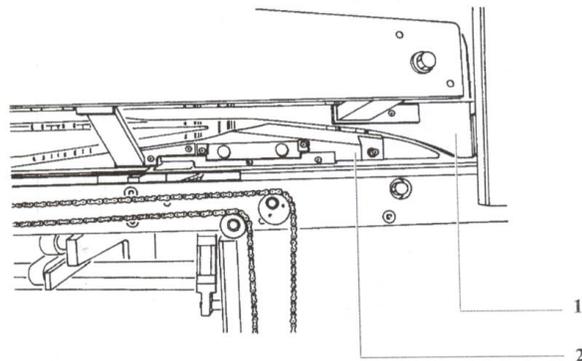
El accionamiento de los contraplegadores de la parte superior se encarga el servomotor 4 mediante una palanca 5, dotada del esparrago prisionero 6.



### **Plegadores fijos de hélice**

Tienen la función de realizar la superposición de las solapas superiores e inferiores, llevando el empaque a las soldadoras, necesarias para terminar el armado del paquete.

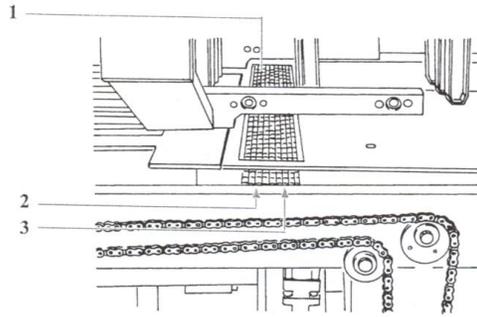
Este grupo está formado por plegadores fijos superiores 1, e inferiores 2.



### **Soldador inferior**

Durante la fase de parada entre un impulso y el siguiente, el soldador inferior 1 se eleva hasta tocar las solapas superpuestas del paquete durante tiempo de soldadura programado.

En lo interno del soldador se encuentra una resistencia eléctrica 2 y una sonda para controlar la temperatura.

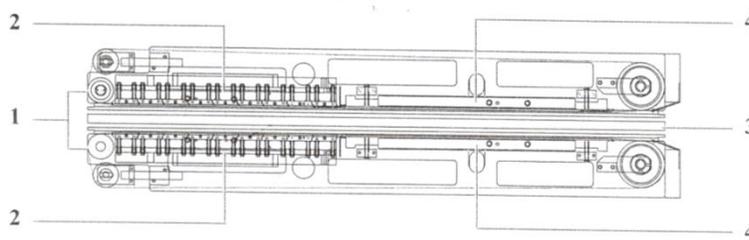


### 4.3.3.3 Grupo Salida soldadora

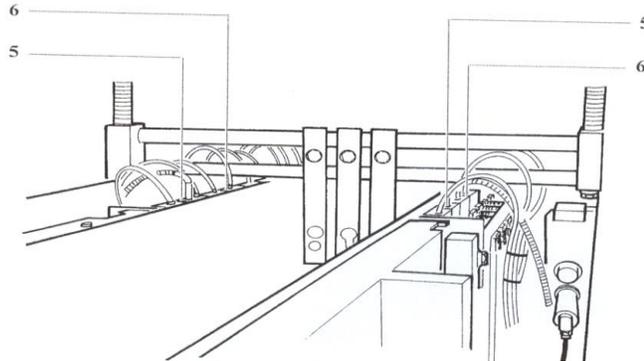
#### Correas soldadoras

Tienen la doble función de llevar el paquete hasta la salida de la máquina y de soldar las solapas laterales.

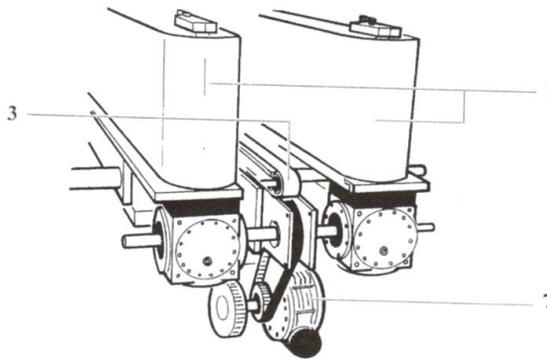
El conjunto está formado por dos correas 1 pegadas a las placas soldadoras 2, montadas en una base, donde los paquetes van avanzando sobre una cinta sostén 3. En la parte final de las correas se encuentran placas de refrigeración 4, que tienen la función de estabilizar la soldadura y enfriar los paquetes.



En el interior de ambas placas soldadoras están introducidas resistencias eléctricas 5 y sondas para regular separadamente la temperatura.



Las correas soldadoras 1 y la cinta sostén del paquete 3 son motorizadas por el motor reductor 7.



#### 4.3.4 Ciclo Operativo de la Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX

La cinta de alimentación modular alimenta los rollos que llegan de la máquina situada línea arriba, en función de la configuración del paquete seleccionada en el panel de control, los dosificadores alimentan el número de rollos necesarios para realizar el paquete.

Los rollos, en la configuración de paquete programada, son tomados por las barras del arrastre simple que los conducen hasta el estratificador el cual, con un movimiento pendular (si la configuración del paquete así lo requiere), los distribuye entre las barras del arrastre doble.

Simultáneamente a las operaciones arriba descritas, el desbobinador desenrolla y alimenta los trozos de material de embalaje necesarios para el empaquetado de los rollos.

Los rollos, separados y configurados con anterioridad, llegan al mismo que tiempo que el material de embalaje a los elevadores, que elevan los rollos pasando a través de la tolva a fin de plegar el material de embalaje en forma de “U” invertida. De este modo permiten al plegador inferior y al contraplegador inferior solapar debajo del paquete las dos solapas de material de embalaje.

Los plegadores de cabeza y los contraplegadores de cabeza realizan el pliegue de las solapas posteriores y anteriores del paquete.

Ahora el arrastre de salida arrastra los rollos, con el material de embalaje envuelto, hasta los plegadores soplantes, permitiendo así el cierre de las solapas laterales del paquete.

Sucesivamente el soldador inferior y las correas de la salida soldadora completan el cierre del paquete.

#### **4.3.5 Materiales e Insumos**

***Polietileno impreso:*** material de embalaje, necesario para la envoltura de los paquetes de papel higiénico. Se presentan en bobinas, el tamaño de estas pueden variar dependiendo del producto que se debe envolver y el tipo de empaque. Puede ser observada en la figura 5. (A).

Características del material de embalaje:

- Grosor: 25 ÷ 50 micrones.
- Densidad: de 0,870 a 0,930 gr./cc aprox.

**Tabla 7.** Medidas de la bobina (mm):

	min	máx.
Ancho bobina	320	1500
Diámetro bobina		600
Diámetro núcleo	70	76

**Fuente:** Manual Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX

**Rollos de papel higiénico:** o papel tisú es un papel higiénico fino absorbente hecho de pulpa de celulosa. Es el material directo y de alimentación de la máquina envolvedora. Son el resultado de todo el proceso de producción del papel higiénico. Se observa en la figura 5. (B).

**Tabla 8.** Medidas de los rollos (mm):

	min	máx.
Diámetro del rollo	90	135
Longitud del rollo	90	115

**Fuente:** Manual Envolvedora QUALYWRAP 1800 FX

### **Materiales Indirectos.**

**Silicone:** es un polímero inodoro e incoloro hecho principalmente de silicio, inerte y estable a altas temperaturas, útil en gran variedad de aplicaciones industriales. Es un material indirecto, utilizado en el proceso de envoltura como lubricante, en partes de máquina para evitar fricción. Se observa en la figura 5. (C).

**Cartuchos de tinta:** utilizados por el inkjet, que es el encargado de realizar la impresión reglamentaria del número de lote, fecha de elaboración y precio unitario de los paquetes. Se observa en la figura 5. (D).

#### 4.3.6 Herramientas

**Navaja:** esta herramienta es la que presenta mayores usos en la etapa crítica del proceso. Es usada para destapar las paletas de bobinas que llegan durante el turno de trabajo, para cuando se realiza un cambio de bobina se usa para cortar los primeros metros del polietileno que vienen maltratados por el manejo de materiales, antes de montar la bobina a la envolvedora, y también es usada para raspar el excedente de una película aglutinante que se va adhiriendo a la mesa de alimentación. Puede observarse en la figura 6. (A).

**Llaves Allen:** cuando hay un cambio de producto en la línea, estas llaves son usadas para ajustar algunas partes de la máquina, debido a que las dimensiones del producto también cambian, la medida de llave que se usa es de 12mm. Puede observarse en la figura 6. (B).

Las partes que se ajustan con estas llaves son:

- Abertura de correa transportadora de polietileno izquierdo.
- Abertura de correa transportadora de polietileno derecho.
- Posición de la barra de sellado interior.
- Posición de plegadores.
- Posición de la banda de sellado lateral.
- Posición del cuerpo de máquina.

**Cinta métrica:** es usada en todo momento de la jornada de trabajo para verificar que las dimensiones (diámetro y longitud) de los rollos que se van generando estén dentro de los parámetros establecidos. Se observa en la figura 6. (C).

**Contenedor 1:** utilizado para recolectar todos aquellos rollos de papel higiénico que antes de entrar a la envolvedora no cumplen con las características

adecuadas, las medidas de estos contenedores son 850x1060x600mm. Puede observarse en la figura 6. (D).

**Contenedor 2:** usado para recolectar los paquetes de papel higiénico que salieron del proceso de envoltura con defectos.

**Cinta adhesiva:** se usa para asegurar algún empate que presente una bobina de polietileno impreso. Puede observarse en la figura 6. (E).

**Cinta de teflón:** se utiliza en la parte interna del cuerpo de la máquina para evitar fricción y mejor el deslizamiento del polietileno, así como también en las barandas del canal de salida de la soldadora, para mayor deslizamiento de los paquetes ya listos. Puede observarse en la figura 6. (F).

**Grúa aérea:** usada para trasladar las bobinas de material de embalaje desde una paleta ubicada a cierta distancia del soporte de bobina de la envolvente, la capacidad de esta grúa es de 500kg. Se observa en la figura 6. (G)

**Soporte para apoyar bobina:** utilizado para apoyar una bobina polietileno impreso o material de embalaje, mientras se está consumiendo otra y para dar altura a las bobinas cuando sea el momento de cambiarla, de esta manera se realiza más fácil, ya que se encuentra a la altura correcta, las medidas que le corresponden son 1590x170x126mm. Puede observarse en la figura 6. (H).

**Mesa de tres niveles:** utilizada para cualquier trabajo que necesite una superficie de apoyo, así como también para colocar algún repuesto o una herramienta que se esté utilizando en un momento pautado, las medidas de esta mesa son 1660x950x350mm. Puede observarse en la figura 6. (I).

#### **4.3.7 Documentación utilizada**

**Hoja de reporte de asentamiento de la máquina:** es un formato que le permite al operador registrar los valores de los parámetros en las que se

encuentran las partes de la maquina con respecto al turno anterior. En este se muestran las variables ajustables de la envolvedora, el valor objetivo en el que deben estar y su unidad, de acuerdo al producto que se esté trabajando. (Ver apéndice 1)

**Hoja de registro de cartuchos:** es un formato que le permite al operador saber cuándo se realizó el último cambio de un cartucho, para así calcular el tiempo de vida de cada uno.

**Registro BP de insumo:** esa etiqueta que registra el código y fecha de recepción del lote de polietileno impreso que está en uso, para llevar el control de los insumos en uso y mantener control del PEPS.

#### **4.3.8 Equipos de Protección Personal**

Para proteger a los empleados relacionados con el proceso o presentes en el área de conversión, y adicionalmente para cumplir con las normativas impuestas por los organismos gubernamentales se exige a todo trabajador que entre a esta área la utilización de los siguientes equipos:

**Tapa boca:** usado resguardar las vías respiratorias del polvillo existente en el área de trabajo. Puede observarse en la figura 7. (A).

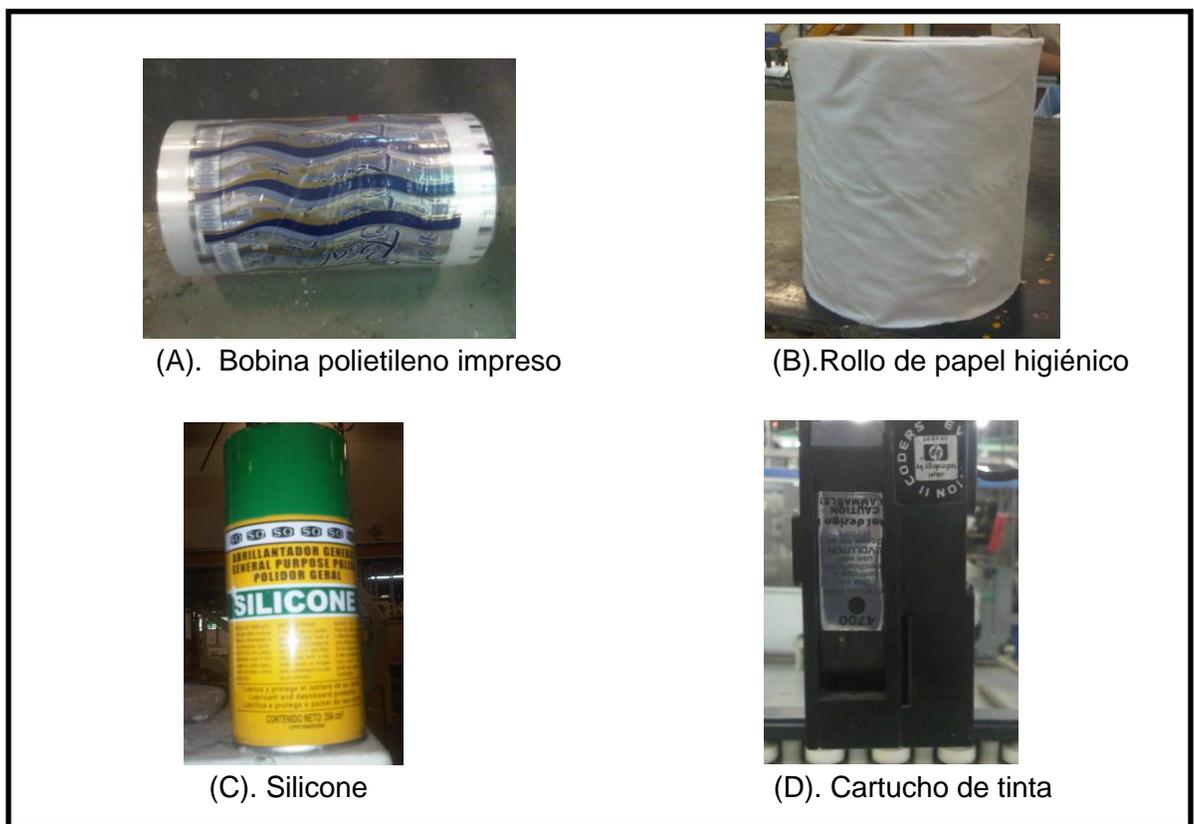
**Protectores Auditivos:** se utilizan para la atenuar el ruido producido por las máquinas, para evitar así un daño en el oído. Se observa en la figura 7. (B).

**Lentes de seguridad:** protegen la vista de los empleados en esta área del excesivo polvillo que causa irritaciones, así como ante cualquier impacto o salpicadura de algún producto irritante. Se observan en la figura 7. (C).

**Botas de seguridad:** sirven para proteger los pies del empleado de lesiones o inclusive mutilaciones en caso de que caigan herramientas, materiales

o partes de las máquinas cuando éste las manipula, o en caso de pisar objetos afilados. Puede observarse en la figura 7. (D).

A continuación se mostrarán las imágenes asociadas a las descripciones de los materiales y herramientas explicados anteriormente.



**Figura 6.** Materiales e Insumos.

**Fuente:** Elaboración propia



(A). Navaja



(B). Llaves Allen



(C). Cinta métrica



(D). Contenedor



(E). Cinta adhesiva



(F). Cinta de teflón

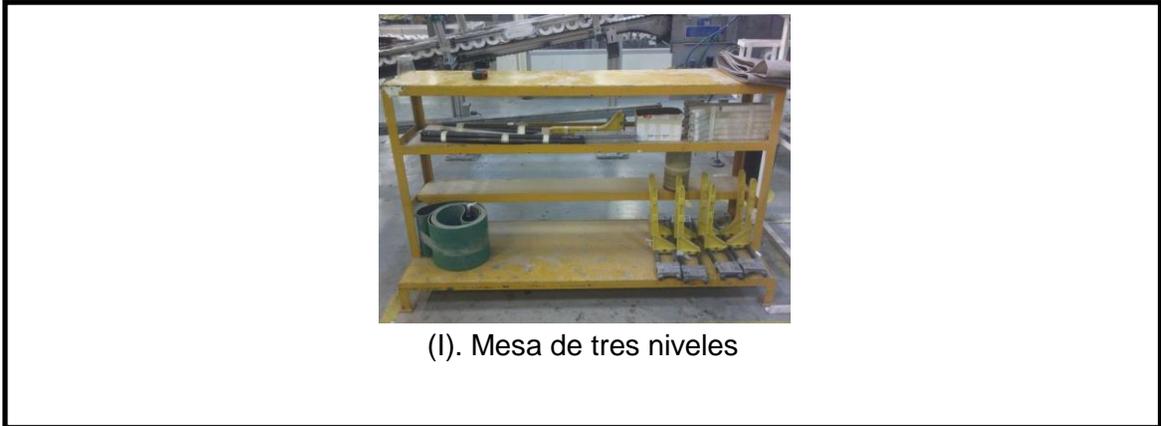


(G). Grúa aérea



(H). Soporte porta bobina

**Figura 7. Herramientas**  
**Fuente.** Elaboración propia



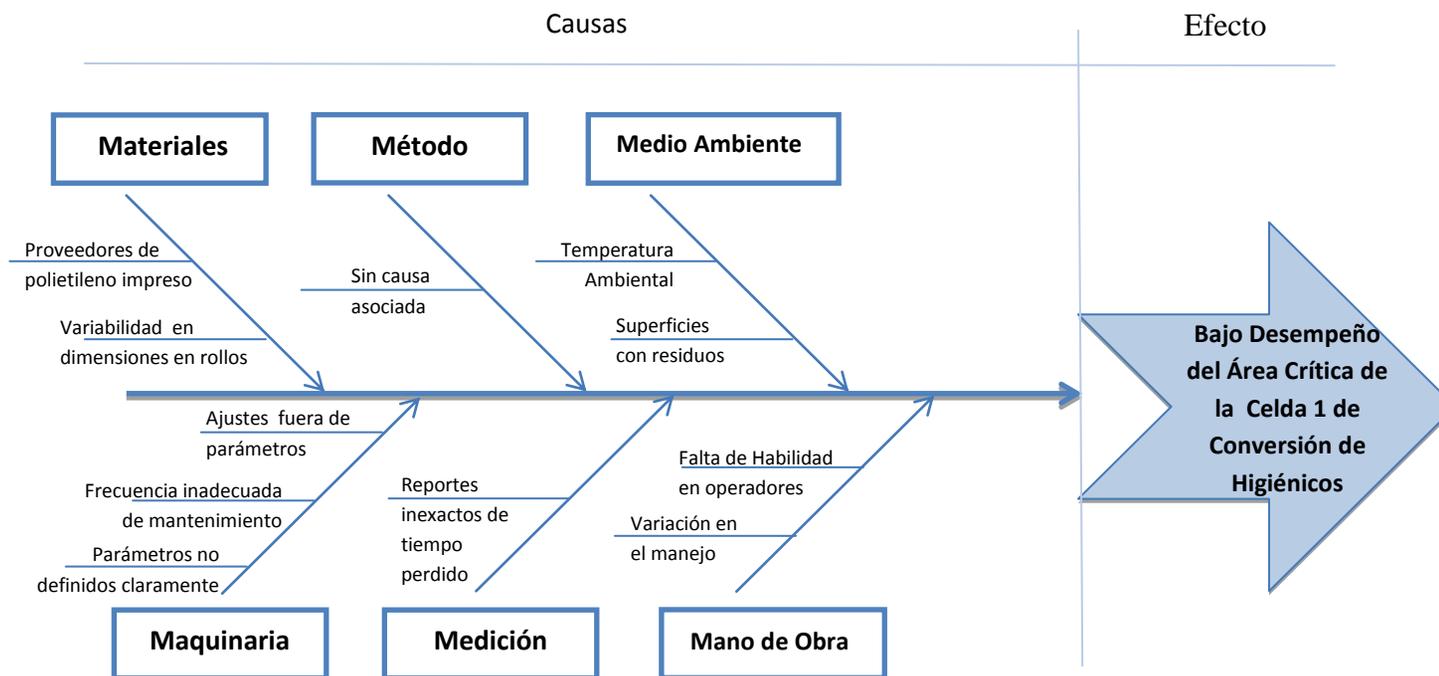
**Cont. Figura 7. Herramientas**



**Figura 8. Equipos de protección personal**  
**Fuente. Elaboración propia**

#### **4.4 ANÁLISIS DEL ÁREA CRÍTICA**

El análisis del área crítica se realizó mediante observación directa del proceso en el periodo de estudio, catorce semanas comprendidas desde noviembre hasta febrero, donde se pudo examinar y detectar las causas de los problemas presentes el proceso. Estas se exponen de manera organizada a través de un diagrama Ishikawa en el cual se agrupan las causas potenciales en seis ramas principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen el proceso de manera global, y cada uno aporta parte de la variabilidad (y de la calidad) al problema planteado.



**Figura 9.** Diagrama Ishikawa del bajo desempeño en celda 1 de conversión

**Fuente:** Elaboración propia

Para un estudio más detallado de los problemas presentes en el área crítica que originan el bajo desempeño de la celda se aplicó, a continuación, la herramienta metodológica de los 5 ¿por qué?, a través de la cual se pudo constatar las causas raíces de éstos, mediante la utilización de observación directa, estudio de manuales y entrevistas no estructuradas con los operarios y superintendentes encargados de dicha área.

**Tabla 9.** Análisis de los 5 ¿por qué? En el proceso de envoltura en celda 1 de conversión.

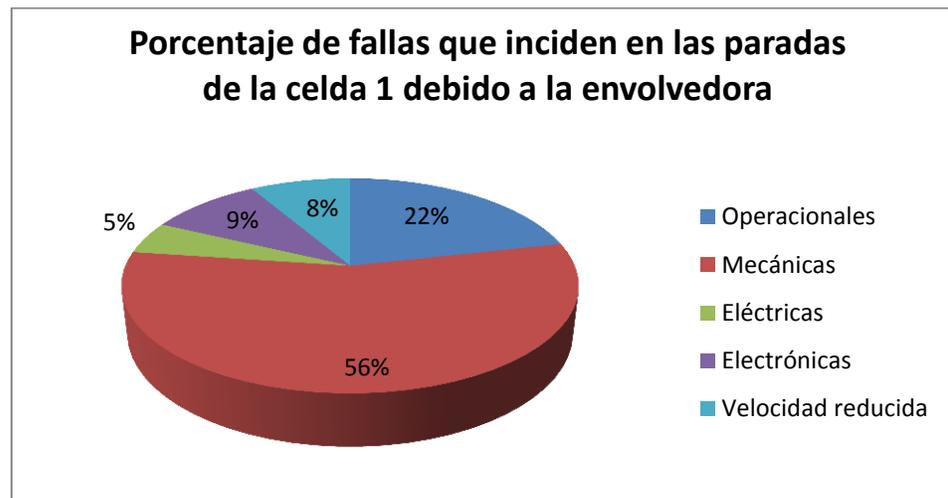
<b>M Analizada</b>	<b>Problema</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>
<b>Mano de Obra</b>	Falta de Habilidad	Los operadores no tienen pleno conocimiento del funcionamiento de la máquina.	No han recibido el correcto entrenamiento con respecto a la utilización de la máquina.	No existen cursos de capacitación referentes al manejo de la máquina y estudio de manuales para los operadores al ingresar a la planta.		
	Variaciones técnicas en el manejo de la máquina por grupos	Existen operadores con menor dedicación a su labor que otros.	Falta de interés en el buen desempeño de su labor.			
<b>Materiales</b>	Variabilidad en dimensiones de los rollos	Diferencias de diámetros a lo establecido	Variabilidad de la tensión en el embobinado	Mal ajuste de la perforadora	Desatención del operador	
		Alturas diferentes a lo establecido	La sierra no lo corta en el lugar correcto	Al momento del corte no está bien ajustado en el canal	No tiene el diámetro correcto para que se ajuste al canal	
	Proveedor de Polietileno Impreso	Algunos polietilenos se adhieren a la máquina.	Irregularidades en la fricción del polietileno	El proveedor no siempre cumple con las especificaciones técnicas del producto en lo referente al coeficiente de fricción y calibre		

<b>Maquinaria</b>	Parámetros no definidos claramente	Son parámetros que no tienen un rango definido para que el operario los ajuste dentro del mismo	No se ha hecho un seguimiento a dichos parámetros	Se desconoce la importancia del ajuste de dichos parámetros por parte de supervisores	Desconocimiento del funcionamiento de la máquina por parte de supervisores.	
	Falta de mantenimiento	No se ha estudiado la vida útil de las partes de la máquina	No hay un plan de mantenimiento que considere cada máquina en particular, y sus necesidades mecánicas y electrónicas	No existe un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas		
	Ajustes fuera de parámetros	Los operarios no siempre mantienen los parámetros dentro de los rangos establecidos para el óptimo funcionamiento de la máquina	En su búsqueda del mejor desempeño de la máquina modifican los valores de los parámetros empíricamente	Ciertas partes de la máquina no están calibradas y no reflejan valores exactos en sus parámetros	Por cambios en la máquina, su depreciación, y la utilización de repuestos no originales.	No hay disponibilidad en el mercado nacional de las partes o piezas de la máquina.
<b>Medición</b>	Reportes inexactos de tiempo perdido	No se lleva un control exacto de las paradas de los componentes de la línea de producción	Solo se registran las paradas que afectan la continuidad de la perforadora	La perforadora es la única máquina que cuenta con el software que registra las paradas		
<b>Medio Ambiente</b>	Temperatura Ambiental	Cuando la temperatura es elevada se producen más fallas	Las partes entre sí, y el contacto entre el polietileno y la máquina tienen	El diseño original de la envolvente no consideraba temperaturas elevadas,		

			mayor adherencia, fricción.	características del trópico.		
	Superficie con Residuos	Se producen residuos aglutinantes con el pasar de los rollos en el canal de alimentación de la envolvente	La pega que sella los rollos no está seca cuando llegan a la envolvente y el polvillo presente en toda el área de conversión se adhiere a esta.	La cantidad de pega en los rollos es excesiva y mantiene por mayor tiempo húmeda la pega.		

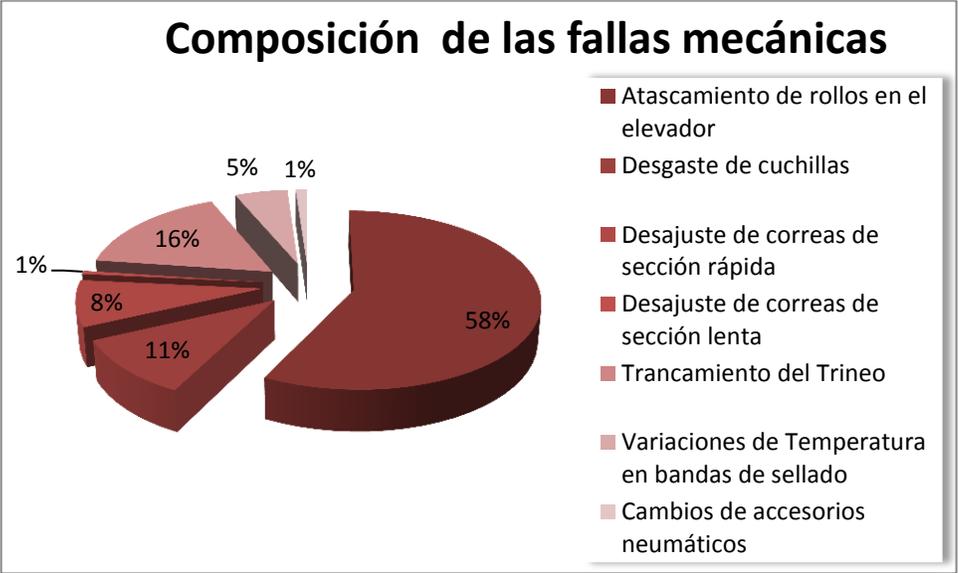
**Fuente:** Elaboración propia.

Adicionalmente se estudiaron los registros de tiempo perdido que lleva la empresa para ayudar a detectar cuáles eran los principales tipos de fallas causantes de paradas en la línea que presentaba la envolvente. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 10.

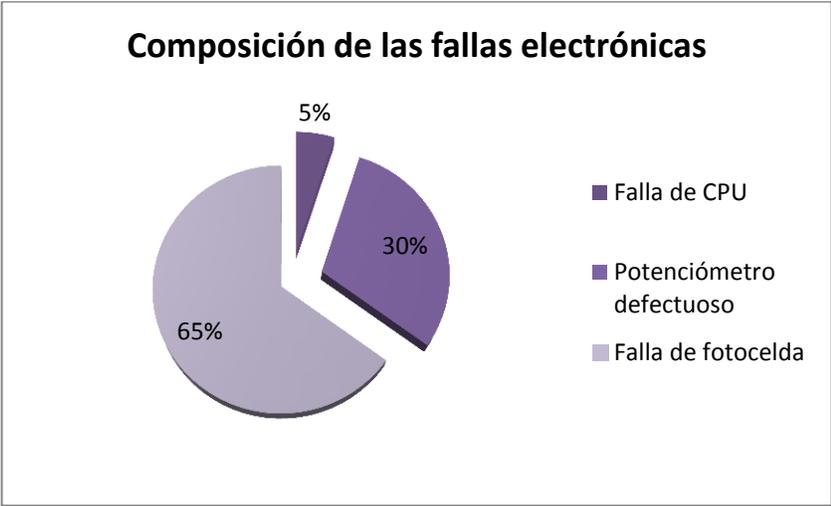


**Figura 10.** Porcentaje de fallas que inciden en las paradas de la envolvente  
**Fuente:** Registros de tiempo perdido PAVECA y elaboración propia.

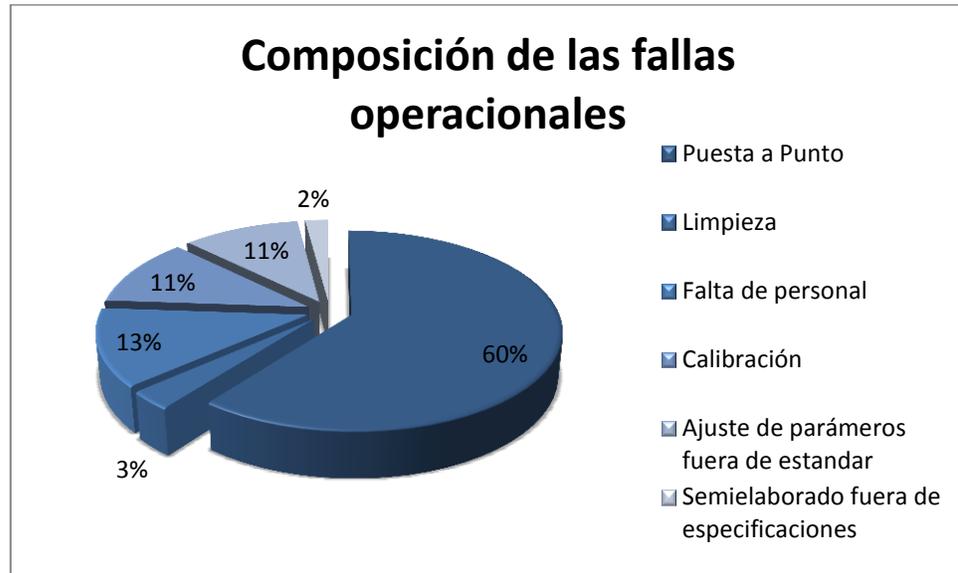
Para comprender mejor la situación referida a las fallas que ocasionan las paradas a la envolvente se desglosan y describen a continuación las de mayor incidencia, que son, fallas mecánicas, fallas operacionales y fallas electrónicas.



**Figura 11.** Composición porcentual de las fallas mecánicas.  
**Fuente:** Registros de tiempo perdido PAVECA y elaboración propia.



**Figura 12.** Composición porcentual de las fallas electrónicas.  
**Fuente:** Registros de tiempo perdido PAVECA y elaboración propia.



**Figura 13.** Composición porcentual de las fallas operacionales.

**Fuente:** Registros de tiempo perdido PAVECA y elaboración propia.

Tomando en cuenta la data anterior se manifiesta la importancia de la realizar un estudio exhaustivo de la envolvedora, y sus principales fallas detectadas, ya que no solo ocasionan paradas en la máquina, sino también, puede presentar inconformidad en la envoltura de los paquetes (ver apéndice 2), para esto se realiza un análisis de modo y efecto de fallas a dicha máquina.

Para el desarrollo de esta metodología la envolvedora se estudia de acuerdo a sus partes o secciones, fundamentadas en el manual de la máquina:

**Tabla 10.** Secciones de la Envolvedora

	Sección de la Envolvedora
1	Cuerpo de máquina
2	Soldadora
3	Entrada de Rollos
4	Imprenta

**Fuente:** Manual de la máquina envolvedora

A continuación, en la Tabla 11, se presenta el AMEF de proceso aplicado a la envolvedora de la celda 1 de higiénicos:

**Tabla 11.** Análisis de Modo y Efecto de Falla de la Envolvedora de celda 1 de Higiénicos

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS									
		PROCESO / PRODUCTO: ENVOLTURA/ CELDA 1		PERIODO DE ESTUDIO: NOVIEMBRE – FEBRERO					
		EQUIPO: ENVOLVEDORA		REALIZADO POR: MARGOT RODRÍGUEZ/ KATHERINE VAN DEWALLE					
PROCESO AMEF									
SECCIÓN DE LA MAQUINA	FUNCIÓN DEL PROCESO	MODOS POTENCIAL DE LA FALLA	EFECTO POTENCIAL DE LA FALLA	SEV	CAUSA(S) POTENCIAL DE LA FALLA	OCU	CONTROL ACTUAL DEL PROCESO	DET	NPR
		Maneras que puede fallar potencialmente el proceso.	Efecto de cada modo de falla en las salidas o requerimientos del cliente.	Qué tan severo es el efecto.	¿Cómo puede ocurrir la falla? Describir en términos de algo que se pueda controlar.	Frecuencia del modo o la causa de la falla.	¿Cuáles son los controles existentes que previenen la ocurrencia?	¿Se detecta bien la causa?	Sev * Ocu * Det
Desenrollamiento o desbobinado	Transporte del material de embalaje	Desajuste de correas en sección lenta.	Variabilidad en la tensión del material de embalaje.	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste de correas</li> <li>Desgaste de rodamientos</li> </ul>	3	Inspección visual	8	72
		Desajuste de correas en sección rápida.	Llegada adelantada o atrasada del material de embalaje con respecto a los rollos.	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste de correas</li> <li>Desgaste de rodamientos</li> <li>Tensor desajustado</li> </ul>	4	Inspección visual	8	224
	Corte del material de embalaje	Desgaste de cuchillas.	Mal corte del material de embalaje	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de presión en el accionamiento de la cuchilla.</li> <li>Cuchillas utilizadas no originales</li> </ul>	6	Sin control	7	294



## ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

<b>PROCESO / PRODUCTO:</b>	ENVOLTURA/ CELDA 1	<b>PERIODO DE ESTUDIO:</b>	NOVIEMBRE – FEBRERO
<b>EQUIPO:</b>	ENVOLVEDORA	<b>REALIZADO POR:</b>	MARGOT RODRÍGUEZ/ KATHERINE VAN DEWALLE

### PROCESO AMEF

SECCIÓN DE LA MAQUINA	FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO POTENCIAL DE LA FALLA	EFECTO POTENCIAL DE LA FALLA	SEV	CAUSA(S) POTENCIAL DE LA FALLA	OC U	CONTROL ACTUAL DEL PROCESO	DET	NPR
Entrada de rollos	Alimentación	Insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación.	Paquetes inconformes (con rollos en posición incorrecta y/o incompletos)	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotocelda sucia o mal posicionada</li> </ul>	9	Sin control	5	360
Cuerpo de la máquina	Elevadores de rollos	Atascamiento de rollos en el elevador	Parada de la máquina.	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rollos en posición incorrecta.</li> <li>Desincronización de los plegadores con el elevador.</li> </ul>	10	Fotoceldas que detectan rollos en posición incorrecta.	7	560
	Arrastre de salida	Trancamiento del trineo	Parada de la máquina.	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste de la cadena del trineo.</li> <li>Paquetes atascados en el cuerpo de máquina.</li> </ul>	6	Sin control	3	144



## ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

<b>PROCESO / PRODUCTO:</b>	ENVOLTURA/ CELDA 1	<b>PERIODO DE ESTUDIO:</b>	NOVIEMBRE – FEBRERO
<b>EQUIPO:</b>	ENVOLVEDORA	<b>REALIZADO POR:</b>	MARGOT RODRÍGUEZ/ KATHERINE VAN DEWALLE

### PROCESO AMEF

SECCIÓN DE LA MAQUINA	FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO POTENCIAL DE LA FALLA	EFECTO POTENCIAL DE LA FALLA	SEV	CAUSA(S) POTENCIAL DE LA FALLA	OCU	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO	DET	NPR
<b>Soldadora</b>	Sellado	Variaciones de temperatura en las bandas de sellado.	Paquetes abiertos o con el material de embalaje derretido.	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste de las bandas de sellado</li> <li>Resistencias dañadas</li> <li>Mal ajuste de velocidad de las bandas</li> <li>Residuos adheridos a las bandas de sellado</li> </ul>	5	Control visual	4	160
<b>Imprenta</b>	Impresión	Falta de impresión en paquetes, del lote y precio regulado.	Paquetes rechazados.	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tinta agotada.</li> <li>Inkjet mal posicionado.</li> </ul>	3	Control visual	3	90

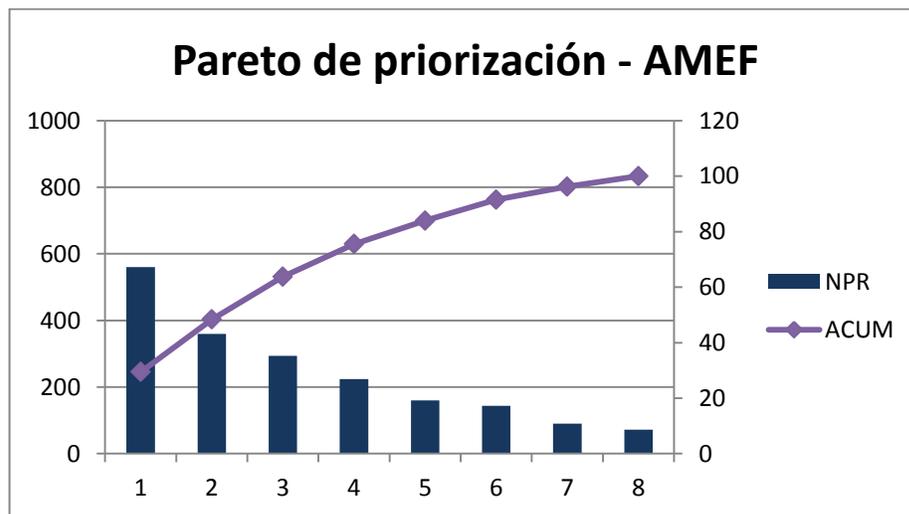
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12.** Ponderación de los modos potenciales de fallas.

N°	MODO POTENCIAL DE LA FALLA	SEVERIDAD	OCURENCIA	NPR
1	Atascamiento de rollos en el elevador	8	10	560
2	Insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación.	8	9	360
3	Desgaste de cuchillas.	7	6	294
4	Desajuste de correas en sección rápida.	7	2	224
5	Variaciones de temperatura en las bandas de sellado.	8	5	160
6	Trancamiento del trineo	8	6	144
7	Falta de impresión en paquetes, del lote y precio regulado.	10	3	90
8	Desajuste de correas en sección lenta.	3	3	72

**Fuente:** Elaboración propia.

Para tener una mejor comprensión de las fallas que deben ser atacadas para mejorar el desempeño de la máquina involucrada, se hará uso de la regla 80/20 aplicada a los NPR obtenidos, tal como se hace en la mayoría de los casos que se busca mejoras en la calidad. De manera tal que el 80% del total del NPR viene de solo el 20% de las fallas potenciales del AMEF.



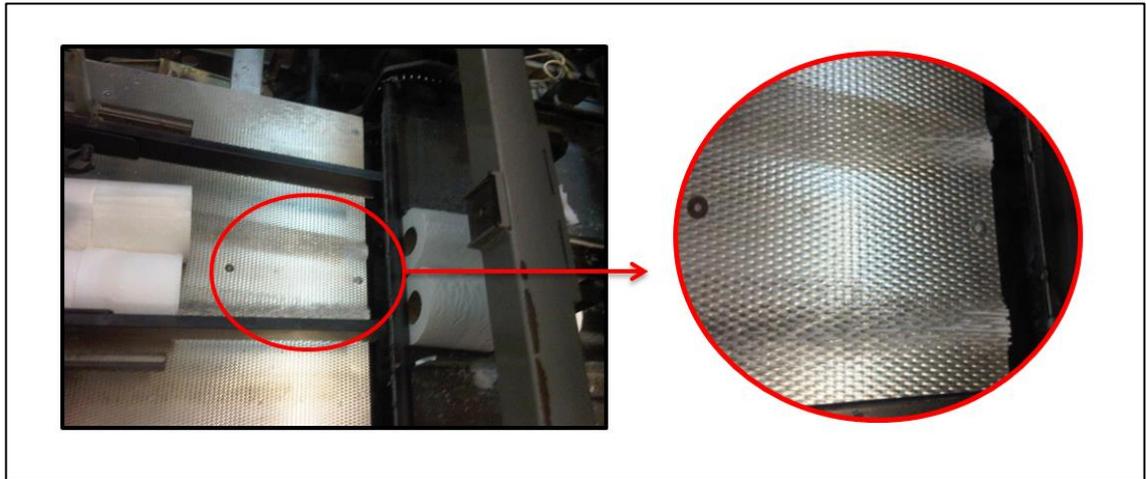
**Figura 14.** Pareto de priorización de modos y efecto de falla para a toma de acciones.

Según el diagrama de Pareto anterior, se puede apreciar que el 80% del riesgo asociado a las fallas está comprendido por los modos potenciales de falla 1, 2, 3 y 4, es decir; atascamiento de rollos en el elevador, insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación, desgaste de cuchillas y desajuste de correas en sección rápida.

Para establecer criterios adicionales de toma de acción con respecto a los NPR obtenidos en el AMEF, se consideró que todo NPR por encima de 200 representa un riesgo inaceptable para una organización, tal como indica McDermott *et al.* (2009).

Mediante el análisis de modo y efecto de falla se visualiza que el modo potencial de falla de la envolvente con prioridad de acción correctiva, con un NPR de 560, son los atascamiento de rollos en el elevador. Para atacar dicha falla se determinó, tras exhaustivo seguimiento del funcionamiento de la máquina, que presentaba problemas de fricción entre los rollos de papel higiénico y la bandeja de alimentación de la máquina, cuando ésta funcionaba a alta velocidad y era más sensible a las pequeñas variaciones del desplazamiento de los rollos. Esta fricción ocasionaba que los rollos llegaran al elevador con un pequeño salto que los colocaba en posición incorrecta o incluso los hacía salirse del mismo, lo que originaba los atascamientos en esta sección de la máquina.

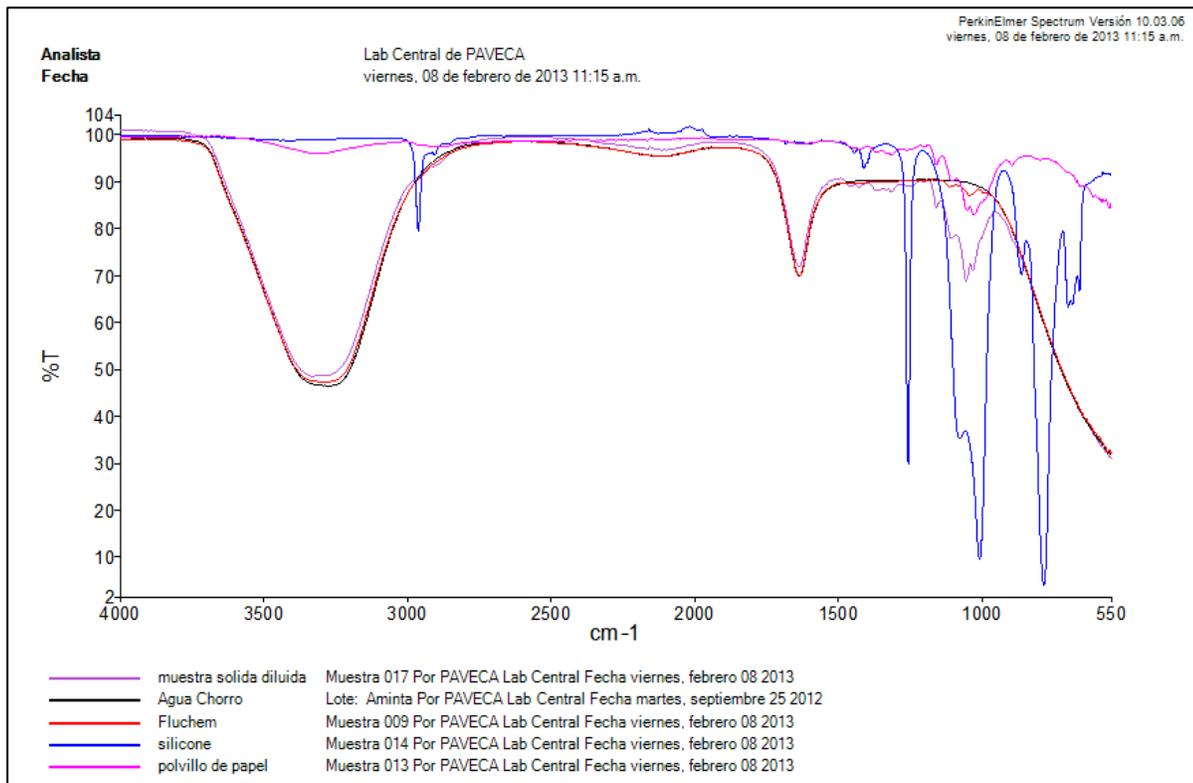
Para comprender este acontecimiento, se analizó la condición de la bandeja de alimentación de la envolvente, y se encontró que su superficie contenía residuos adheridos que le proporcionaban mayor rugosidad, ocasionando fricción adicional al paso de los rollos.



**Figura 15.** Residuos adheridos a la bandeja de alimentación de la envolvedora.

Se tomó una muestra de estos residuos para analizarlos y entender de qué estaban compuestos, y de esta manera advertir y tomar medidas al respecto. El análisis se realizó con un espectrómetro de infrarrojo, el cual es un equipo que permite la identificación de grupos funcionales de materiales y determinadas estructuras de muestras sólidas y líquidas. Este funciona por medio de la interacción de la radiación electromagnética con la materia, que será de distinta naturaleza en función de la energía de la radiación utilizada (caracterizada por su longitud de onda). Ver características de este equipo en apéndice 3

A continuación los resultados del espectrómetro Infrarrojo (IR):



**Figura 16.** Análisis Infrarrojo de residuo vs materias de comparación.

Se observa cómo la muestra diluida, tomada de la bandeja de alimentación de la máquina, se adecúa a la línea de la pega que sella el papel en los rollos, fluchem (compuesta principalmente de agua), y se ajusta a los picos que proporciona el polvillo de papel y el silicone; demostrando que la sustancia residuo que se haya en la bandeja de alimentación de la envolvedora no es más que, la pega, que aún húmeda en los rollos, se plasma en la bandeja, y a ella se adhiere el polvillo presente en el ambiente junto con el que puedan desprender los rollos debido a la fricción que ejerce la superficie al paso de estos. También se encuentra silicone en la muestra debido a que los operadores constantemente lo esparcen sobre dicha superficie para reducir la fricción.

Para mayor comprensión de los análisis realizados en el espectrómetro IR sobre la muestra obtenida y las materias con las que se comparó para llegar a las conclusiones antes expuestas se puede referir al apéndice 4.

A partir del conocimiento obtenido en el tiempo de estudio del área crítica se da lugar al planteo de soluciones o mejoras a las fallas detectadas como prioridad de acción en el AMEF.

**Tabla 13.** Principales Fallas a atacar y su origen.

<b>Principales Fallas a atacar</b>	<b>Origen</b>
<b>Atascamiento de rollos en el elevador</b>	Residuos de pegamento que deponen los rollos en la superficie de la bandeja de alimentación de la envolvente.
<b>Insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación.</b>	Presencia de polvo en el sensor y/o mal posicionamiento de la misma.
<b>Desgaste de cuchillas.</b>	Mal ajuste de las cuchillas entre sí, exceso de presión. Falta de seguimiento de su vida útil.
<b>Desajuste de correas en sección rápida.</b>	Falta de seguimiento de su vida útil. Falta operacional de seguimiento de parámetros.

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO V

### PROPUESTAS DE MEJORA

A continuación se presentan diferentes alternativas de mejora para solventar o reducir las problemáticas que afectan a la celda 1 de higiénicos en PAVECA detectados en el capítulo anterior.

**Tabla 14.** Resumen de propuestas planteadas.

PROPUESTA	PROBLEMA A ATACAR	COMO APLICARLO
<b>1. Propuesta de adiestramiento a operadores del área crítica.</b>	Paradas por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración de la máquina.</li> <li>• Parámetros fuera de especificaciones</li> <li>• Productos semielaborado fuera de especificaciones</li> <li>• Tiempos de puesta a punto por cambio de bobinas de material de embalaje</li> <li>• Fallas ocasionadas por las Fotoceldas.</li> <li>• Baja velocidad de la envolvedora</li> </ul>	Adiestrando a los operadores en el área de manejo operacional mantenimiento, seguridad y calidad. De esta manera se evitará y resolverá con rapidez los problemas que se presenten, ya que los operadores contarán con la instrucción debida.
<b>2. Propuesta de implementación de la Metodología 5S's en el área de la Envolvedora de la celda 1.</b>	Paradas por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza.</li> <li>• Falta de personal.</li> <li>• Calibración de la máquina.</li> <li>• Parámetros fuera de especificaciones.</li> <li>• Productos semielaborado fuera de especificaciones</li> </ul>	Identificando y retirando los elementos innecesarios, para luego ser colocados en su sitio. Limpiando el área de trabajo y fomentando conciencia para mantener un ambiente de trabajo limpio, agradable y eficaz.
<b>3. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las fallas presentadas en la envolvedora.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atascamiento de rollos en el elevador.</li> <li>• Insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación</li> <li>• Desgaste de cuchillas.</li> <li>• Desajuste de correas en sección rápida.</li> </ul>	Estandarizando actividades de mantenimiento en el cronograma de operadores y en el personal de mantenimiento, evitando

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desajuste de correas en sección lenta.</li> <li>• Trancamiento del trineo.</li> <li>• Falta de impresión en paquetes, el lote y precio</li> <li>• Paradas por limpieza</li> </ul>	desajustes que conlleven al mal funcionamiento de la máquina.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia

### 5.1 Propuesta de adiestramiento a operadores del área crítica

Como se ha detectado en el capítulo anterior, la máquina que posee mayores problemas y ocasiona grandes pérdidas es la envolvedora con un 4,96% de tiempo perdido mensual, que representan 2142 min/mes, dejando de producir 154.224 pqte/mes. A través de la observación directa, se verificó que una de las causas principales es el desconocimiento operacional de dicha máquina, por lo que se hace necesario el diseño de un programa de adiestramiento general de los operadores del área crítica por parte del mismo personal de la empresa, que se encuentre calificado para proporcionar información veraz en las distintas áreas necesarias para el buen funcionamiento de la envolvedora, como es el área de calidad, seguridad, mantenimiento y producción.

Este programa consta de tres etapas, el cual se desarrolla en las mismas instancias de la empresa y por los mismos operadores de la máquina. Las etapas serán descritas a continuación:

- **Etapa 1:** *Diagnóstico del conocimiento y manejo del equipo por operadores.*
- **Etapa 2:** *Ejecución del adiestramiento a operadores de la envolvedora de celda 1.*
- **Etapa 3:** *Evaluación post adiestramiento.*

A continuación se describen cada una de las etapas:

**Etapa 1: Diagnóstico del conocimiento y manejo del equipo por operadores.**

Para esta etapa se debe realizar un diagnóstico enfocado en las debilidades del manejo operacional de la máquina que presentan todos los operadores que laboran en el área crítica (Envolvedora).

Para el cumplimiento de esta primera etapa se diseña un formato de “Diagnóstico del manejo de la envolvedora de la celda 1”, el cual se muestra a continuación.

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LA ENVOLVEDORA DE CELDA 1.**

Las siguientes preguntas muestran el conocimiento de los operadores con respecto al manejo básico de la envolvedora. Por favor, marque con una “X” si considera que el operador maneja de forma efectiva todo lo involucrado con las fases de las preguntas de la evaluación.

**Manejo operacional del equipo:** el siguiente listado de preguntas, indicaran al evaluador sobre la ejecución de las actividades de la máquina de acuerdo a las fallas y situaciones de manejo operacional que se presentan diariamente.

**Tabla 15.** Evaluación de conocimientos en área de manejo operacional

N°	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1	¿Conoce cómo se encuentra constituida la envolvedora?		
2	¿Conoce qué hacer cuando ocurren atascamientos de rollos en el cuerpo de la máquina?		
3	¿Conoce cómo realizar el cambio de presentación de un producto?		
4	¿Conoce cuáles son los parámetros que afectan las variaciones de los paquetes?		

5	¿Sabe qué hacer cuando alguna fotocelda de la alimentación de rollos no está funcionando adecuadamente?		
6	¿Sabe realizar el cambio de bobinas?		

**Fuente:** Elaboración propia

**Conocimientos básicos en el área de seguridad:** a través de este listado de preguntas se determinará la situación y el conocimiento previo que posee el operador con respecto al riesgo que éste presenta en su sitio de trabajo, con la finalidad de estar al tanto, de si se requiere o no más dispositivos de seguridad.

**Tabla 16.** Evaluación de conocimiento en el área de seguridad

N°	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1	¿Conoce cuáles son los implementos que debe usar en el área de trabajo?		
2	¿Usa los implementos de seguridad necesarios?		
3	¿Sabe identificar una condición insegura?		
4	¿Se presentan condiciones inseguras como por ejemplo atrapamiento de miembros?		
5	¿Sabe cómo reportar algún tipo de accidente en el área de trabajo?		

**Fuente:** Elaboración propia

**Conocimientos básicos de un buen mantenimiento:** en esta fase del procedimiento se determinará la capacidad de detección que tienen los operadores ante alguna falla que presente la máquina, así como también las fortalezas y deficiencias que ellos tienen ante algún tipo de mantenimiento básico que se le realice a la máquina.

**Tabla 17.** Evaluación de conocimiento en el área de mantenimiento

N°	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1	¿Sabe cómo llevar a cero la máquina?		
2	¿Sabe cuál es la finalidad de realizar el asentamiento de parámetros a la máquina?		
3	¿Sabe cuál es el tiempo de vida de las correas de la máquina?		
4	¿Sabe ajustar las correas tanto de la sección rápida como de la sección lenta?		
5	¿Sabe cuánto es el tiempo de vida de las cuchillas de corte del material de embalaje?		
6	¿Sabe ajustar las cuchillas de corte del material de embalaje?		
7	¿Conoce cada cuánto tiempo se debe realizar el proceso de lubricación a la máquina?		
9	¿Sabe cada cuanto se le debe realizar un mantenimiento general a la máquina?		

**Fuente:** Elaboración propia

**Conocimientos básicos de calidad:** las siguientes preguntas enfocan al conocimiento que pueda tener el operador en cuanto a requerimientos y estándares de los rollos y el paquete, reflejados en la conformidad relativa con las especificaciones. Mientras que el grado en que un producto cumple las especificaciones del diseño, mayor es su calidad, y por consiguiente mayor será la satisfacción de las expectativas que busca el cliente.

**Tabla 18.** Evaluación de conocimiento en el área de calidad

N°	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1	¿Sabe cuándo se debe rechazar un paquete?		
2	¿Posee estándares a la mano de los parámetros a cumplir de los rollos y paquetes?		
3	¿Cuándo un paquete sale poco ajustado es rechazado?		
4	¿Cuándo un paquete sale abierto es rechazado?		

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de estas evaluaciones, permitirán saber el grado de conocimiento del buen manejo que presentan los operadores del área crítica.

Esta primera etapa cuenta de 25 preguntas en total, el adiestramiento se basa de acuerdo a la cantidad de respuestas afirmativas contestadas. Si las respuestas afirmativas son mayores o iguales a trece, lo que equivale a más del 50%, el adiestramiento se debe realizar de acuerdo a las debilidades reflejadas, esto indica que el operador está apto para poner en machar la máquina y resolver la mayoría de los problemas que este a su alcance. Caso contrario ocurre cuando las respuestas afirmativas son menores o iguales, lo que equivale a menos del 50% del conocimiento, el operador se encuentra en la obligación de realizar el proceso de adiestramiento completo, ya que el operador no se encuentra en capacidad plena para solventar los problemas o fallas que se presenten.

Las preguntas de *manejo operacional* y de *mantenimiento* están diseñadas de acuerdo a las operaciones descritas en el manual de la envolvente, de tal forma que el operador presente debilidades de conocimiento en algunas de las preguntas listadas de las áreas mencionadas, la explicación de las mismas las puede buscar y profundizar en dicho manual.

Las preguntas del *área de calidad y seguridad*, además de usar el manual operacional de la máquina para determinarlas, se realizaron entrevistas a los integrantes de las áreas específicas para validar dichas respuestas.

**Etapa 2:** *Ejecución del adiestramiento a operadores de la envolvente de celda 1.*

Para la ejecución de esta fase es indispensable tener los resultados de la primera etapa “*Diagnóstico del conocimiento y manejo del equipo por operadores*”. Ya que de acuerdo con lo respondido anteriormente, el personal capacitado para impartir los conocimientos del área tendrá como objetivo diseñar presentaciones y material de apoyo correspondiente y necesario para el adiestramiento, este, se debe realizar completo o no, de acuerdo a la cantidad de respuestas afirmativas que se obtuvieron.

Para el entrenamiento se necesita de 3 semanas debido a que la empresa opera con tres turnos de trabajo. La celda 1 la componen cuatro grupos de trabajo (A, B, C y D), de los cuales los operadores (2operadores) que lo conforman, trabajan 5 días seguidos y descansan 2, para luego cambiar de turno.

Se establece que el adiestramiento se debe realizar a la 12m, con una duración de dos horas, justo antes de culminar el primer turno de trabajo.

**Tabla 19.** Cronograma de ejecución de los adiestramientos.

Área	Semana 1					Semana 2					Semana 3				
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie
<b>Manejo operacional</b>	A				B				C				D		
<b>Seguridad</b>		A				B				C				D	
<b>Mantenimiento</b>			A				B				C				D
<b>Calidad</b>				A				B				C			D

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se indica que el primer grupo en recibir los entrenamientos es el grupo A, continuando con el grupo B en esa misma semana hasta el miércoles de la segunda semana, luego comenzará el jueves de esa semana el grupo C, culminando el lunes de la semana 3, para finalizar con los entrenamientos, seguirá el grupo D, con lo que resta de la tercera semana, pero realizando el viernes 2 etapas de entrenamiento, para evitar la organización de una semana más.

***Etapas 3: Evaluación post adiestramiento.***

Esta etapa consiste en evaluar el adiestramiento del manejo operacional de la envolvedora por el operador, mediante el formato *Diagnóstico de manejo de la envolvedora*, permitiendo al evaluador determinar las posibles debilidades que pudieron haber quedado luego del adiestramiento.

En caso de haber quedado alguna debilidad, se debe reforzar el adiestramiento y comparar los resultados que se obtuvieron al inicio con la finalidad de verificar la efectividad del mismo.

**Recomendaciones.**

- Las encuestas deben ser revisadas por un supervisor del área que pueda corroborar que los operadores hayan contestado de manera franca, al comparar con el desempeño en sus funciones, y de esta manera validar dichas encuestas.
- Adiestrar primero a los operadores más antiguos, para que estos a su vez adiestren a los operadores menos experimentados o a los nuevos que conforman el equipo.
- Realizar cada 6 meses evaluaciones a los operadores con el fin de hacerle seguimiento a la correcta ejecución del manejo y mantenimiento de la envolvedora.

- Proporcionarle el manual de funcionamiento y de mantenimiento de la envolvente a los operadores, con el fin de facilitarle el buen manejo operacional de la misma.

Los costos asociados a esta propuesta se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 20.** Costos asociados a la implementación del adiestramiento

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL Bs
Horas Hombre de adiestramiento (Expositores)	32 Hrs.	14,5Bs/Hr operador, 20Bs/Hr técnico	596,00
Horas Hombre de adiestramiento (Operadores)	64 Hrs.	14,50	928,00
Gastos de Papelería	20 Unid.	26,00	520,00
<b>TOTAL (Bs.F)</b>			<b>2044,00</b>

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Industrial y elaboración propia

Los cursos para el adiestramiento de los operadores serán impartidos por 3 técnicos, uno para el área de mantenimiento, otro para el área de calidad y otro para el área de seguridad. Para la fase del manejo operacional se encargara un operador que tenga años de experiencia y por lo tanto buen conocimiento de la máquina. No incurrirán costos por paradas debido a que la maquina estará en actividad mientras se realizan los adiestramientos previstos.

### Beneficios

- Con la implementación de este adiestramiento se reducirá en la totalidad las paradas no planificadas por limpieza, ajuste de parámetros fuera de especificaciones, calibración de la maquina, y por productos semielaborado que no se encuentren dentro de estándares, debido a que estas áreas

serán atacadas durante el adiestramiento. Esto corresponde a un 27% de las fallas operacionales, que representan el 5,94% de las paradas no planificadas de la envolvedora.

- Disminución de los tiempos de puesta a punto de cambio de bobinas de material de embalaje. En colaboración con los operadores se estandarizó dicho tiempo a 1 minuto por bobina, lo cual corresponde a una reducción mensual de 7,95 minutos equivalente al 1,72% de tiempos perdidos por fallas operacionales, equivalentes al 0,38% de las paradas totales.
- Reducción de las fallas ocasionadas por las Fococeldas, debido al correcto mantenimiento, esto corresponde a una disminución de 65% de tiempos perdidos ocasionados por fallas electrónicas, equivalentes a 5,85% de las paradas totales que posee la envolvedora.
- De acuerdo a los adiestramientos realizados en las áreas mencionadas, se eliminarán las paradas de la línea ocasionadas por cuellos de botella, debido a la baja velocidad de la envolvedora. Esto implica el 8% de las paradas no programadas de esta máquina.
- Disminución de riesgos de accidentes, y la elaboración de productos fuera de especificaciones.
- En total se reducirán 20,17% de las paradas por tiempos perdidos que afectan a la máquina

## **5.2 Propuesta de implementación de la Metodología 5S's en el área de la Envolvedora de la celda 1.**

La implementación de esta metodología en el área de la envolvedora de celda 1, permitirá crear y mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro y agradable que facilite el trabajo diario y permita brindar productos y servicios de calidad.

Una fábrica limpia y segura permitirá a través de esta estrategia hacia las siguientes metas:

- Eliminar despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, etc.
- Aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria.
- Mejorar el cumplimiento de los estándares, al poder el personal participar en la elaboración de procedimientos de limpieza y lubricación.
- Hacer uso de elementos de control visual para mantener ordenados todos los elementos que intervienen en el proceso productivo.
- Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento.
- Reducir las causas potenciales de accidentes mediante la conciencia de cuidado.

La implementación de esta metodología se regirá bajo las normas de Paveca, y cuya fundamentación teórica bajo el siguiente enfoque:

- SEIRI = ORGANIZACIÓN
- SEITON = ORDEN
- SEISO = LIMPIEZA
- SEIKETSU = CONTROL VISUAL
- SHITSUKE = DISCIPLINA Y HABITO

De acuerdo con lo anterior, se mencionan los pasos que se deben aplicar para la implementación de 5S's en la envolvente de la celda 1:

- ✓ **SEIRI - CLASIFICAR:** *Desechar lo que no se necesita.*

El primer paso en la implantación del Seiri consiste en la identificación de los elementos innecesarios en el lugar seleccionado para implantar las 5S. En este paso se emplea la siguiente ayuda:

### Lista de elementos innecesarios

La lista de elementos innecesarios se debe diseñar y enseñar durante la fase de preparación. Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. Esta lista es llenada por el operario, encargado o supervisor durante el tiempo en que se ha decidido realizar la campaña Seiri.

**Tabla 21.** Lista de elementos innecesarios

LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS				
Operador:		Maquina:		Fecha:
Elemento innecesario	Cantidad encontrada	Posible causa	Acción sugerida para su eliminación	

**Fuente:** Elaboración propia

### Plan de acción para retirar los elementos innecesarios.

Para estos materiales se debe preparar un plan para eliminarlos gradualmente, este debe indicar los métodos para eliminar los elementos: desecharlo, venderlo, devolverlo al proveedor, destruirlo o utilizarlo, etc.

Es necesario preparar un informe donde se registre y se informe el avance de las acciones planificadas, como las que se han implantado y los beneficios

aportados. El jefe del área debe preparar este documento y publicarlo en un tablón informativo sobre el avance del proceso 5S.

✓ **SEITON - ORDENAR:** *Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar.*

La implantación del Seiton requiere la aplicación de métodos simples desarrollados por los trabajadores, el control visual, es el más apropiado, ya que no le quitara tiempo de su jornada laboral.

Se utilizará el control visual para informa manera fácil los siguientes temas:

- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo.
- Demarcación del área de la máquina, así como también el área de ubicación de los contenedores de desperdicio.

**Plan de acción para ordenar estos elementos.**

Una vez hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados.

Se identifican mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa. Se propone la señalización de fallas y puntos de verificación de la máquina mediante la herramienta del “tarjeteo”.

Modelo de las etiquetas de identificación a utilizar tendrán 6cm de alto por 12cm de ancho:



- ✓ **SEISO – LIMPIAR:** *Mejorar el nivel de limpieza del área.*

El Seiri debe implantarse siguiendo una serie de pasos que ayuden a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. El proceso de implantación debe cumplir con lo siguiente:

Jornada de limpieza

Al finalizar cada turno se debe realizar la jornada de limpieza, con la intención de que el grupo siguiente de trabajo encuentre un ambiente agradable y en óptimas condiciones para trabajar.

Jornada:

1. Soplar el área de trabajo.
2. Limpiar con un trapo las protecciones de la máquina.

3. Raspar el exceso de aglutínate en la mesa y los canales de alimentación.
4. Barrer y botar la basura resultante del turno.

Esta jornada o campaña crea la motivación y sensibilización para iniciar el trabajo de mantenimiento de la limpieza y progresar a etapas superiores.

- ✓ **SEIKETSU – ESTANDARIZAR:** *Preservar altos niveles de organización y limpieza.*

Etapa de conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta S está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

Para que esto ocurra, el sitio de trabajo debe estar dotado de:

- Manual de operaciones.
- Manual de mantenimiento.
- Formatos de las medidas estándar de los rollos.
- Fotos de la maquina impecable, así como también de toda el área.
- Tabla de asignación de responsabilidades.
- Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.
- Recordatorios sobre las horas de limpieza.

- ✓ **SHITSUKE – DISCIPLINA:** *crear hábitos basados en las 4S´s anteriores.*

La disciplina no es visible y no puede medirse, Las 5S no se trata de ordenar en un documento por mandato, es necesario educar e introducir mediante el entrenamiento de aprender haciendo cada una de las S´s. se trata de la mejora alcanzada con las 4 S anteriores se convierta en una rutina, en una práctica mas.

Para tener una retroalimentación de lo obtenido anteriormente se debe realizar un Checklist de las 5S's.

**Tabla 22.** Checklist de disciplina en 5S's

<b>CHECKLIST 5S'S</b>	
<b>Área:</b> Envolvedora Celda 1	
<b>Evaluador:</b>	
<b>EVALUACIÓN DE SELECCIÓN DE LA SELECCIÓN DE LO NECESARIO / INNECESARIO.</b>	<b>CHECKLIST</b>
¿Existen materia primas innecesarios en el área de trabajo?	
¿Existen herramientas, repuestos o piezas innecesarias?	
¿Se han identificado los materiales innecesarios?	
¿Los materiales innecesarios se han almacenado correctamente?	
<b>EVALUACION DEL ORDENAMIENTO</b>	
¿Se encuentran demarcadas y libres de obstáculos las áreas de circulación?	
¿Se encuentran señalizadas la ubicación de las herramientas?	
¿Se devuelven a su lugar las herramientas utilizadas?	
¿Se encuentran señalizados y en su lugar los implementos de seguridad?	
¿Se encuentran señalizados los puntos de lubricación?	
¿Se encuentran señalados el sentido de giro de las manillas?	
¿Hay señalización de puntos de electricidad?	
¿Hay señalización de donde se encuentran los materiales de limpieza?	
¿Hay un sitio dispuesto donde colocar los formatos de trabajo, lápices, calculadoras, otros?	
¿Existe diferenciación para los contenedores de desperdicios y scrap?	
<b>EVALUACIÓN DE LA LIMPIEZA</b>	
¿Están limpios los pisos?	
¿Están limpias las máquinas?	
¿Hay recipientes para colocar desperdicios?	
¿El equipo de trabajo se encuentra en buenas condiciones y limpio?	
¿Los materiales de limpieza son aprobados?	

<b>EVALUACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN</b>	
¿Existen los manuales de procedimiento?	
¿Existen manuales de mantenimiento?	
¿Se encuentran visibles las tareas de limpieza?	
¿Están los depósitos de basura vacíos y limpios?	
¿Están a la vista las medidas estándar de los rollos?	
¿Hay imágenes de las áreas limpias y en perfectas condiciones?	
<b>EVALUACIÓN DE LA DISCIPLINA</b>	
¿Los operadores presentan su vestimenta limpia y sus implementos de seguridad de forma permanente?	
¿Se observan las reglas de seguridad y los procedimientos establecidos?	
¿Se respeta la puntualidad y la asistencia a las etapas de implementación de las S's?	

**Fuente:** Elaboración propia

El obtener más de un 70% de los check, indicara que se están realizando de manera eficiente las S's, de lo contrario, tocara incentivar y motivar a los operadores a la implementación de las tareas planteadas.

Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son: mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados, reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos, tiempos de respuesta más cortos, aumenta la vida útil de los equipos y genera una cultura organizacional.

Los costos asociados a la aplicación de esta metodología son los siguientes:

**Tabla 23.** Costos asociados a la implementación de 5S's.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD (U)</b>	<b>COSTO UNITARIO (Bs.F)</b>	<b>TOTAL (Bs.F)</b>
Paño para limpiar	6	66,33	398,00
Esponja	2	28,50	57,00
Brocha de 2"	2	35,95	71,90
Jabón desengrasante	1 gal	67,5	67,50

Tinner	1 gal	159,00	159,00
Espátula	2	42,50	85,00
Tirro de 2"	2	59,95	119,90
Pintura Epóxica amarilla	1	469,00	469,00
Pintura Epóxica gris	1	730,00	730,00
Pintura Epóxica blanca	1	349,00	349,00
Pintura blanca Esmalte	1	295,00	295,00
Impresión de fotos y etiquetas	Necesario	420,00	420,00
Papelería (varios)	Necesario	390,00	390,00
Papelera	1 (50lt)	195,00	195,00
Adiestramiento de la Metodología			2500,00
<b>TOTAL</b>			<b>6306,30</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial y elaboración propia

## Beneficios

- Con la implementación de esta metodología se estima una reducción de la totalidad de las paradas no planificadas por limpieza, falta de personal, calibración de la máquina, ajuste de parámetros fuera de especificaciones y por productos semielaborado que se encuentren fuera de especificaciones, ya que estas áreas fueron atacados en dicha metodología y dieron como resultado la disminución del 40% de las paradas por fallas operacionales, de las cuales representan un 8,8% de las paradas totales de la envolvente.
- Disminución de posibilidad de accidentes, gracias a las advertencias que serán colocadas en las áreas de riesgo existente.
- Mayor desempeño de los operadores en sus funciones, gracias al orden determinado, disponibilidad de los manuales y a las visibles identificaciones

tanto de la maquina como de las herramientas que serán establecidas en las áreas de trabajo.

### **5.3 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las fallas presentadas en la envolvedora.**

El mantenimiento es el conjunto de acciones y/o intervenciones que se llevan a cabo en un equipo de trabajo para conservarlo en condiciones óptimas de productividad y seguridad.

La seguridad y eficiencia de un puesto de trabajo y el mantenimiento que se lleve a cabo en los equipos de trabajo que lo componen están directamente relacionados. En función del alcance de los puntos comprobados, de la frecuencia con que se realiza el mantenimiento o de si se efectúa por avería o por revisión preventiva habrá más o menos posibilidades de que se produzca una parada no planificada o un incidente.

El mantenimiento, además, no se tiene que limitar sólo a hacer intervenciones de conservación, sino que también tiene que participar en la mejora continua de los procesos productivos, teniendo en cuenta siempre la evolución de la tecnología.

Un mantenimiento llevado a cabo correctamente representa múltiples beneficios para un sistema productivo que se pueden cuantificar en la reducción o eliminación de, paradas por averías, velocidad reducida y anomalías en la producción, a parte de los costos que se asocian a las mismas y sus reparaciones. Permite que la máquina se conserve en óptimas condiciones para la producción y para la seguridad de quién la opera, y de la misma manera alarga su vida útil.

En este caso se decide implementar un plan de mantenimiento preventivo a la envolvedora, cuya finalidad es la programación de actividades de inspección,

tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad.

El plan de mantenimiento preventivo que se diseña a continuación pretende ser una guía para los operadores y para el personal de mantenimiento, a través de formatos que ubiquen y detallen la actividad a realizar, y así evitar la aparición de las fallas detectadas en el capítulo anterior de esta investigación.

Este formato contendrá la máquina a la cual se le realiza el mantenimiento, la fecha de vigencia, ya que los planes de mantenimiento deben tener revisiones y actualizaciones cada ciertos periodos, la actividad a realizar detallada que debe ser completados en cada inspección o ciclo, la ubicación de la parte que involucra (identificada mediante una imagen), la frecuencia con la que requiere efectuarse, los materiales necesarios para llevarla a cabo y observaciones adicionales con respecto a la misma. Este formato se colocará fijo en la mesa de información, donde se tienen expuestos los otros formatos y manuales que los operadores utilizan.

Para la realización del plan se basó en las instrucciones de los fabricantes, en las instrucciones genéricas de este tipo de máquinas, complementado siempre por la experiencia de los operadores y técnicos que habitualmente trabajan en la planta. Una vez tomadas en cuenta estas instrucciones se anexaron las resultantes del análisis de fallos del sistema realizado por los autores.

**Tabla 24.** Formato de mantenimiento preventivo de la envolvedora

	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>				
	Vigencia: Diciembre 2013				
	<b>MÁQUINA:</b>			<b>ENVOLVEDORA</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Parte Modo</b>	Realiza	Frecuencia	Materiales necesarios	Observación

Limpeza de la cinta de alimentación		Operador	Diaria (c/turno)	*Aspiradora * Pincel	
Limpeza de grupo de dosificadores		Operador	Diaria (c/turno)	* Pincel * Aire comprimido	
Limpeza de planos de despacho de rollos		Operador	Diaria (c/turno)	* Pincel * Aire comprimido * Agua * Paño limpio	
Limpeza de las guías de los elevadores		Personal de mantenimiento	Semanal	* Pincel	
Limpeza del grupo de desenrollado		Operadores	Diario (c/turno)	* Aire comprimido	
Limpeza de la guía de los plegadores		Personal de mantenimiento	Semanal	* Pincel	
Limpeza de los plegadores		Operador	Diaria (c/turno)	* Aspirador	
Limpeza de soldador inferior		Operador	Diaria (c/turno)	* Aire comprimido	
Limpeza de las coreas soldadoras		Operador	Diaria (c/turno)	* Aire comprimido * Paño	
Revisión de la posición de las fotoceldas de alimentación		Operador	Diaria (c/turno)	N/A	

Limpeza de las fotoceldas de alimentación		Operador	Semanal	* Trapo suave * Pincel	
Limpeza de las fotoceldas en cintas de salida		Operador	Semanal	* Trapo suave * Pincel	
Limpeza de los cárter principales		Operador	Semanal	* Trapo suave * Detergente sin espuma	
Revisión y ajuste de las condiciones de corte de la cuchilla móvil		Operador	Semanal	N/A	
Revisión de la presión ejercida por la cuchilla		Operador	Diaria (c/turno)	N/A	En caso de necesitar ajuste de utiliza llave allen de 12mm
Lubricación de las guías del elevador		Personal mantenimiento	Mensual	* Bomba	
Lubricación de las guías de los plegadores		Personal mantenimiento	Mensual	* Bomba	
Lubricación de las cadenas del trineo		Personal de mantenimiento	Semanal	* Bomba	
Revisión de la posición ink jet		Operador	Diaria (c/turno)	N/A	
Revisión de los rodamientos de la sección rápida.		Personal de mantenimiento	Mensual	N/A	

Comprobar que la máquina está sincronizada llevándola a manual		Operador	Diaria (c/turno)	N/A	
Limpieza del rodillo llamador		Operador	Diaria Por cada cambio de bobina (c/4hrs)	* Alcohol isopropílico * Paño	
Aceración de cuchilla		Operador	Semanal	* Amolador * Guantes	
Verificar condiciones de correas de sección rápida		Personal de mantenimiento	Mensual	N/A	Inspección. En caso de estar en malas condiciones (gastadas, sin fricción), se debe de proceder a cambiarlas
Verificar condiciones de correas de sección lenta		Personal de mantenimiento	Mensual	N/A	

**Fuente:** Manual del equipo y elaboración propia

Se debe que evitar estandarizar los puntos de revisión y potenciar las comprobaciones específicas en función del uso y el ritmo. Y de esta manera no se dará por sentado el correcto funcionamiento de las partes.

Es necesario hacer un tratamiento de datos de los resultados obtenidos en las revisiones efectuadas en cada programa de mantenimiento, con la finalidad de valorar, por ejemplo, el tiempo invertido en cada intervención y el estado de los elementos revisados, los recambios utilizados y la eventual previsión de hacer algún paro de producción para sustituir alguna pieza.

Adicionalmente se diseña un formato checklist. Este listado contiene las revisiones diarias que debe realizar un operador en su turno, indicando las condiciones del equipo, y si llegará a existir algún problema, se detectaría antes de empezar a utilizar el equipo y así darle un mantenimiento preventivo y no correctivo.

**Tabla 25.** Checklist de actividades diarias para la envolvedora.

		<b>Lista de Chequeo Diaria</b>													
		Vigencia: Diciembre 2013													
		<b>MÁQUINA:</b>							<b>ENVOLVEDORA</b>						
<b>FECHA</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>Inicio del turno</b>	Comprobar que la máquina está sincronizada	Revisión de la presión ejercida por la cuchilla	Revisión de la posición ink jet	Revisión de las condiciones de la cuchilla	<b>Final del turno</b>	Limpieza de la cinta de alimentación	Limpieza de grupo de dosificadores	Limpieza de planos de despacho de rollos	Limpieza del grupo de desenrollado	Limpieza de los plegadores	Limpieza de soldador inferior	Limpieza de las coreas soldadoras	<b>ENCARGADO</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para solventar el problema de los atascamientos de rollos en el elevador, se debe de atacar lo que corresponde la causa raíz a este evento, el cual, gracias a los estudios realizados y documentados en el capítulo anterior, se conoce que tiene su origen en los residuos de aglutinantes que dejan los rollos en su pasar. Es por esto que se considera primordial atacar el la situación de exceso de pegamento en los rollos, para que estos no afecten las funciones de la línea.

La pega que sella los rollos de papel la coloca el equipo denominado sella cola o encolador, el cual, una vez el log formado cae en una especie de canal, donde una especie de paleta ó tope bañado en pega se levanta en ese instante y

lo impregna del pegamento, que luego con un pequeño movimiento de vaivén hace que esta última hoja de papel se adhiera al log.

Con el pasar del tiempo la paleta de la sella cola presenta residuos de pega que se ha secado, más el polvillo que se haya depositado allí, esto ocasiona que la línea de pega que se impregna en el log sea de mayor espesor, dejándole más pegamento y haciendo su secado más lento.

Es por esto que se propone adicionalmente un plan de mantenimiento para la sella cola, y de esta manera reducir o erradicar los residuos de pegamento que presenta la bandeja de la envolvedora, además de darle mejor acabado a los rollos de papel higiénico.

**Tabla 26.** Formato de mantenimiento preventivo de la encoladora.

	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>			
	Vigencia: Diciembre 2013			
	<b>MÁQUINA:</b>		<b>SELLA COLA</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Parte</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Materiales necesarios</b>	<b>Observación</b>
Limpieza de paleta aplicador de pegamento		Mensual	* Trapo * Detergente sin espuma	
Limpiar rodillos prensa		Semanal	* Trapo (nuevo) * Agua	Se utiliza agua para evitar residuos antihigiénicos.
Limpiar base de traslado		Mensual	* Trapo * Agua	
Cambiar el pegamento en el tanque		Mensual	N/A	

Limpiar el tanque de pegamento		Mensual	* Agua	
--------------------------------	--	---------	--------	--

**Fuente:** Elaboración propia

Para la implementación de esta propuesta se considerará necesario un pequeño entrenamiento por parte de un técnico de mantenimiento y un encargado de seguridad industrial para que el operador principal de la envolvente y el encargado del área de la sella cola (de los cuatro grupos operativos) conozcan las operaciones que deben realizar y la manera en que deben ejecutarlas para que sea efectiva y no ponga en riesgo su seguridad.

Las actividades de mantenimiento diario se ajustarán de tal manera, que se realicen en su mayoría para los momentos de puesta a punta y de esta forma evitar incurrir en paradas mayores. Con la colaboración de los operadores encargados del manejo de la envolvente se cuantificó que dichas actividades implican un aproximado de 12 minutos diarios de improductividad de la máquina. Las actividades de mantenimiento que no tienen una frecuencia diaria se ajustarán en las paradas planificadas por el personal de mantenimiento ya establecidas en el cronograma anual de la empresa.

Adicionalmente los gastos de papelería para imprimir los formatos y los implementos necesarios adicionales para las operaciones.

Los costos asociados a esta propuesta se reflejan en la siguiente tabla

**Tabla 27.** Costos asociados al plan de mantenimiento preventivo.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bsf/hr)	TOTAL (Bsf)
Horas Hombre de adiestramiento (Expositores)	8 Hrs.	20BsF/Hr técnico	160,00
Horas Hombre de adiestramiento (Operadores)	16 Hrs.	14,50	232,00

Gastos de Papelería	9 Unid.	26,00	234,00
Pincel (brocha suave de 1")	2 Unid.	29,95	59,90
Trapo	1 Unid.	199,00	199,00
Alcohol isopropílico	1 Unid.	160,00	160,00
Detergente sin espuma	1 Unid.	67,50	67,50
Guantes	1 Unid.	18,00	18,00
Amolador	1 Unid.	186,30	186,30
Paquetes dejados de producir	25.920 pqts/mes (12*72*30)	4,11 <sup>1</sup>	106.530,20
<b>TOTAL (Bs.F)</b>			<b>107846,90</b>

<sup>1</sup>Valor aproximado de ingreso neto por paquete de papel higiénico.

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Industrial y elaboración propia

## Beneficios

- Con la correcta implementación de esta propuesta se espera una reducción de las paradas debido a las fallas mecánicas del 99%, debido a que no se puede erradicar el 1% referente a cambios de accesorios neumáticos, lo cual representa una reducción del 55,44% de las paradas que presenta la envolvente.
- Además cabe destacar que el mantenimiento en los equipos trae consigo una mejoría en su funcionalidad, esto le proporcionará la agilidad necesaria a la envolvente para que pueda incrementar su velocidad promedio de desempeño cuando sea necesario, esto representaría una disminución del 8% de paradas relativas a la envolvente con respecto a su velocidad de desempeño.
- Se erradicarán las fallas presentadas por las fotoceldas que acarrearán el 65% de las paradas por fallas electrónicas. Esto representa una disminución del tiempo perdido de la envolvente en un 5,85%.

- La implementación de esta propuesta establece frecuencias de mantenimiento y períodos de implementación del mismo, de manera tal que no existan paradas de la línea por la ejecución de actividades de limpieza. Esto representa una disminución de los tiempos perdidos de la envolvente en un 0,66%, equivalente al 3% de paradas operacionales referentes a limpieza.
- Permitirá que la máquina envolvente produzca mejores presentaciones de empaquetado que asegura el 100% de aceptación de los controles de calidad.
- En total se reducirán 69,95% de las paradas por tiempos perdidos que afectan a la máquina

#### **5.4 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS PLANTEADAS.**

El estudio de factibilidad de un proyecto consistió en aplicar un modelo de rentabilidad para conocer si cada una de las propuestas generadas es factible. La rentabilidad de un proyecto es según Giugni (2009) una medida que permite conocer de una manera anticipada el resultado global de la operación de un proyecto desde un punto de vista económico.

El valor actual expresa la rentabilidad de un proyecto en forma de una cantidad de dinero en el presente, que es equivalente a los flujos monetarios netos y a una determinada tasa mínima de rendimiento.

Significado del valor actual según Giugni (2009):

**VA (%) > 0:** los ingresos del proyecto superan a los costos, incluyendo la tasa mínima de rendimiento, en una cantidad de dinero equivalente a la magnitud del valor actual. En este caso, el proyecto genera un beneficio superior al mínimo exigido.

**VA (%) = 0:** los ingresos y los costos del proyecto, incluyendo la tasa mínima de rendimiento son iguales, por lo que, el proyecto genera un beneficio igual al mínimo exigido.

**VA (%) < 0:** los costos del proyecto, incluyendo la tasa mínima de rendimiento son superiores a los ingresos en una cantidad de dinero equivalente a la magnitud del valor actual. En este caso, el proyecto reporta una pérdida, es decir, no se logran cubrir todos los costos a ese valor de la tasa mínima de rendimiento.

El significado de un  $VA \geq 0$ , implica que un proyecto es rentable, lo que quiere decir que los ingresos generados deben ser lo suficientemente grandes para recuperar todos los costos y el rendimiento mínimo exigido.

Por otra parte, un proyecto de inversión es aceptable, si la inversión inicial se logra recuperar en un tiempo menor o igual a un valor límite establecido denominado tiempo crítico.

Para conocer los Ingresos Brutos generados actualmente por la celda 1, se calcula la producción mensual aproximada por el PVP del producto, en este caso se tomará como referencia el costo del papel producido en esta línea.

Actualmente la planta trabaja por producción continua, durante la cual la envolvente funciona a una velocidad promedio de 72 paquetes/minuto.

PVP = 17,81 Bs

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de Producción Óptima} &= 72 \frac{\text{ppts}}{\text{min}} \times 1440 \frac{\text{min}}{\text{día}} \times 30 \frac{\text{día}}{\text{mes}} \\ &= 3.110.400 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Se considera que aproximadamente se cuenta con una ganancia del 30% con respecto a los costos operacionales de la producción óptima de la línea. Se

asume esto, debido a que no se tuvo acceso al valor real de los costos operaciones, ni al valor de ganancia neta por producto, ya que es información confidencial de la empresa, pero se hizo este estimado para dar cabida a los cálculos de la investigación, tomando en cuenta un margen de ganancia reducido, ya que el producto en cuestión se encuentra con PVP regulado por los entes gubernamentales.

$$\text{Costos Operacionales} = 3.110.400 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}} * \left( \frac{17,81}{1,3} \right) \frac{\text{Bs}}{\text{pqts}} = 42.612.480 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Tomando en cuenta lo que se deja de producir por el 4,96% de tiempo perdido, representa un promedio mensual de 2142 minutos de pérdidas de tiempo, se estimará una producción mensual de:

$$\text{Paquetes dejados de producir} = 154.224 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}}$$

$$\text{Producción Actual} = 3.110.400 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}} - 154.224 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}} = 2.956.176 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}}$$

Esto representa un Ingreso Bruto mensual de:

$$\text{Ingresos Brutos Actuales} = 2.956.176 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}} \times 17,81 \frac{\text{Bs}}{\text{pqts}} = 52.649.494,56 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Para determinar la rentabilidad de las diferentes propuestas se considera una tasa de interés activa, ya que los costos son pequeños y la empresa está en perfecta capacidad de acarrear con todos los costos en que se incurran. La tasa de interés activa se establece en 15,73% anual según el Banco Central de Venezuela para el mes de Mayo de 2013. Este valor se le convertirá mensualmente, ya que el estudio se realiza por un año y se le sumara el factor de riesgo país que se encuentra establecido en 8,19% igualmente para el mes de mayo.

$$i_{anual} = (1 + i_{mensual})^m - 1$$

$$i_{mensual} = \sqrt[m]{i_{anual} + 1} - 1$$

$$i_{mensual} = \sqrt[12]{0,1573 + 1} - 1 = 0,012248 = 1,2248\%$$

$$i_{mensual} = 1,2248 + 8,19 = 9,4148\%$$

### PROPUESTA 1

Con la implementación de esta propuesta se espera una reducción del 20,17% de las paradas por tiempo perdido en la envolvente de celda 1 de higiénicos, quedando:

$$\begin{aligned} \text{Producción esperada} &= 2.956.176 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} + \left( (0,201684) * 154.224 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} \right) \\ &= 2.987.281 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

$$\text{Ingresos Brutos} = 2.987.281 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} * 17,81 \frac{\text{Bs}}{\text{ppts}} = 53.203.474,61 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

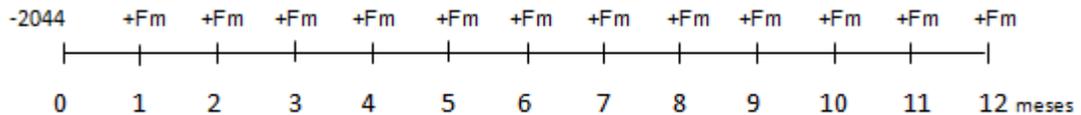
**Tabla 28.** Cálculo de valor actual a la propuesta 1.

Periodo	Inv. I	I. Brutos	C. Oper	Flujo Monetario
0	Bs -2.044,00	Bs -	Bs -	Bs -2.044,00
1	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
2	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
3	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
4	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
5	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
6	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
7	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
8	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
9	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
10	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
11	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
12	Bs -	Bs 53.203.474,61	Bs -42.612.480,00	Bs 10.590.994,61
V.A.				Bs 74.311.576,06

(9,4148%)			
-----------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Como  $VA >> 0$ , nos indica que esta propuesta es rentable.



$F_m = \text{Ingresos brutos} - \text{Costos operacionales}$

$T=1, \quad -2044 + 10.590.994,61 = 10.588.950,61 \text{Bs.}$

Esto significa que en menos de un mes se recupera totalmente la inversión inicial.

## PROPUESTA 2

Con la implementación de esta propuesta se espera una reducción del 8,8% de las paradas por tiempo perdido en la envolvente de la celda 1 de higienicos, quedando:

$$\begin{aligned} \text{Producción esperada} &= 2.956.176 \frac{pqts}{mes} + \left( (0,088) * 154.224 \frac{pqts}{mes} \right) \\ &= 2.969.748 \frac{pqts}{mes} \end{aligned}$$

$$\text{Ingresos Brutos} = 2.969.748 \frac{pqts}{mes} * 17,81 \frac{Bs}{pqts} = 52.891.211,88 \frac{Bs}{mes}$$

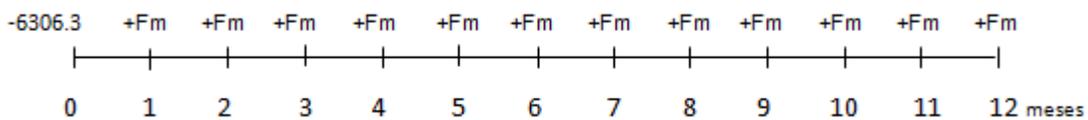
**Tabla 29.** Cálculo de valor actual a la propuesta 2.

Periodo	Inv. I	I. Brutos	C. Oper	Flujo Monetario
0	Bs -6.306,30	Bs -	Bs -	Bs -6.306,30
1	Bs -	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
2	Bs -	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
3	Bs -	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
4	Bs -	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
5	Bs -	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88

6	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
7	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
8	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
9	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
10	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
11	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
12	Bs	-	Bs 52.891.211,88	Bs -42.612.480,00	Bs 10.278.731,88
V.A. (9,4148%)					Bs 72.116.266,11

Fuente: Elaboración propia.

Como  $VA >> 0$ , nos indica que esta propuesta es rentable.



$F_m = \text{Ingresos brutos} - \text{Costos operacionales}$

$T=1, \quad -6306,3 + 10.278.731,98 = 10.272.425,58 \text{Bs.}$

Significa que en menos de un mes se recupera totalmente la inversión inicial.

### PROPUESTA 3

Con la implementación de esta propuesta se espera una reducción del 69,95% del tiempo perdido por las no paradas programadas de la envolvente, quedando:

$$\begin{aligned}
 \text{Producción esperada} &= 2.956.176 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} + \left( 0,6995 * 154.224 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}} \right) \\
 &= 3.064.056 \frac{\text{ppts}}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ingresos Brutos} = 3.054.056 \frac{\text{pqts}}{\text{mes}} * 17,81 \frac{\text{Bs}}{\text{pqts}} = 54.570.837,36 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Para esta propuesta se toma en cuenta que diariamente se incurre en paradas aproximadas de 12 minutos improductivos, que mensualmente representan una pérdida de:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas por paradas de mtto} &= 12 \frac{\text{min}}{\text{dia}} * 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} * 72 \frac{\text{pqts}}{\text{min}} * 4,11 \frac{\text{Bs}}{\text{pqts}} \\ &= 106531,20 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

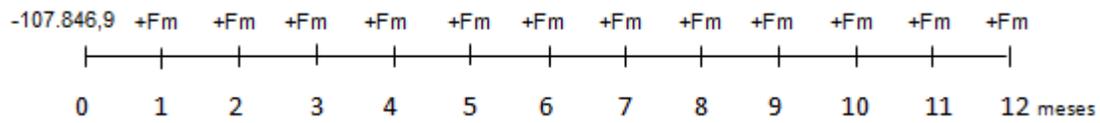
Este valor es adicionado a los costos operacionales en la tabla del valor actual de esta propuesta

**Tabla 30.** Cálculo de valor actual a la propuesta 3.

Periodo	Inv. I	I. Brutos	C. Oper	Flujo Monetario
0	Bs -107.846,90	Bs -	Bs -	Bs -107.846,90
1	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
2	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
3	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
4	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
5	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
6	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
7	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
8	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
9	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
10	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
11	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
12	Bs -	Bs 54.570.837,36	Bs -42.719.010,20	Bs 11.851.827,16
V.A. (9,4148%)				Bs 83.052.631,70

Fuente: Elaboración propia.

Como VA >> 0, nos indica que esta propuesta es rentable.



$Fm = \text{Ingresos brutos} - \text{Costos operacionales}$

$$T=1, \quad -107.846,90 + 11.851.827,16 = 11.743.980,26Bs.$$

Esto quiere decir que en menos de un mes se recupera completamente la inversión inicial.

## CONCLUSIONES.

A continuación se presentan las conclusiones a las cuales se llegó a través de este trabajo.

Se alcanzaron los objetivos propuestos en este estudio, ya que se logró detectar que la situación crítica que afectaba la celda1 de higiénicos, correspondía al área de la envolvedora, con un 4,96% de participación en los tiempos perdidos registrados. Para esta detección se utilizaron herramientas como diagramas de Pareto, la observación directa y recopilando información de los tiempos perdidos de toda la celda.

Se evaluaron las causas de los problemas que ocasionan el bajo desempeño de la envolvedora mediante herramientas como diagramas de Ishikawa, 5 Por qué?, y la metodología de AMEF, lo cual indicó que las principales fallas de la máquina se encuentran a nivel mecánico y operacional, indicando las de mayor relevancia a continuación:

- Atascamiento de rollos en el elevador, originado por residuos de pegamento en la bandeja de alimentación.
- Insensibilidad de la fotocelda en canales de alimentación, ocasionado por presencia de polvo en el sensor y/o mal posicionamiento.
- Desgaste de cuchillas, debido al mal ajuste por la falta de adiestramiento.
- Desajuste de correas en sección rápida, originado por la falta de seguimiento de su vida útil.

El tiempo perdido ocasionado por la envolvedora representa 154.224 paquetes que se dejan de producir mensualmente, lo cual se deja de obtener una ganancia bruta de 2.746.729,44Bs.

Para atacar la situación mencionada se propusieron planes de mejoras que se basan en reducir o eliminar los problemas detectados:

- Propuesta de adiestramiento a operadores del área crítica, la cual disminuye un 20,1684% de las paradas por tiempo perdido, aumentando la producción en 31.105 paquetes por mes, lo que equivale a 553.980,05Bs de ingresos brutos adicionales.
- Propuesta de implementación de la Metodología 5S's en el área de la Envolvedora de la celda 1, disminuye un 8,8% de las paradas no planificadas en la envolvedora, aumentando la producción en 13.572 paquetes por mes, lo que equivale a 241.717,32Bs de ingresos brutos adicionales.
- Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las fallas presentadas en la envolvedora de celda 1, el cual disminuye un 61,95% de paradas no planificadas, aumentando la producción en 95.542 paquetes por mes, lo que equivale a 1.701.063,02Bs de ingresos brutos adicionales.

Es importante destacar que con todas las propuestas planteadas ocurre una disminución de tiempo perdido y un aumento de la producción y la productividad, de acuerdo a la aplicación del valor actual se verifico que todas las propuestas son rentables y el tiempo de recuperación de la inversión inicial es un mes.

## RECOMENDACIONES

- Implementar las propuestas de mejora descritas en esta investigación para el mejor desempeño de la línea de producción de papel higiénico.
- Realizar un seguimiento al estudio AMEF para cuantificar mejorías con respecto a la ocurrencia y detectar nuevas fallas potenciales proclives a producir una mejoría en el desempeño de la envolvedora, así como en otros equipos.
- Asegurar el cumplimiento de las nuevas rutinas de trabajo propuestas por parte de los operadores y personal de mantenimiento, mediante supervisión de los superiores.
- Garantizar que los operadores nuevos en un área de trabajo hayan cumplido con el adiestramiento pertinente.
- Realizar estudios de mantenimiento preventivo a los demás equipos de la línea para verificar y asegurar si los actuales son suficientes.
- Establecer registros de tiempo perdido por cada equipo para llevar mejor control del mismo, y así poder detectar el origen de las problemáticas con mayor facilidad.
- Evitar la aceptación de material de embalaje (polietileno impreso) que no cumpla con los rangos de aceptación requeridos de calibre y coeficiente de fricción, y conversar con los diferentes proveedores la importancia del apego a estos.

- Supervisar el cumplimiento de los estándares de diámetro y alto de los rollos de papel higiénico de manera que los paquetes cumplan con la presentación establecida.
- Programar el funcionamiento de la línea de manera tal que las cintas de transporte se detengan cuando la línea de producción lo haga y de así evitar el exceso de roce en los rollos.

## REFERENCIAS

- Alderete, V., Colombo, A., Di Stéfano, V., & Wade, P. (2003). Six Sigma. *Congreso del Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos*, (págs. 2-21). La Plata.
- Balestrini Acuña, M. (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctoriales*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental FEDUPEL.
- Banco Central de Venezuela B.C.V. (2013). *Índice Nacional de Precios al Consumidor*. [Archivo en línea]. Consultado el 12 de Mayo de 2013 en: <http://www.bcv.org.ve/c2/indicadores.asp>
- Da Silva Oliveira R. (2002). *Teorías de la administración*. Thomson International, (pág 20).
- De la Torre Villar E., & Navarro de Anda R. (1981). *Metodología de la investigación, bibliográfica, archivista y documental*. D.F. México: McGraw-Hill
- Fumero, M. (2001). *Desarrollo de un plan de mantenimiento productivo total de una línea de bebida*. Valencia: Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad de Carabobo.
- Galgano, A. (1995). *Los 7 instrumentos de la calidad total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Galleguillos, F. (12 de Febrero de 2007). *Biblioteca ágora*. Recuperado el 3 de Mayo de 2013, de Procesos Productivos en la Industria Actual: [http://biblioagora.ucevalpo.cl/docs/1045/Apuntes%20I%20Producci%F3n%20\\_%20Procesos.pdf](http://biblioagora.ucevalpo.cl/docs/1045/Apuntes%20I%20Producci%F3n%20_%20Procesos.pdf)
- Giugni de Alvarado, L., Etedgui de Betancourt, C., González de Salama, I., & Guerra Torrealba, V. (2007). *Evaluación de proyectos de inversión*. Valencia: Universidad de Carabobo.

- Hidalgo Mascorro, A. (Septiembre de 2005). *Manual del FMEA (AMEF)*. Recuperado el 12 de Enero de 2012, de <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/manualfmea.htm>
- Lizarraga Pérez, R. (24 de Septiembre de 2003). *QUE SON LAS 5 'S ?* Recuperado el 12 de Febrero de 2013, de [www.maestriaenadministracion.uson.mx/](http://www.maestriaenadministracion.uson.mx/)
- McDermott, R., Mikulak, R., & Beauregard, M. (2009). *The Basic of FMEA*. New York: CRC Press.
- Mendez, C. (2001). *METODOLOGIA. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Piña, E. (2007). La Estrategia de las 5 S. *Gotas de Conocimiento*, 1-40.
- Puga Muñoz, M. (Noviembre de 2012). *LOS CINCO POR QUÉS (Five Whys)*. Recuperado el 08 de Febrero de 2013, de <http://www.mpuga.com/Docencia/Informacion%20Para%20Las%20Decisiones/Los%20Cinco%20por%20ques.pdf>
- Tissue Machine Company. (2001). *Manual de Envolvedora Qualywrap 1800 FX*. Italy.
- Villasmil, W., & Cabrera, G. (2008). *Propuestas de Mejoras para Incrementar la Productividad en una Empresa Embotelladora de Bebidas no Carbonatadas (Caso: Pepsi-Cola de Venezuela, planta Valencia)*. Valencia: Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad de Carabobo.

## APENDICE 1. Hoja de reporte de asentamiento de la maquina (1/2)

			Fecha: ____ / ____ / ____											
VARIABLES	OBJETIVO	UNIDAD	Artículo: _____				Artículo: _____				Artículo: _____			
			Op. _____				Op. _____				Op. _____			
			22	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
SIERRA 1			3-TURNO				1-TURNO				2-TURNO			
Velocidad: No. De Cortes por minuto que realiza la máquina	80 - 120	Cortes / min.												
Funcionamiento sistema automatico de ajuste de piedras: Consiste en verificar si el sistema eléctrico automático que realiza en ajuste de las piedras con el desgaste del disco esta funcionando.		SI/ NO												
Tiempo de afilado: Tiempo que transcurre entre afilado	1,3	Seg												
Tope sin afilado: Número de Cortes entre afilado y afilado	15 - 35	No. Cortes												
Desactivación de Aire: Tiempo de retraso en la introducción de los sopladoras del trim.	7725 - 8120	mcrseg												
Tope sin lubricación: Número De cortes entre impulso de lubricación	12	No. Cortes												
Presión de aire de entrada: Presión que debe tener el aire a la entrada	5 - 6	Bar												
Presión aire a la salida del inyector: Presión que tiene el aire a la salida del inyector	2,8	Bar												
Presión de aire del tanque: Presión de aire que tiene el tanque	1,5	Bar												
SIERRA 2			3-TURNO				1-TURNO				2-TURNO			
Velocidad: No. De Cortes por minuto que realiza la máquina	80 - 120	Cortes / min.												
Funcionamiento sistema automatico de ajuste de piedras: Consiste en verificar si el sistema eléctrico automático que realiza en ajuste de las piedras con el desgaste del disco esta funcionando.		SI/ NO												
Tiempo de afilado: Tiempo que transcurre entre afilado	1,3	Seg												
Tope sin afilado: Número de Cortes entre afilado y afilado	15 - 35	No. Cortes												
Desactivación de Aire: Tiempo de retraso en la introducción de los sopladoras del trim.	7725 - 8120	mcrseg												
Tope sin lubricación: Número De cortes entre impulso de lubricación	12	No. Cortes												
Presión de aire de entrada: Presión que debe tener el aire a la entrada	5 - 6	Bar												
Presión aire a la salida del inyector: Presión que tiene el aire a la salida del inyector	2,8	Bar												
Presión de aire del tanque: Presión de aire que tiene el tanque	1,5	Bar												

## Hoja de reporte de asentamiento de la maquina (2/2)

			Fecha: ____/____/____											
VARIABLES	OBJETIVO	UNIDAD	Anículo:				Anículo:				Anículo:			
			Op.				Op.				Op.			
			22	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ENVOLVEDORA Qualywrap			3-TURNO				1-TURNO				2-TURNO			
Presión de Lanzador de Rollos: Presión de aire suministrada al lanzador de rollos	30 - 45	Psi												
Posición Mesa de Alimentación: Posición de trabajo de la mesa de alimentación de rollos	117 - 127	mm												
Foto Celda control de lanzamiento: Estado de la fotocelda de control de lanzamiento	Activadas													
Presión de Válvula de Alimentación: Presión de aire de la válvula de alimentación	30 - 45	Psi												
Temp. Barra de Sellado Interior: Temperatura que muestra la barra de sellado interior	Observación visual	°C												
Temp. Banda de Sellado Lateral Izq.: Temperatura que muestra las Bandas de sellado lateral izquierda	Observación visual	°C												
Temp. Banda de Sellado Lateral Der.: Temperatura que muestra las Bandas de sellado lateral derecha	Observación visual	°C												
Velocidad: No. De Paquetes por minuto que envuelve la máquina		Paq / min												
Pres. Válvula de Plegadores y Contraplegadores: Presión de aire que tiene la válvula de los plegadores	2,5	Bar												
Abertura correa transp. de poly. Izq.: Distancia de abertura de la correa Transportadora de poly lado izquierdo	424 - 462	mm												
Posición Porta Poly Izq.: Posición de la unidad porta poly lado izquierdo	290 - 305	mm												
Posición Porta Poly Der.: Posición de la unidad porta poly lado Derecho	958 - 964	mm												
Presión Rodillo Móvil: Presión de aire del pistón de accionamiento del rodillo móvil contracuchilla	2 - 6	Bar												
Abertura correa transp. de poly Der.: Distancia de abertura de la correa Transportadora de poly lado derecho	545 - 555	mm												
Posición Tope de Llegada: Posición del Tope de llegada de los rollos	190 - 200	mm												
Posición Guía Superior del Elevador: Posición de la guía Superior del Elevador	205 - 210	mm												
Posición Barra de Sellado Interior: Posición de la Barra de sellado Interior	083 - 085	mm												
Posición de Plegadores: Posición de las láminas plegadoras de poly	218 - 226	mm												
Posición Banda de Sellado Lateral: Distancia entre las bandas de sellado laterales	195 - 210	mm												
Posición del Cuerpo de Máquina: Posición del cuerpo de la máquina	110 - 114	mm												
ASADORA			3-TURNO				1-TURNO				2-TURNO			
Posición de Guía Transportadora: Distancia que separa las guías transportadoras		mm												
Posición de Colocador de Asa: Posición del colocador de asas en el paquete		mm												
Posición Correa Superior: Posición de altura de la correa Superior		mm												

## APENDICE 2. Paquetes con envoltura fuera de estándares

### Desplazamiento de envoltura

- Hacia arriba: llegada adelantada del polietileno, con respecto a la de llegada de los rollos.
- Hacia Abajo: llegada retardada del polietileno, con respecto a la de llegada de los rollos.
- Lateral: La bobina de polietileno no ha sido colocada de manera centrada.



**Paquetes poco ajustados:** patas que sujetan los rollos muy abiertas o cuerpo de maquina muy elevado. Como causa ajena a la máquina también se puede presentar que los rollos se estén produciendo de menor diámetro.



## Mal Sellado

- **Superior**

- Abierto: el plegado no se realiza correctamente en la parte superior del paquete, quedando abierto y expuesto a las condiciones de almacenamiento.



- Doblado hacia adentro: la parte superior del polietileno queda doblada hacia adentro del paquete dejándolo descubierto. Esto se puede atribuir a que el polietileno llega un poco retardado en comparación con los rollos y estos empujan la envoltura hacia el interior del paquete.



- Solapa: Se presenta principalmente cuando la soldadora despega la pestaña superior de lado izquierdo que permite el dobles, o esta se levanta antes de entrar al canal de las bandas soldadoras.



- **Rollo Corto:** en algunos casos se presenta el hecho que la sierra está funcionando de manera incorrecta y produce algunos rollos más cortos, esto hace que al momento de sellarse en la soldadora no toca las bandas ese rollo más corto, provocando un mal sellado.



- **Inferior:** el sellador inferior no tiene la posición correcta respecto al paquete o no tiene la temperatura necesaria.



### **Falla de Soldadura**

- **Muy Caliente:** la soldadura muy caliente puede ocasionar huecos al empaque.
- **Poco Caliente:** si las bandas no tienen la temperatura correcta, en este caso muy baja, puede no pegar el polietileno y este se abre.



**Rollos en Posición Incorrecta:** algunos rollos llegan por los canales de alimentación torcidos, o parados y el sensor no los detecta (debería detener la maquina), permitiendo el armado de estos paquetes defectuosos.



**Llegada Incompleta de Rollos:** El paquete se forma con solo 3 rollos. Llegada incorrecta de los canales de alimentación y el sensor no lo detecta.



**Rollos con cola que entorpecen el sellado:** los rollos quedan con una parte de papel desenrollado, y este se interpone entre las dos capas de plástico y no permite que selle.



### APENDICE 3. Espectrofotómetro de Infrarrojo FTIR Spectrum 400 (PerkinElmer)

Equipo dual FT-NIR y FT-IR-MIR por Transformada de Fourier para el rango Infrarrojo medio y cercano (MIR y NIR).

Sistema de doble fuente con cambio automático. Fuentes prealineadas.

Doble divisor de haz (KBr y  $F_2Ca$ ) para MIR y NIR.

Doble detector DTGS (para MIR y NIR) con temperatura estabilizada.

Rango  $14.700$  a  $350\text{ cm}^{-1}$ .

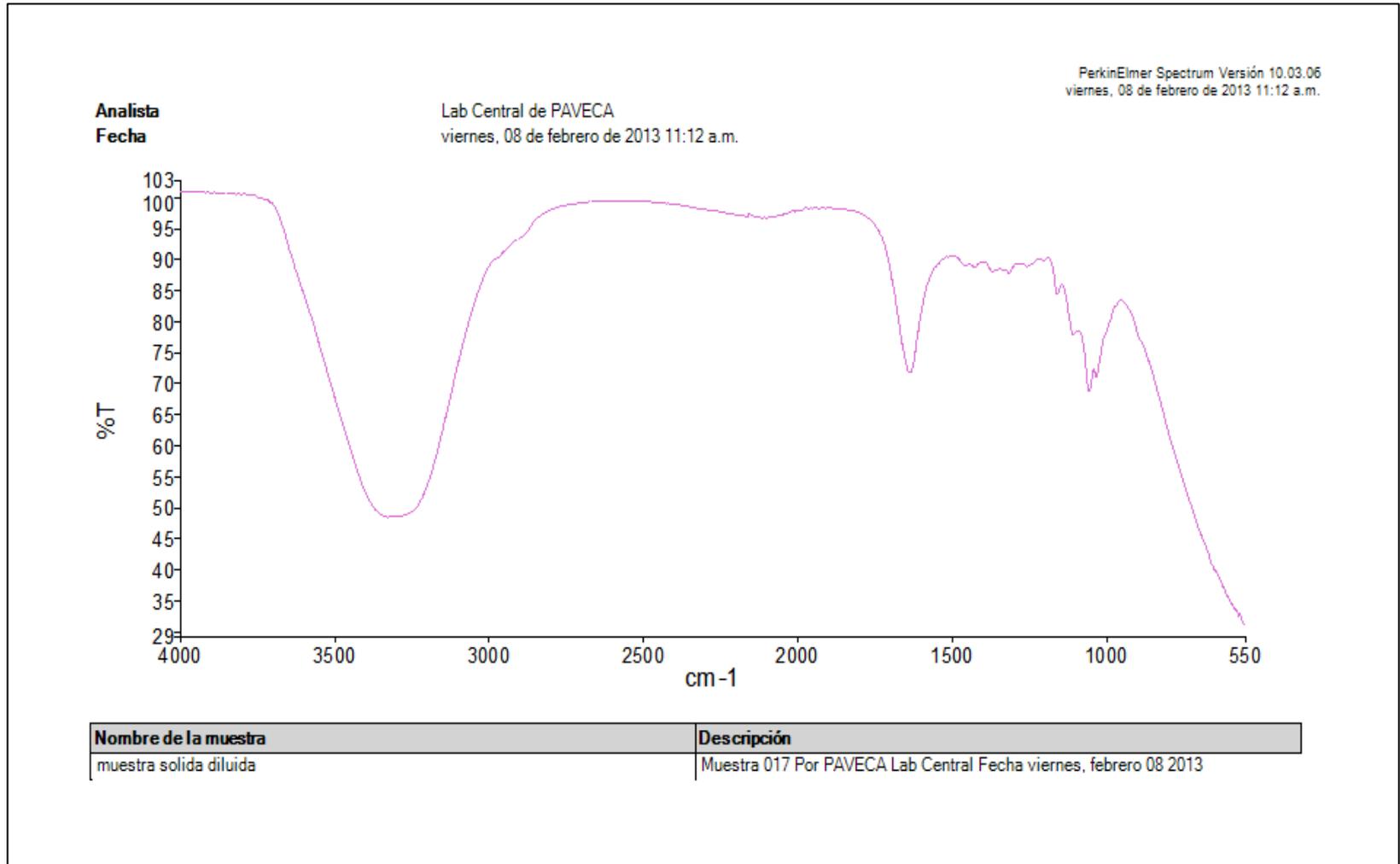
Resolución  $0,5\text{ cm}^{-1}$  (MIR) y  $1\text{ cm}^{-1}$  (NIR).

Corrección automática de vapor de agua y  $CO_2$ .

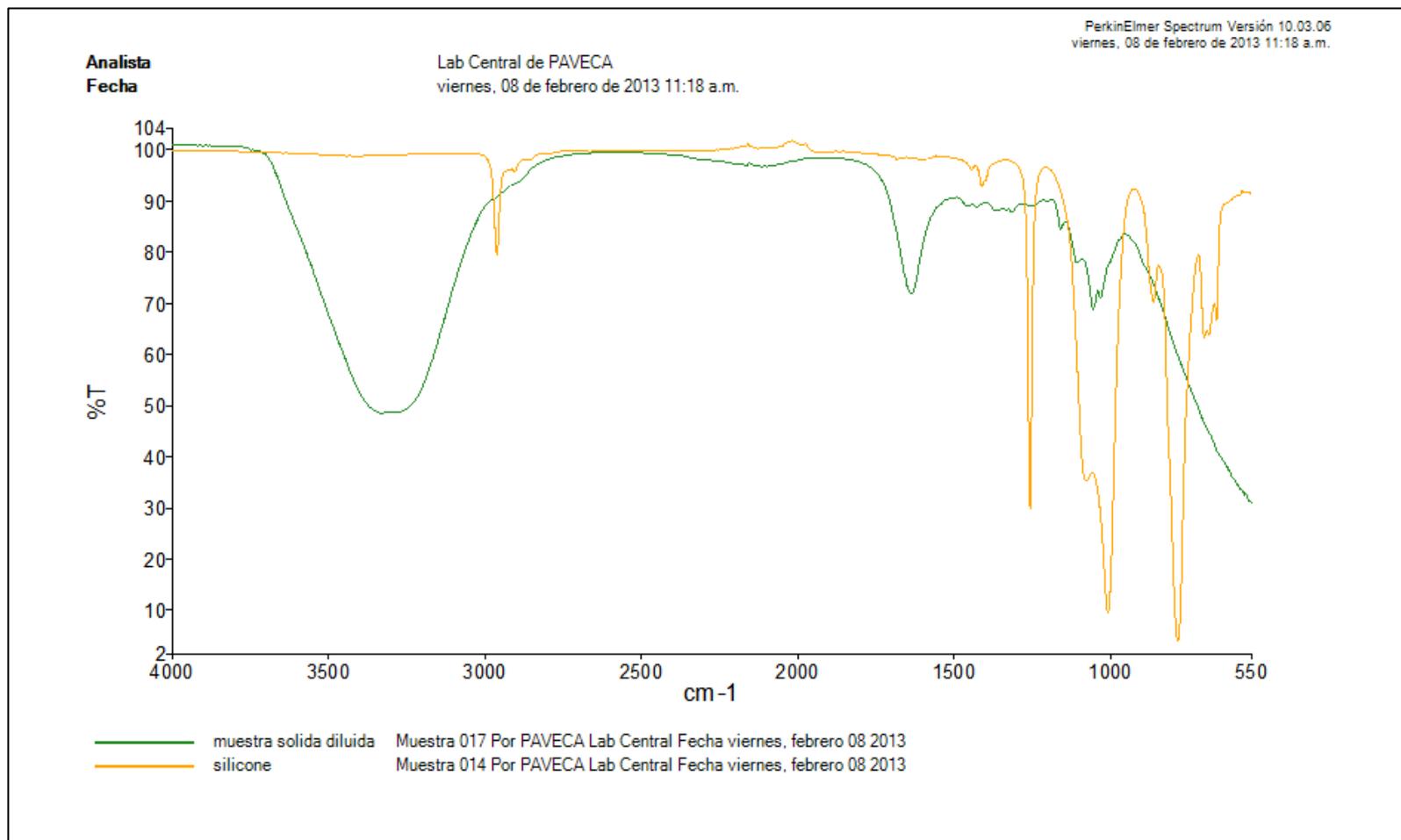
Estandarización de espectros con patrón interno trazable NIST de metano.



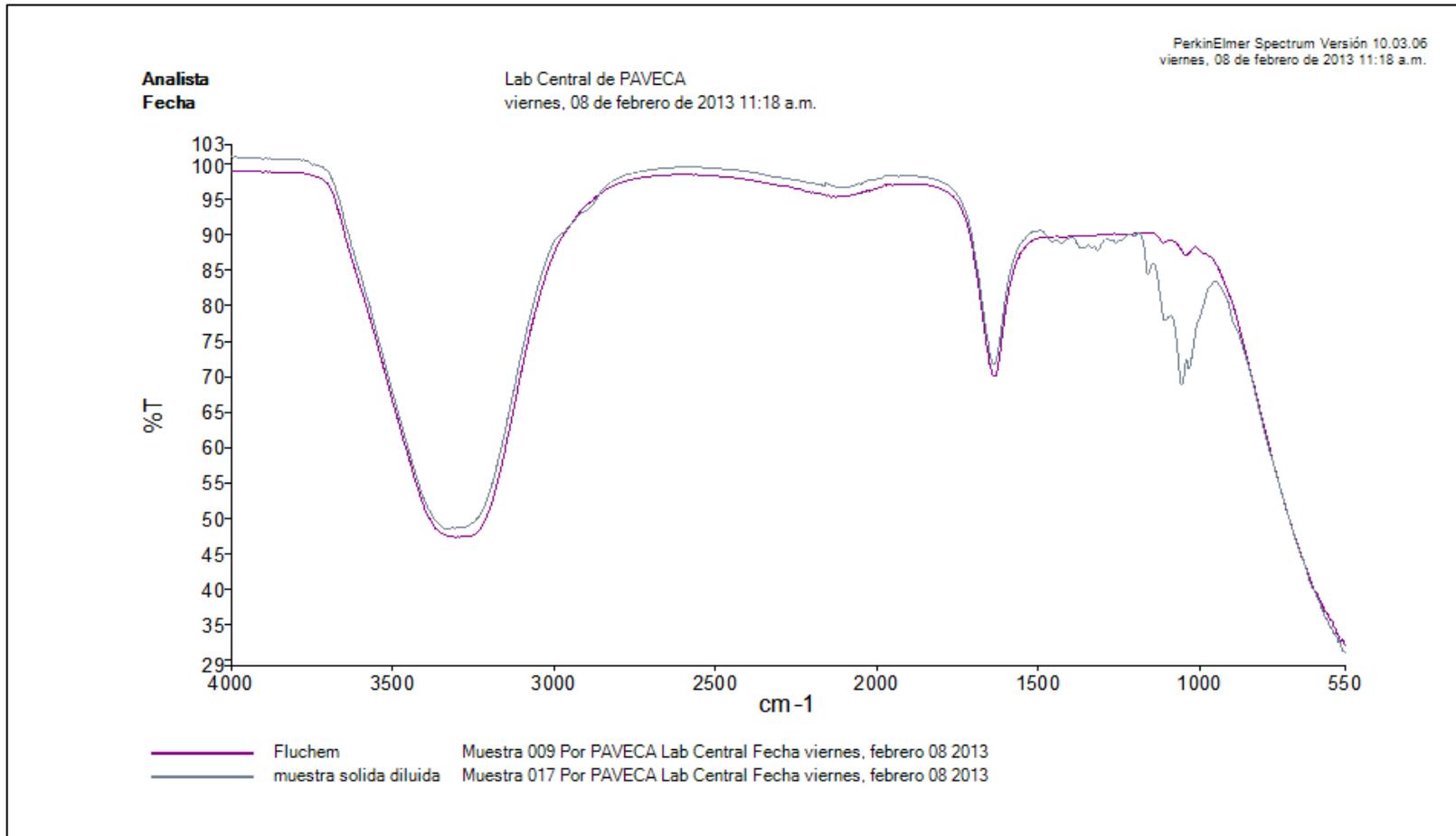
**APENDICE 4.** Análisis IR de residuo encontrado en bandeja de alimentación de la envolvedora.



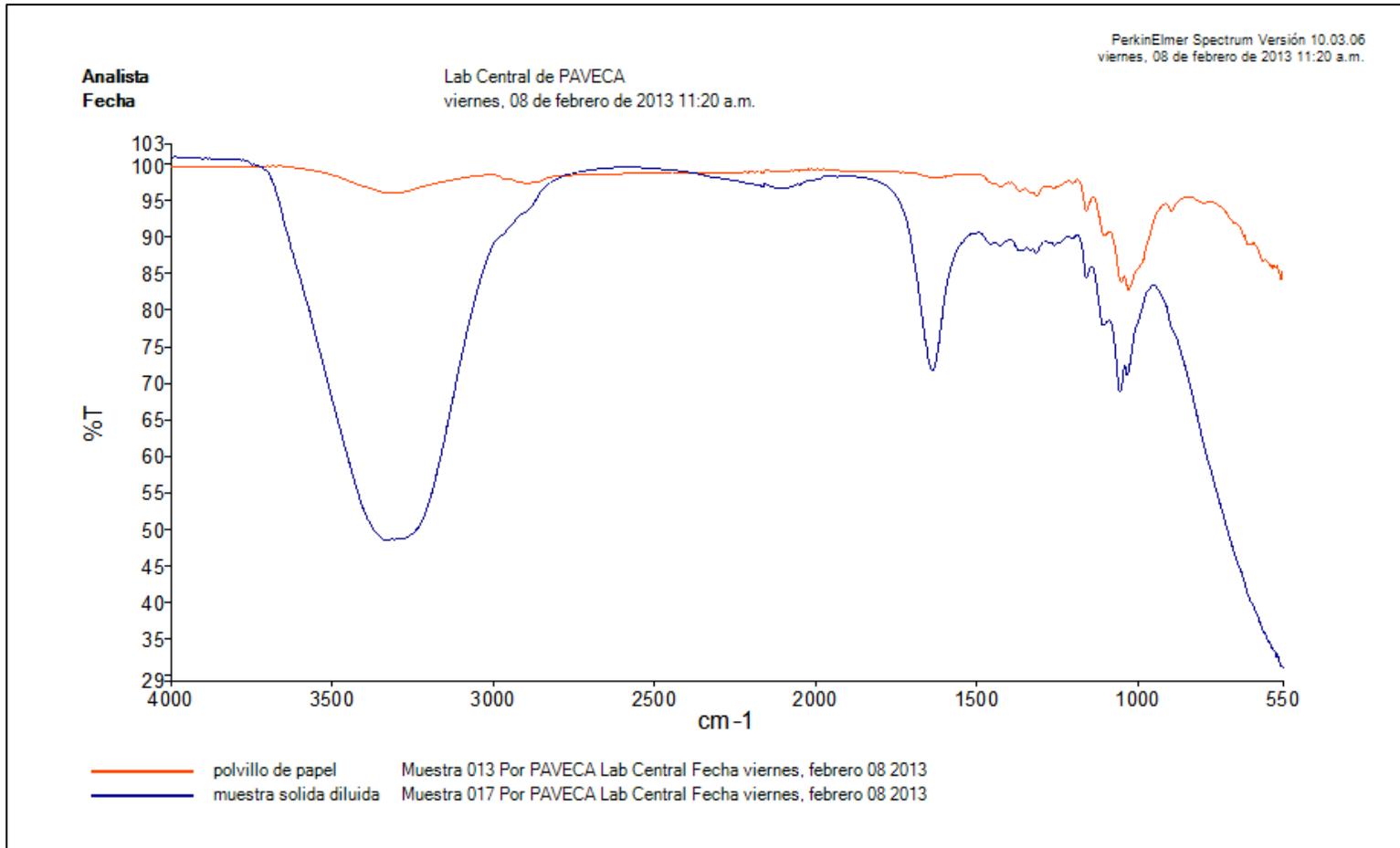
Análisis IR de residuo encontrado en bandeja de alimentación de la envolvedora vs. silicone.



Análisis IR de residuo encontrado en bandeja de alimentación de la envolvedora vs. pegamento de rollos.



Análisis IR de residuo encontrado en bandeja de alimentación de la envolvedora vs. polvillo de papel.



Análisis IR de la mezcla pegamento, polvillo de papel, silicone.

