



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA  
MAESTRÍA GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN**



**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS  
DE PLANEACIÓN EN PROYECTO DE REFORMA  
DE UNA MÁQUINA PAPELERA**

**AUTOR:  
HOBMER J. CUICAS R.**

**TUTOR ACADEMICO:  
MSc. LUIS F. RODRIGUEZ.**

**TUTOR INDUSTRIAL:  
MSc. RICARDO E. MARTIN**

**VALENCIA, DICIEMBRE 2017**



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA  
MAESTRÍA GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN**



**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS  
DE PLANEACIÓN EN PROYECTO DE REFORMA  
DE UNA MÁQUINA PAPELERA**

**AUTOR:**  
HOBMER J. CUICAS R.

Trabajo presentado ante el  
Área de Estudios de Postgrado  
de la Universidad de  
Carabobo para optar al  
Título de Magister en  
Gerencia de Construcción

**VALENCIA, DICIEMBRE 2017**



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA  
MAESTRÍA GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN**



**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS  
DE PLANEACIÓN EN PROYECTO DE REFORMA  
DE UNA MÁQUINA PAPELERA**

**AUTOR:  
HOBMER J. CUICAS R.**

Aprobado en el Área de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo  
Por Miembros de la Comisión Coordinadora del Programa:

---

---

---

**VALENCIA, DICIEMBRE 2017**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO  
SECCIÓN DE GRADO



## ACTA DE DISCUSIÓN DE TRABAJO DE GRADO

En atención a lo dispuesto en los Artículos 137, 138 y 139 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 135 del citado Reglamento, para estudiar el Trabajo de Grado titulado:

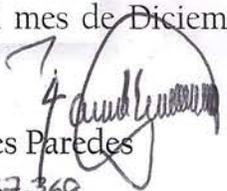
### **“COMPARACION DE TECNICAS ANALITICAS DE PLANEACION EN PROYECTO DE REFORMA DE UNA MAQUINA PAPELERA.”**

Presentado para optar al grado de *MAGÍSTER EN GERENCIA DE CONSTRUCCION* por el (la) aspirante:

**HOBMER CUICAS**  
V.- 13.966.226

Habiendo examinado el Trabajo presentado, decidimos que el mismo está APROBADO.

En Valencia, a los doce (12) día del mes de Diciembre del año dos mil diecisiete.

  
Prof. Ulises Paredes  
C.I.: 7.237.369  
Fecha: 12/12/2017

  
Prof. Alejandro Centeno  
C.I.: 11353424  
Fecha: 12/12/2017  
FE: 11/12/2017 al-

  
Prof. Alexander Cabrera  
C.I.: 11115055  
Fecha: 12/12/2017



*Doy infinitas gracias...*  
*A Dios, por estar siempre conmigo....*  
*A mi familia, por ser amigos y compañeros de aventuras...*  
*A mis padres, por ser ejemplo de que todo se puede...*  
*A mi esposa, por su amor, comprensión y apoyo incondicional...*  
*A mi hija Mia, por llenar mi vida de felicidad...*  
*gracias totales...*

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me han brindado su ayuda, sus conocimientos y su apoyo. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante.

Quedo especialmente agradecido con la empresa Papeles Venezolanos C.A., por permitirme participar en este importante proyecto de montaje. Al Ing. Alberto Matos por su confianza, al Ing. Oscar Vivas, Ing. José Ramos, Ing. Wilson Vivas, Ing. Ricardo Martín por compartir sus conocimientos y experiencias para la elaboración de este proyecto.

Agradezco al Ing. Luis Francisco Rodríguez, tutor de este trabajo, por sus comentarios, direcciones, sugerencias y las correcciones en la búsqueda de la excelencia.

## RESUMEN

Este trabajo de grado titulado “Comparación de Técnicas Analíticas de Planeación en Proyecto de Reforma de una Máquina Papelera” relacionado al proyecto de reforma de la sección de formación de la máquina N° 5 propiedad de Papeles Venezolanos S.A., tiene como finalidad definir el conjunto de actividades llevadas a cabo para ejecutar el montaje de las estructuras, componentes y periféricos, debiendo estimarse los requerimientos de tiempo, que posteriormente serán comparados con los tiempos de ejecución de las actividades, para hacer la selección de la técnica analítica de gestión y control de proyectos que mejor haya estimado las actividades y por tanto el tiempo total de ejecución del proyecto.

Con esto se logrará entender como en el proceso de desarrollo de una obra, la planificación juega un papel preponderante como poderosa herramienta de dirección, y que debe ser utilizada según los requerimientos de cada obra en particular, para poder cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

El presente trabajo puede servir de apoyo a futuras investigaciones técnico-académicas, cuyo interés, está asociado a orientar la planeación y planificación de actividades de proyectos de montajes industriales y más específico, a reformas ó montajes parciales de Máquinas Papeleras. Esta investigación enriquecerá la bibliografía con información, que facilite discriminar la técnica de planeación que podría emplearse antes de comenzar de organizar los recursos disponibles.

Técnicamente el presente trabajo ofrece información especializada en el ramo industrial paplero, dirigida al reconocimiento de diferentes configuraciones y componentes de máquinas, así como las actividades principales que considerar a la hora de enfrentarse con un proyecto de reforma, en la búsqueda de aumentar los volúmenes de producción.

## SUMMARY

"Comparison of Planning Analytical Techniques in Rebuild Project of a Paper Machine" related to the rebuilt project of the wire and felt section of the machine #5 owned by Papeles Venezolanos S.A., aims to define the set of activities carried out to execute the assembly of the structures, components and peripheral equipments, having to estimate the time requirements, which will be later compared with the execution times of the activities, to make the selection of the analytical technique of project management and control who has better estimated the activities and therefore the total time of execution of the project.

With this it will be possible to understand how in the process of developing a work, planning activities a preponderant role as a powerful management tool, and that it must be used according to the requirements of each project, in order to meet the objectives, set at the beginning.

This work can support future technical-academic research, whose interest is associated with guiding the planning of activities of industrial assembly projects and more specifically, rebuilds or partial assemblies of paper machines. This research will enrich the bibliography with information that facilitates the discrimination of the planning technique that could be used before beginning to organize the available resources.

Technically this work offers specialized information in the paper industry, aimed at the recognition of different configurations and components of machines, as well as the main activities to consider when facing a rebuild project, in the search to increase the volumes of production.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INDICE DE TABLAS</b>	x
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	xi
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del Problema	5
1.3. Objetivos de la Investigación	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Justificación de la Investigación	7
1.5. Delimitación	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.</b>	
2.1. Antecedentes de la Investigación	10
2.2. Montaje de una Máquina Papelera	11
2.2.1. Máquina Fourdrinier	13
2.2.2. Máquina de tela formadora - Crescent former	14
2.2.3. Máquina Multicapa	15
2.3. Equipos principales de una Máquina Crescent Former	16
2.3.1. Sección Preparación Pasta	16
2.3.2. Sección Circuito Corto de Máquina	17
2.3.3. Sección Máquina Papelera	18
2.3.4. Sección Prensas	19
2.3.5. Sección Secado	19
2.4. Plantas Papeleras en Venezuela	20
2.5. Planificación de Obras	21
2.6. Técnicas analíticas de planificación	29
2.6.1. Carta Gantt o diagrama de barras	32
2.6.2. Bases de la técnica de mallas	33
2.6.3. Método de Ruta Crítica	36

<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.</b>	
3.1. Tipo de Investigación	49
3.2. Diseño de la Investigación	49
3.3. Descripción de la Metodología	50
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	53
3.5. Análisis de Datos	58
<b>CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
4.1. Fase I. Determinar las actividades y subactividades	60
4.2. Fase II. Programación por metodos de mallas	120
4.2.1. Análisis CPM	123
4.2.2. Análisis PERT	127
4.3. Resumen de los resultados	132
<b>CAPITULO V. ANÁLISIS DE DATOS</b>	
5.1. Definición de Análisis de Sensibilidad	137
5.2. Sensibilización de variables para la optimización de resultados	145
<b>CAPITULO VI. ANALISIS DE RESULTADOS</b>	
6.1. Comparación de los métodos CPM, PERT, PERT-CPM	164
<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES</b>	
7.1. Comentarios	172
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	175
<b>ANEXOS</b>	
Anexo A. Instrumentos recolección de datos de tiempos estimados	179
Anexo A-1. Datos Ing. Wilson Vivas. Planificación Mantenimiento Paveca	180
Anexo A-2. Datos Ing. Oscar Vivas. Proyectos Mecánicos Paveca	187
Anexo A-3. Datos Ing. José Ramos. Proyectos Eléctricos Paveca	194
Anexo A-4. Datos Ing. Ricardo Martín. Ingeniería y Proyectos Voith Paper	201
Anexo B. Tabla de distribución normal	208

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Principales Empresas Papeleras en Venezuela para el año 2011	20
2. Registro de observación de Tiempos de Ejecución de Actividades Principales desarrolladas en el Proyecto de Reforma de una Máquina Papelera	55
3. Actividades principales del proyecto montaje de la sección de formación de una maquina papelera	116
4. Diagrama de Gantt del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	119
5. Resultados análisis CPM del proyecto en estudio	124
6. Resultados análisis PERT del proyecto en estudio	128
7. Resultados parte 2 análisis PERT del proyecto en estudio	130
8. Carta Gantt con tiempos reales de ejecución del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	134
9. Utilización de datos del método CPM en el método PERT	138
10. Resultados del análisis utilizando datos del método CPM en el método PERT	140
11. Comparación tiempo estimado CPM ( $t_e=287$ días) y probabilidad ocurrencia utilizando métodos PERT, PERT-CPM	143
12. Comparación tiempo Real ( $t_{real}=300$ días) y probabilidad ocurrencia utilizando métodos PERT, PERT-CPM	144
13. Tiempo esperado, optimista y pesimista obtenidos para el proyecto de montaje de la sección de formación de la máquina papelera N° 5, a partir de los métodos PERT y PERT-CPM	145
14. Primer rango de sensibilidad 1% de datos del PERT	146
15. Resultados del primer análisis de sensibilidad 1% de datos del PERT	148
16. Resultados del análisis de sensibilidad 1% datos PERT	149

17. Segundo rango de sensibilidad 3% de datos del PERT	150
18. Resultados del segundo rango de sensibilidad 3% de datos del PERT	152
19. Resultados del análisis de Sensibilidad 1%,3% datos PERT	153
20. Tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT	154
21. Resultados del tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT	156
22. Resultados del análisis de sensibilidad 1%, 3%, 5% datos PERT	157
23. Cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT	158
24. Resultados del cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT	160
25. Resultados análisis de sensibilidad 1%, 3%, 5% y 10% datos PERT	161
26. Resultados Sensibilización de PERT y probabilidades de culminación en el plazo establecido por el metodo CPM de 287 días	162
27. Resultados Sensibilización de PERT y probabilidades de culminación en el plazo real de 300 días	162
28. Diferencia de días entre los métodos aplicados y tiempo real de ejecución	164
29. Probabilidad de término del proyecto en tiempo 287 días y tiempo 300 días, ante cambios en la dispersión 0%, 1%, 3%, 5%, 10% (sensibilización de variables)	168

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Metáfora del árbol en un proceso de planificación	31
2. Proceso de Planificación de la Secuencia de Montaje	33
3. Metodología de la ruta crítica	35
4. Representación gráfica de actividades y eventos utilizando el diagrama de redes	42
5. Representación de Dos actividades predecesoras de “A”, en diagrama de redes	42
6. Representación de Dos actividades siguientes de “A”, en diagrama de red	42
7. Dos actividades simultaneas predecesoras de “C”, en diagrama de red	43
8. Representación en diagrama de red identificando actividades y eventos	43
9. Instalación de bandejas para conducción del cableado de cuarto eléctrico a la máquina.	62
10. Instalación de tableros eléctricos en cuarto eléctrico.	62
11. Instalación de cajas de paso.	62
12. Fabricación de tuberías del tanque de agua blanca.	63
13. Instalación de tuberías en tanque de agua blanca (parada larga previa)	63
14. Instalación de cajón de rebose en tanque agua blanca (parada larga previa)	63
15. Fabricación de Plataforma e instalación de válvulas de control.	64
16. Instalación de Filtros	64
17. Reubicación de bomba de mezcla.	64
18. Refuerzo de la losa con vigas de acero.	65
19. Reubicación del tamiz vibrador (parada larga previa)	65
20. Corte de losa y construcción de acceso a accionamiento del rollo formador.	65
21. Corte de losa para pase de ducto de ventilación del ciclón.	66
22. Corte de losa para pase de tubería de aproximación y tensores de cantilever.	66
23. Corte de losa para pase de tuberías de agua blanca.	66
24. Reubicación de la caja de sobreflujo (parada larga previa)	67
25. Perforación en la losa para paso de tensores.	67
26. Instalación de pieza de succión de la bomba de circulación (parada larga previa)	67
27. Reubicación de tuberías que interfieren con tuberías de agua blanca	68
28. Corte de losa para pase de tubing y tuberías de reubicación de químicos	68
29. Preparación de polipasto nuevo para su instalación	68
30. Cambio de polipasto 12ton por nuevo polipasto capacidad 20 ton	69
31. Adiestramiento en uso del producto especificado para anclaje químico	69

32. Pruebas de resistencia del producto para anclaje químico	69
33. Muestra a ensayar de anclajes usando producto para anclaje especificado	70
34. Preparación de las bases para accionamientos	70
35. Fabricación de mecanismos para movilización de cargas principales	70
36. Preparación de las planchas soporte de la máquina	71
37. Prefabricación de tuberías y soportes	71
38. Preparación y organización de partes en el patio de almacenamiento según Secuencia de montaje	71
39. Movilización de partes en patio de almacenamiento	72
40. Pre-ensablaje de accionamiento rollo formador	72
41. Preparación de rodillos de repuestos requeridos en la instalación	72
42. Pre-ensablaje de mangueras en tubo de alimentación a caja entrada	73
43. Preparación de rodillos nuevos a instalar en la máquina	73
44. Rectificación de medidas principales de Low Boy a emplear en montaje	73
45. Ensayo de maniobra de movilización de Low Boy y trabajos de desinstalación de cerca área casa fuerza para facilitar giro área oficinas	74
46. Preparación de dispositivo giratorio para ensayo	74
47. Presentación de grúas y dispositivo para ensayar la maniobra	74
48. Adiestramiento en la ejecución de maniobra e implementos para giro con éxito	75
49. Preparación de tie in de tuberías involucradas en el proceso (cortes programados de servicios para colocación de válvulas manuales)	75
50. Detención de la máquina N° 5 (día 4/10/09)	76
51. Desconexión y desmontaje de sistemas de químicos	77
52. Demolición de brocales del sistema de químicos	77
53. Desmontaje de rollo pecho	78
54. Corte y desmantelamiento de la parte superior caja de entrada	78
55. Desmontaje de parte superior caja de entrada	78
56. Corte y movilización de bases de concreto de la caja entrada	79
57. Liberación del área de posición caja de entrada	79
58. Desmontaje de rodillos de mesa inclinada máquina fourdrinier	80
59. Desmontaje de la viga cantilever 2G a reutilizar	80
60. Desmontaje de la mesa inclinada	80
61. Manipulación de la mesa inclinada fuera del área galpón	81
62. Desmontaje de rodillo superior sección prensa	81

63. Desmontaje de rodillo inferior sección prensa	81
64. Desmontaje de soportes de brazos laterales	82
65. Esmerilado y corrección en estructura principal sector prensa	82
66. Desmontaje de tubería de aproximación agua blanca	83
67. Desmontaje de tubería de vacío del rollo pecho	83
68. Desmontaje del ducto-bandeja recolección de agua de máquina	83
69. Corte de las bases de concreto de la caja de entrada	84
70. Desmontaje de las bases de concreto caja de entrada	84
71. Retirar las placas de fundación existentes	85
72. Liberación de la primera placa de fundación	85
73. Limpieza de pernos de anclaje existentes	85
74. Ubicar los insertos usando los anclajes existentes	86
75. Ubicar nuevos agujeros en la viga de concreto para ubicación de nuevos pernos	86
76. Sujetar los pernos de anclaje en los insertos, prelinear y prenivelar	86
77. Alineación y nivelación final para vaciado de grouting	87
78. Corte de losa en wire pit para paso de tuberías y tensores cantilever	87
79. Montaje de tubería y fabricación de muro interno en el wire pit	87
80. Construcción base soporte cantilever CT2-CT3	88
81. Movilización al sótano de válvula de control de agua blanca	88
82. Instalación de tuberías agua blanca del canalón	89
83. Instalación de válvulas y culminación de plataforma soporte	89
84. Instalación tramo inicial tubería de recirculación	89
85. Movilización al sótano de tuberías del sistema de aproximación de agua blanca	90
86. Instalación de tuberías sistema de aproximación de agua blanca	90
87. Fabricación de tubería circuito agua clarificada molino	90
88. Fabricación tubería agua baja presión hacia make up canalón	91
89. Fabricación tubería aceptado tamiz vibrador dirigido hacia canalón	91
90. Movilización de elementos componen sistema pase de hoja	92
91. Montaje y presentación en sitio de los elementos estabilizadores de hoja	92
92. Montaje del ducto de entrega de hoja sobre el reel	92
93. Montaje del ducto de transferencia yankee-reel	93
94. Presentación del conjunto y pruebas en acometida neumática	93
95. Cambio de impulsor y motor bomba agua clara media presión	94
96. Cambio impulsor bomba agua clara baja presión	94

97. Cambio impulsor bomba agua clarificada	94
98. Instalación de plancha soporte para rodillos reubicados	96
99. Instalación de rodillos en nuevas posiciones previstas	96
100. Instalación de rodillos en nuevas posiciones previstas	96
101. Movilización de las partes que componen canalón	97
102. Traslado de las partes hacia lado accionamiento de la máquina	97
103. Culminación de la maniobra de acceso de la última parte del canalón	97
104. Soldadura de los diferentes sectores (parte final-sector intermedio)	98
105. Soldadura de los diferentes sectores (sector intermedio-parte inicial)	98
106. Vaciado del grouting del canalón	98
107. Montaje base accionamiento rollo formador (etapa inicial)	99
108. Montaje base accionamiento rollo formador (etapa final)	99
109. Montaje accionamiento rollo formador	100
110. Montaje base accionamiento rodillo guía fieltro (etapa inicial)	100
111. Montaje base accionamiento rodillo guía fieltro (etapa final)	100
112. Movilización del ducto transición y ciclón	101
113. Desmontaje de las partes en el galpón	101
114. Corte del ciclón para ajustes con la pieza de transición	101
115. Presentación y unión entre ducto transición y ciclón	102
116. Grouting del ciclón	102
117. Movilización del Monobloque hacia galpón	102
118. Anclaje del dispositivo giratorio al monobloque	103
119. Desmontaje del monobloque sobre área reforzada en losa	103
120. Ubicación del monobloque sobre los rieles de carga	103
121. Montaje del raspador del rodillo tela 2.04	104
122. Montaje del rodillo tela 2.02	104
123. Montaje del rodillo tela 2.03	104
124. Montaje de la palanca LF rodillo tela 2.05	105
125. Montaje del raspador rodillo tela 2.05	105
126. Montaje del rodillo tela 2.04	105
127. Montaje de ducha HP externa, deflector rodillo tela 2.02 y rodillo fieltro 4.01	106
128. Montaje de manifold de duchas sección tela	106
129. Montaje de pasillos longitudinales LF lado formador	106
130. Montaje pasillos longitudinales LF lado caja entrada	107

131. Montaje pasillos transversales lado rodillo tela 2.04	107
132. Montaje tubo alimentación caja de entrada	107
133. Montaje viga cantilever CT4	108
134. Montaje del rodillo fieltro 4.16	108
135. Montaje del rodillo fieltro 4.02	108
136. Preparación para el traslado de la caja de entrada	109
137. Maniobra con dos montacargas para ubicación caja de entrada en camión	109
138. Colocación de la caja de entrada en la plataforma del camión	109
139. Montaje del rodillo motriz fieltro 4.15	110
140. Presentación de tubería de aproximación con tubo alimentación caja de entrada	110
141. Replanteo entre tuberías para realización de corte y soldadura	110
142. Conexión de manifold de duchas lado fieltro	111
143. Tubería de aproximación para instalación con pulimento interno de cordones	111
144. Ajustes de los tensores del fieltro en CT2-CT3	111
145. Instalación de la caja de entrada	112
146. Conexión de mangueras tubo de alimentación a la caja de entrada	112
147. Conexión de las mangueras de las duchas tela y fieltro	112
148. Montaje y calibración de la bandeja móvil rodillo tela 2.03	113
149. Montaje protección del accionamiento rollo formador	113
150. Ajustes e instalación de vestiduras	113
151. Diagrama de Gantt del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	119
152. Diagrama de Malla del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	120
153. Diagrama de Malla resuelto aplicando análisis CPM del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	123
154. Diagrama de Malla resuelto aplicando análisis PERT del proyecto de montaje	127
155. Resultados análisis CPM y PERT	133
156. Diagrama de Malla resuelto por el método PERT-CPM del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera	142
157. Comparación de las duraciones estimadas a partir de los análisis y el tiempo real de ejecución del proyecto	166
158. Probabilidad de ejecución del proyecto obtenida a través del Método PERT, dependiendo de la sensibilización de los tiempos: optimista y pesimista	169

## INTRODUCCIÓN

Un proyecto de montaje de una máquina papelera definirá un conjunto de actividades interrelacionadas que deben ejecutarse en un cierto orden para el ensamblaje de los componentes que conforman la máquina. Las actividades involucradas en el montaje tienen como objetivo la reforma de la sección de formación de la máquina, en una secuencia lógica, tanto de desmontaje de los componentes actualmente instalados, como la instalación de los nuevos componentes, de tal forma que algunas actividades no pueden comenzar antes que otras se hayan terminado. Las actividades en el proyecto, son trabajos que requieren tiempo y recursos para su terminación.

Dentro de este contexto, la planificación de la reforma de la sección de formación de la máquina N° 5, tiene como finalidad definir el conjunto de actividades llevadas a cabo para ejecutar el montaje de las estructuras, componentes y periféricos, debiendo estimarse los requerimientos de tiempo, que posteriormente serán comparados con los tiempos de ejecución de las actividades, para hacer la selección de la técnica analítica de gestión y control de proyectos que mejor haya estimado las faenas en cuestión y por tanto el tiempo total de ejecución del proyecto.

Con esto se logrará entender como en el proceso de desarrollo de una obra, la planificación juega un papel preponderante como poderosa herramienta de dirección, y que debe ser utilizada según los requerimientos de cada obra en particular, para poder cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

# Capítulo I. El Problema

## 1.1. Planteamiento del Problema

Pujado (2004) sostiene que el montaje industrial es un proceso que requiere de permanente ingenio, puede desarrollarse en condiciones geográficas complejas y con plazos bastante restringidos por los elevados montos de inversión comprometidos.

El montaje industrial de máquinas papeleras, entre otras, son proyectos de gran envergadura y que requieren de gran inversión, tiempo y recursos. Es importante que al iniciarse este tipo de proyectos, se cuente con una buena planeación de las diferentes actividades a desempeñar en las sucesivas etapas, desde su concepción hasta su ejecución en terreno.

Un proceso de planeación de proyectos puede definirse como la definición de objetivos y la determinación de los medios para alcanzarlos. Podría decirse que fundamentalmente se refiere a analizar por anticipado los problemas, planear posibles soluciones y señalar los pasos necesarios para llegar eficientemente a los objetivos que la solución elegida define.

Por consiguiente, la planeación es el proceso que permite la identificación de oportunidades de mejoramiento en la operación de la organización con base en la técnica, así como el establecimiento formal de planes o proyectos para el aprovechamiento integral de dichas oportunidades.

Entre las complicaciones para realizar la planeación de un montaje industrial de una Máquina Papelera o la modificación parcial de una máquina, denominada Reforma, esta la falta de investigaciones previas, referencias, experiencias, y conocimiento de actividades

características para este tipo de proyectos, por el hecho de que no se hacen muy a menudo y tienen condiciones muy propias de sus tareas a ejecutar. Debe diferenciarse de la actividad del sector construcción, el cual presenta ciertas condiciones características, actividades repetitivas y patrones de rendimiento que se ven fuertemente afectados por las condiciones climáticas.

Rubio (1992) plantea que: "A diferencia de las restantes industrias productivas, en la construcción, los medios y materiales de trabajo se mueven, mientras que el producto permanece fijo" (p.12).

Companys (1983) sostiene que en el pasado, la administración de un proyecto (en el tiempo) se hizo con poca planeación. La mejor herramienta conocida de planeación era el diagrama de barras de Gantt.

Hoy en día, la administración de proyectos ha evolucionado en el desarrollo de técnicas analíticas de planeación, programación y control de proyectos, en montajes industriales tanto de máquinas nuevas, como en reformas de instalaciones existentes.

Wagner (1989) sostiene que es importante el uso de herramientas como técnicas analíticas de planeación, entre las cuales se pueden nombrar los métodos de Ruta Crítica (CPM) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT).

Como parte de la administración de proyectos, las empresas y otro tipo de organizaciones utilizan técnicas de programación basadas en métodos que permiten determinar cuales son las actividades que pueden atentar contra la culminación del proyecto y qué operación pudiera retrasarse sin afectar su duración total.

El estudio que se llevará a cabo, consiste en la aplicación de dos técnicas analíticas Método de Ruta Crítica (CPM) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT), en la planeación del proyecto de Reforma de la máquina papelera N° 5, propiedad de Papeles Venezolanos C.A., ubicada en el municipio Guacara, estado Carabobo.

Según el Ing. Alberto Matos, Gerente del Departamento de Ingeniería de Papeles Venezolanos C.A., una de las condiciones para el éxito de este proyecto, es que debe realizarse en un plazo de tiempo corto, con el propósito de reducir el tiempo fuera de servicio de la línea de producción y arrancar con los nuevos equipos según lo planeado previamente.

## **1.2. Formulación del Problema**

Las complejidades crecientes de los proyectos actuales de instalación de máquinas papeleras exigen garantizar el uso de técnicas de planeación más sistemáticas y efectivas, con el objeto de optimizar la eficiencia en la planeación del proyecto.

Según Acosta (2000): "El ejecutar técnicas como la carta de Gantt, planeación por redes o mallas, estudios determinísticos o probabilísticos de actividades, suelen ser decisiones que marcan diferencias entre la cantidad de tiempo e información a emplear, así como la calidad de los resultados que queremos conseguir" (p.3).

Por lo tanto, es importante preguntarse: ¿Cuál método de planeación me puede brindar mayor confiabilidad en el resultado para la ejecución de un proyecto de reforma de una máquina papeleras?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Comparar dos técnicas analíticas para la planeación, programación y control, del proyecto de Reforma de la Máquina Papelera N° 5 en la empresa Papeles Venezolanos C.A.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar las principales actividades y tiempos que componen el proyecto de reforma de la máquina papelera N° 5, propiedad de la empresa Papeles Venezolanos C.A.

2. Determinar a través de las técnicas analíticas para la planeación, programación y control conocidas como: Método de Ruta Crítica (CPM) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT), el tiempo estimado de ruta crítica para la reforma de la máquina N° 5, propiedad de Papeles Venezolanos C.A.

3. Analizar la sensibilidad de las variables de entrada para los modelos obtenidos con las técnicas analíticas para la planeación, programación y control de proyectos, con el fin de evaluar el impacto que tienen los datos de entrada en los resultados obtenidos.

4. Comparar los resultados obtenidos y determinar cual técnica analítica resulta más conveniente para la planeación, programación y control de proyectos de montajes de máquinas papeleras.

## 1.4. Justificación de la Investigación

Alvarado Rugel (2003) afirma

"La correcta ejecución de un proyecto depende en gran medida de la gestión realizada planificando las actividades de campo, definiendo todas y cada una de las actividades a realizarse en el montaje, organizando los recursos disponibles, y sobre todo una excelente dirección y control del proyecto"(p.01)

El presente trabajo puede servir de apoyo a futuras investigaciones técnico-académicas, cuyo interés, esta asociado a orientar la planeación y planificación de actividades de proyectos de montajes industriales y más específico, a reformas ó montajes parciales de Máquinas Papeleras. Esta investigación enriquecerá la bibliografía con información, que facilite discriminar la técnica de planeación que podría emplearse antes de comenzar de organizar los recursos disponibles.

Técnicamente el presente trabajo ofrece información especializada en el ramo industrial papelero, dirigida al reconocimiento de diferentes configuraciones y componentes de máquinas, así como las actividades principales que considerar a la hora de enfrentarse con un proyecto de reforma, en la búsqueda de aumentar los volúmenes de producción.

La empresa Papeles Venezolanos C.A. considera importante que al iniciarse el proyecto de reforma de la máquina papelera N° 5 se cuente con una planeación y planificación de las diferentes actividades a desempeñar en las sucesivas etapas desde su concepción hasta su realización del proyecto. Una buena planeación contribuye a reducir el tiempo de parada y minimizar las horas de detención de máquina, con lo cual, pueden garantizar el suministro de sus productos y satisfacer el consumo, así como la proyección futura de aumento de producción y disminución de los costos, se logrará ofrecer un producto de mejor calidad a menor precio, lo que es ayuda a mejorar la economía desde el punto de vista social.

## 1.5. Delimitación

Se contará con la colaboración de especialistas y personal técnico responsable de proyectos similares, con el propósito de definir la información requerida de las actividades que componen proyectos de reformas de máquinas papeleras y los tiempos característicos. También se prevee determinar el tiempo estimado de ejecución, haciendo uso de dos técnicas analíticas de planeación, programación y control de proyectos, para posteriormente comparar entre sí los resultados con el tiempo real en que se ejecuta el proyecto.

El fin, es determinar la técnica analítica más adecuada, desde el punto de vista de predicción del tiempo total de ejecución del proyecto. En este estudio se encuentran algunas restricciones como la recolección de información de algunas actividades y tiempos, donde no se tienen antecedentes documentados y se debe recurrir al uso de aproximaciones basadas en la experiencia de profesionales especialistas en la materia.

Para garantizar que la incidencia de los datos sobre el resultado no afecte nuestro parámetro de comparación, se utiliza el análisis de sensibilidad para evaluar el impacto que estos tienen sobre las variables de salida de las técnicas estudiadas. Se estudiarán entre dos técnicas populares: Método de Ruta Crítica (CPM) y Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT), comparando cual se aproxima más al tiempo real de la ruta crítica de un proyecto de reforma de una máquina papelerera. Esto conlleva al futuro uso de esta técnica en proyectos con similares características.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

## **Capítulo II. Marco Teórico**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

Entre los antecedentes citamos a Gutiérrez (2009), Rediseño de Procesos del Sistema de Planificación y Control de la Producción de la Industria de Ingeniería bajo Pedido (ETO, Enginee-To-Order) basado en las Tecnologías de Información, cuyo propósito es la búsqueda de una solución en Planificación y Control que satisfaga los requisitos de este tipo de industria. La metodología se basó en el análisis conceptual de sistemas de planificación y rediseño de los procesos, basado en tecnologías de la información. El resultado es el desarrollo de un software de planificación jerárquica. El aporte a este trabajo se basa en los fundamentos teóricos de sistemas convencionales de planeación de proyectos.

Peña (2000), Gestión de Proyectos, realizó una investigación de tipo documental en la cual planteó como objetivo explicar algunas de las principales directrices y herramientas que componen la Gestión de Proyectos Constructivos. La metodología utilizada fue la revisión bibliográfica, a fin de elaborar un estudio monográfico, cuyo resultado concluye que para todo tipo de proyecto, no solamente los constructivos es preciso considerar como funciones básicas de su dirección la planificación de las tareas de proyecto y el control de los tiempos de ejecución, así como su planeación para lo cual propone como herramienta los métodos PERT y CPM. El aporte a este trabajo esta dirigido a los fundamentos teóricos asociados al análisis de dos técnicas de planeación que son útiles para el proyecto en estudio.

La investigación de Acosta (2000). Redes y PERT / CPM, Métodos del Camino Crítico, con el propósito de estudiar el origen, desarrollo y aplicación de las técnicas del PERT y CPM para la planeación de proyectos, a fin de demostrar su campo real de utilización. Como resultado se presenta que aunque el PERT y el CPM han sido aplicados a numerosos proyectos, como el caso Polaris y mantenimiento de plantas, hoy se aplican en mayor proporción a actividades de construcción. El aporte de esta investigación documental con relación al presente trabajo, es la consolidación del marco teórico y los pasos para la aplicación de la dos técnicas analíticas a utilizar en el proyecto de reforma de una máquina papelera.

Mendez, F (2008). Proyecto de Instalación de Sistema de Dosificación de Lavado de Residuos en Planta de Caustificación de la empresa Smurfit. El propósito es instalar en tiempo planeado y de forma eficiente un cilindro para lavado de residuos. La Metodología fue estimar tiempos, hacer diagrama y usar el método CPM para determinación de la ruta crítica. Los resultados dieron un diferencia de 20% tiempo previsto. El aporte al presente estudio es el resultado con la conclusión que estimaciones de proyectos con alta incertidumbre deben contemplar una variable que represente los posibles cambios, que pueden afectar el desarrollo de un proyecto, como clima, falta de recursos humanos, defectos de materiales.

## **2.2. Montaje de una Máquina Papelera**

Núñez, S (2004) sostiene que en Venezuela los montajes industriales son la maniobra constructiva empleada por las diferentes industrias en ramas como petroleras, petroquímicas, mineras, papeleras, forestales, o eléctricas por citar las de mayor envergadura. Pese a su complejidad, y debido al crecimiento que tuvo la industria

venezolana en la década de los cincuenta, el montaje industrial representó un significativo volumen en montos de inversión para el país.

El montaje industrial hoy en día en Venezuela, ofrecen un panorama muy distinto a los surgidos hace más de cincuenta años y bajo la tutela de expertos extranjeros. Su desarrollo es mayoritariamente local y están al amparo de los nuevos requerimientos de la industria nacional.

En esta tarea resultó vital la industria petrolera, que arrastraba la formación de personal y la adquisición de maquinaria y equipos. Por otra parte, durante ese siglo, los materiales provenían la mayoría del exterior. Nuñez, S (2004) señala que todas las grandes estructuras venían hechas y diseñadas desde el extranjero. A modo de ejemplo en la Industria Papelera, las estructuras de acero del Sistema de Recuperación de Químicos (URQ) de la Empresa Smurfit Cartón de Venezuela, Planta Mocarpel, ubicada en el estado Yaracuy, fueron fabricadas fuera del país y la supervisión de la instalación estuvo a cargo de profesionales extranjeros (fuente Ing. Felix García, Gerente Producción Smurfit Cartón de Venezuela).

En la actualidad, Venezuela con respecto a los países de América Latina, se encuentra bien posicionado, sobre todo en lo que respecta a montajes en el sector petroquímico aunque hay carencia de buenas tecnologías aplicadas y de un parque de maquinarias modernas.

Nuñez, S (2004) sostiene que Venezuela está a nivel de países como Colombia y Argentina, pero debajo de Brasil, y muy por debajo de potencias como Alemania o Estados Unidos, en diversas materias, como automatización y lo que en este trabajo más interesa la Planificación y Programación de Obras.

En Estados Unidos o Alemania es muy relevante la planificación previa con todos los detalles, lo que a la larga disminuye los costos y aumenta la eficiencia. Esto falta

desarrollar en las compañías Venezolanas. Al planificar se evitan las sorpresas, que son las que encarecen los montajes.

También se puede afirmar de forma general, que lo que se está construyendo aquí y en Europa o Estados Unidos es lo mismo como concepto, por lo tanto, la metodología constructiva no puede ser muy distinta, cada vez están llegando proyectos más complejos y más grandes, que exigen ser concluidos en menor tiempo, al menor costo y cumpliendo con los estándares de calidad internacionales.

"El término máquina papelera se aplica a un dispositivo que posibilita la formación de una hoja de papel de longitud infinita, a partir de que una suspensión de fibras distribuida sobre una tela, que luego es drenada y secada hasta la obtención del producto en sí" (García Rondón, 2001, p.01)

Según Smith (1982) : "Hasta la década de los 50, todos los productos de papel y cartón eran formados en mesas planas convencionales y en formas redondas, con la excepción de algunos tipos de tisú (denominación dada a papeles higiénicos, servilletas y toallas). Se estimularon las investigaciones hacia otros métodos de formación de la hoja, por las limitaciones obvias de estos métodos existentes con respecto a la velocidad de trabajo y la calidad del producto (especialmente para las formas redondeadas)" (p.365). Este trabajo de investigación culminó en una proliferación de diseños, que pueden ser agrupados de forma general como:

### **2.2.1. Máquina fourdrinier**

Consiste en una tela de formación en forma de cinta sin fin, finamente tejida, que se desplaza entre dos grande cilindros, el rodillo cabecero próximo a la caja de entrada y el cilindro aspirante en el otro extremo. Existen diferentes elementos situados entre el rodillo cabecero y el cilindro aspirante que sirven para la doble función de soportar la tela y

eliminar agua. Entre estos elementos podemos mencionar foils, cajas de vacío de bajo vacío (cajas húmedas) y alto vacío (cajas aspirantes), y finalmente sobre el cilindro aspirante con un alto vacío. Un sistema de rodillos de retorno de tela la conduce de regreso al rodillo cabecero. Rodillos tensores y de guía se usan para mantener correctas la tensión y posición de la tela en movimiento de manera automática. Una serie de rociadores mantiene la tela limpia y libre de incrustaciones. Algunas mesas planas están equipadas con un rodillo desgotador (dandy roll) montado encima de la tela y cabalgando sobre la pulpa en la zona de las cajas aspirantes.

### **2.2.2. Máquina de doble tela (Crescent Former)**

Consiste en una máquina donde el chorro que procede de los labios de la caja de entrada impacta en el contorno convergente formado por las dos telas. En función del diseño particular del formador, el drenaje inicial se realiza en una o en las dos direcciones. La acción de drenaje es debida a la presión ejercida por la tensión de las dos telas y a los elementos de drenaje situados en el exterior de las telas. Las ventajas de los formadores de dos telas son una mayor capacidad de drenaje, diseño compacto, mejor formación de la hoja (principalmente, tamaño menor de flóculo), y menor efecto de doble cara. Como desventajas se citan las marcas de tela en las dos caras y la menor retención de finos y cargas, así como menor resistencia en la dirección Z (es decir, falta de enlace entre las capas superior e inferior de la hoja).

En este diseño se fundamenta la sección de formación de la máquina papelera que se instalará en la máquina N°5 de la empresa Papeles Venezolanos C.A., un modelo Crescent former que aunque basa su concepción en el uso de dos telas, se diferencia en que la segunda tela tiene como función conducir la suspensión fibrosa a la sección de

prensas, mientras la primera garantiza el soporte y drenaje en el punto de mas baja consistencia en su etapa de formación. La segunda tela que transporta la suspensión según sus características de diseño y función se conocerá en adelante como fieltro. La instalación original de este tipo de máquina data de principios de los 1960.

### **2.2.3. Máquina multicapa.**

El uso de máquinas multicapa hasta hace pocos años ha sido asociado con la fabricación de papeles de alto calibre, como cartulinas y cartón. Hoy en día, otros tipos de papeles están siendo fabricados a partir de materiales que se ajustan a los nuevos requerimientos en papeles de menor calibre.

En 1830 es concebida la primera máquina multicasas, a partir de la modificación de una máquina monocapa hecha por el mismo científico J. Dickinson. Esta máquina consistió en el uso de dos cilindros formadores operando en conjunto y su concepto fue patentado. Posteriormente a partir de modificaciones del diseño de Dickinson fue patentada por J.F. Jones la máquina denominada de “multiformadores” que requería el uso de no menos de siete tinajas. La máquina descrita por Jones incorporó bombas de vacío como mecanismo para depositar las fibras sobre la superficie del cilindro. En 1875, otro modelo de máquina multicasas fue diseñado con la concepción del uso de dos mesas fourdrinier y dos cilindros secadores que tenían como función secar cada una de las capas y hacer la fusión de estas al entrar en contacto.

Desarrollos significativos fueron tomando lugar en los años 1950, entre los que resalta Sandy Hill quien diseñó un concepto de máquina con siete cilindros formadores. Posteriormente han ocurrido diseños híbridos como aplicaciones de máquinas doble tela con multiformadores.

## 2.3. Equipos principales de una máquina Crescent Former

Los equipos utilizados para la fabricación de papel en una máquina Crescent Former pueden ser agrupados según el área de trabajo. Estos se indican a continuación, así como una explicación de lo que realiza cada uno de ellos:

### 2.3.1. Sección Preparación Pasta

La preparación pasta comienza en los *desfibradores*, que son recipientes metálicos en forma de copa, situados verticalmente y con un enorme volumen. Su funcionamiento se basa en el principio de la acción hidráulica violenta, con cuchillas que giran rápida y fuertemente en el fondo del recipiente, consiguiendo con esto una agitación de alcance máximo y la desfibrilación en tiempos realmente cortos.

Posterior a la acción de los desfibradores, es necesario utilizar una *bomba desfibrador* (la palabra desfibrador se utiliza para indicar la posición de la bomba), y un tanque conocido como *tanque de mezcla* donde se realiza parte de la mezcla de los materiales que conformarán la hoja de papel. Este tanque requiere de la colocación de un *agitador*, que es un aspa motorizada que mantiene en movimiento las sustancias contenidas en el tanque y una *bomba mezcla* para enviarla hacia la siguiente etapa de dosificación.

La siguiente etapa esta compuesta de un *tanque principal* cuya función es almacenar la pasta antes de que esta sea bombeada por la *bomba máquina* a la etapa de refinación.

Al salir la pasta de la bomba de máquina, es sometida a un proceso de refinación, con el fin de obtener en ella las características necesarias de resistencia y reducir la longitud

de las fibras, lo cual contribuye a una mejor formación de la hoja de papel. Para la refinación es necesario de uno a dos *refinadores*. Estos equipos pueden presentarse en dos configuraciones, tipo discos paralelos que consiste en un rotor de disco, equipado con un disco metálicos con muchas ranuras, que gira en el interior de una carcaza fija y al girar comprime y desmenuza la pasta que pasa por el interior de la carcaza. La otra configuración esta compuesta por dos conos concéntricos, uno externo fijo y otro interno giratorio, ambos poseen cuchillas finas, entre las cuales se hace pasar la pasta.

### **2.3.2. Sección Circuito Corto de Máquina**

Una vez completada la refinación, la pasta es conducida a la *caja de nivel* (que es un recipiente metálico de poco volumen, cuya ubicación se encuentra alrededor de 10 m por encima del nivel de succión de la *bomba alimentación principal*) que se encarga de mantener una presión constante de suministro hacia la bomba de alimentación principal, garantizando un flujo de pasta, que puede ser regulado según los requerimientos de la operación a través de la *válvula peso-base*. La bomba alimentación principal es alimentada por agua con baja proporción de fibras provenientes del *tanque agua blanca* y el flujo proveniente de la caja de nivel. La mezcla de estos dos flujos se realiza dentro de la bomba y es conducido al *depurador principal* (recipiente presurizado, que internamente posee un cilindro con perforaciones y un rotor con aspas batientes) donde los contaminantes son separados y enviados a un *tamiz vibratorio* (equipo formado por una criba motorizada de movimiento lineal oscilante y una batea metálica para recolección de lo que pasa a través de la batea) mientras la pasta con buenas características va a la *caja de alimentación principal*, para ser inyectada entre la *doble tela* (la *malla* que es un tejido de monofilamentos de poliéster, hecha sin fin mediante una unión de tal forma que constituye una cinta continua, y el *fieltro* que al igual que la malla es una cinta sin fin, pero

fabricada con otros materiales y una configuración adecuada para alta permeabilidad, superficie fina y lisa para facilitar el acabado de la hoja y minimizar la rehumectación). A partir de ahora para facilitar la comprensión del tema cuando se haga referencia a ambos, la malla y el fieltro, se hablará de vestiduras (nombre dado por considerarse las vestimentas o vestidos que cubren la máquina).

### **2.3.3. Sección Máquina Papelera**

La pasta inyectada sobre la malla y el fieltro es drenada por la presión que ejercen dos rodillos, uno de ellos reconocido por su gran diámetro y que lleva el nombre de *cilindro formador*, y el otro *rodillo cabecero tela*. La presión ejercida permite el drenaje de agua y fibras contenidas en la mezcla, mientras que otra parte transportada por el fieltro, siguiendo una trayectoria por sobre una serie de rodillos denominados *rodillos guía fieltro*, hasta llegar a la sección prensa.

La sección máquina es sumamente importante, pues en esta se lleva a cabo la formación de la hoja, y son necesarios una serie de elementos que cumple la tarea de mantener en condiciones óptimas la operación de la tela y el fieltro. Entre estos elementos se tienen *rodillos guías* (mantienen la estabilidad de las vestiduras), *rodillos tensores* (permiten ejercer tensión a medida que las vestiduras se estiran), *cuchillas limpiadoras* (mantienen limpia la superficie de los rodillos), *duchas de limpieza* (con un flujo constante de agua retiran los contaminantes y fibras que se quedan sobre las cuchillas y rodillos), *duchas de inundación* (con alto caudal inundan el espacio entre la cara del rodillo y las vestiduras, formando una cuña de agua que al atravesarlas, empuja las fibras y los contaminantes que han quedado atrapados hacia fuera de estas), *ducha alta presión* (con bajo caudal pero alta presión entre 120 y 300 psi empujan fibras y contaminantes que se

hacen difíciles de retirar con las otras duchas), *ducha de humectación* (mantiene las vestiduras húmedas para que estas puedan moverse sobre los rodillos sin generar fricción y daños internos a sus tejidos), *ducha química* (su uso es discontinuo y utiliza sustancias químicas que contribuyen a limpiar las vestiduras de contaminantes difíciles de remover con las duchas de alta presión).

#### **2.3.4. Sección Prensas**

Luego de que es transportada la solución a través del fieltro, pasa a un *sistema de prensa* para retirar agua mecánicamente. Cuanto mayor es la cantidad de agua extraída, mayor es la eficacia de esta sección. La extracción de agua debe ser uniforme en toda la anchura de la hoja, para así poder obtener una hoja perfectamente plana. Esta doble función de las prensas (disminuir el contenido medio de humedad y obtener un reparto de la misma) son de gran importancia para el funcionamiento eficaz y económico de la máquina.

#### **2.3.5. Sección Secado**

El papel húmedo de la sección prensa se pasa por un *cilindro secador* calentado a vapor y se seca hasta contener aproximadamente un 6% de agua. El agua que se evapora es llevada al exterior mediante aire de ventilación generado por un *soplador de inyección*, mientras que el vapor de agua es extraído gracias a la acción de un *soplador de extracción*. Este *sistema de ventilación* está diseñado a partir de un recipiente que encapsula el cilindro secador y que maximiza la transferencia de calor en su periferia. Su estructura es robusta y con gran capacidad de resistir la corrosión, dadas las condiciones

de humedad y temperatura existente. El aire inyectado por el soplador necesariamente debe estar caliente para evitar el choque térmico ocasionado por un delta de temperatura. Este aire pasa por un *sistema de calentamiento* que consiste en un *quemador a gas* y una serie de ductos envueltos con material aislante.

Dentro de la planificación de actividades se especifican las partes que son modificadas de la máquina existente tipo fourdrinier, en la reforma de la sección de formación de la máquina papelera N°5, para una máquina doble tela tipo Crescent former.

#### **2.4. Plantas Papeleras en Venezuela**

En Venezuela actualmente los principales grupos empresariales en la Industria Papelera son: Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA), SmurfitKappa Cartón de Venezuela C.A. (SK), Manufacturas de Papel S.A.C.A. (MANPA), Kimberly Clark Venezuela C.A. (KC), Industria Venezolana Endógena de Papel (INVEPAL) propietarias de 08 plantas industriales que fabrican papeles de diversas características, de acuerdo a los distintos tipos de papel que demandan los mercados nacional e internacional.

La mayoría de estas fábricas están ubicadas en la Región Central y Occidental. Se prevee la instalación de una planta de papel periódico, en la región Oriental, cercana a la ciudad de Puerto Ordaz, ya que esta región es rica en plantaciones madereras y esta planta requerirá de un alto consumo de la misma. A continuación las principales empresas que componen se encargan de fabricación de papel:

**Tabla 1. Principales Empresas Papeleras en Venezuela para el año 2016.**

Empresa	Planta	Cap. Prod. Anual (miles de tons)	Tipo de papel que produce
Papeles Venezolanos C.A	Guacara, Carabobo	110	Papel tisú
SmurfitKappa Cartón de Venezuela C.A.	La Carbonera, San Felipe	120	Papeles para corrugar
	Zona Industrial II, Carabobo	60	Papeles para corrugar
	Petare, Caracas	55	Papeles para corrugar
Manufacturas de Papel, S.A.C.A	Zona Industrial la Hamaca, Aragua	100	Papeles de impresión, escritura, y embalaje
	Zona Industrial, Aragua	60	Papel tisú
Kimberly Clark Venezuela, C.A.	Zona Industrial, Aragua	50	Papel tisú
Industria Venezolana Endógena de Papel	Morón, Carabobo	60	Papel para corrugar, impresión, escritura, y embalaje

Nota. Capacidad de producción aproximada, investigada con personal de las plantas.

## 2.5. Planificación de Obra

El desarrollo de una obra de montaje es una tarea compleja. En nuestro país no existen organismos que regulen explícitamente esta actividad. Ni existe alguna información sistematizada disponible al respecto. Por ese motivo es importante describir un proceso de un proyecto de montaje de equipos y estructuras en general, con el propósito de conocer como se descompone en sucesivas etapas desde su concepción hasta su realización en terreno.

### a. Requerimientos y Restricciones de la Obra

El inicio de todo proyecto una vez identificad a la idea central, parte por recopilar antecedentes. Por ello, la primera tarea es determinar las necesidades del mandante respecto a la calidad, costo y plazo del proyecto, estableciendo una jerarquía cualitativa entre ellos.

Se establecen cubicaciones aunque estimadas, para fijar una idea de la envergadura de la futura faena, paralelamente se recopilan antecedentes previos de empresa.

Junto a los generales, deben investigarse aquellos ligados a la ubicación geográfica y a las condiciones locales. Es imprescindible completar este estudio con una visita al terreno.

Por último es necesario estudiar detenidamente las cláusulas contractuales que pueden haber definido el mandante, sobre todo aquellos que se refieren a obligaciones especiales, formas de pago, retenciones, anticipos, entregas parciales (etapas), etc.

De estas definiciones previas nacen los objetivos centrales del proyecto.

## **b. Planificación**

En base a los supuestos y estimaciones definidos en la etapa anterior se construye un plan general. A través de él se intentan visualizar el posible funcionamiento de faena y los posibles métodos de montaje. Cada obra particular, dependiendo específicamente de la naturaleza de los elementos principales y secundarios, se pueden utilizar métodos distintos. En general, es un conjunto de acciones que determina el plan específico; así se puede observar que los plazos, costos la envergadura de los elementos estructurales entre otros factores dependen del método, acciones y plan seleccionado.

Una vez determinado el método y el procedimiento más adecuado de montaje, se deben definir la capacidad de los equipos requeridos para realizar los trabajos, en base a las características, en el caso de izaje el tamaño y peso de los miembros de condiciones extremas.

### **c. Diseño Preliminar del Proyecto de Montaje**

Plan general se analiza y modifica subordinándolo a los objetivos definidos en un principio. Por primera vez se agregan tres elementos colaterales como el abastecimiento de insumos, reconocimiento de los imprevistos mas probables y consecuentemente de previsiones y provisiones para disminuir sus efectos. Para lograr un mejor entendimiento de estos conceptos se puede ilustrar esta situación con el siguiente Ej. : un montaje en una isla alejada del continente, puede sufrir múltiples contrariedades, en especial si falla algún equipo, las que se ven agravadas por la dificultad de reparación. El riesgo de reparación disminuye si se envían grúas de menor envergadura respecto del envío de un equipo de mayor capacidad

Es conveniente, cuantificar la capacidad de recuperación respecto de contingencias climáticas, en maquinarias, personas, abastecimiento, etc. Naturalmente no se puede diseñar un proyecto que sea inmune a cataclismo o controle todas las posibles contingencias, porque seria de un costo extremadamente elevado. En gran parte de los casos cave la posibilidad de tomar medidas intermedias de costos aceptables.

### **d. Evaluación**

Evaluar el plan general implica hacer un análisis de sensibilidad del proyecto con respecto a sus principales componentes. Es recomendable verificar los efectos de disponer de mayor o menor cantidad de recursos; equipos, mano de obra, financiamientos, recepciones, etc.

Esta etapa de evaluación, es el momento adecuado para chequear los supuestos hechos en la programación, se obtiene valiosas conclusiones que alimenta la siguiente etapa.

#### **e. Diseño Definitivo del Proyecto de Montaje**

Lo anterior expuesto permitió definir en forma aproximada los recursos necesarios y la secuencia general a seguir. Todavía no se ha construido un proyecto detallado, necesario para la ejecución de la obra. Con los antecedentes que están precisados se podrá comenzar a tomar las primeras medidas tendientes a la organización del trabajo futuro, designando al staff de obra, pidiendo cotizaciones más precisas y verificando disponibilidad de equipo y mano de obra.

#### **f. Análisis de la Actividad de Despacho**

En el campo de despacho del terreno destaca una situación especial, en el mismo proyecto existe una entidad que fabrica, que en la mayoría de los casos, es independiente de la monta, con la quien existen sólo relaciones contractuales directas o indirectas, a través del mandante. Para evitar contratiempos se impone que el despacho debe ser bien coordinado. De aquí la importancia de acuerdo con una clara definición de las responsabilidades y las fechas en que se despachara cada sección a la obra.

Debido a la complejidad de los proyectos o a limitaciones de espacio, no es posible almacenar el material en el sitio mismo del montaje, por lo que se hace necesario un área sede recepción o patio de almacenamiento. En general, las secuencias de fabricación rara vez coinciden con la del montaje. Esta situación hace necesario conservar los envíos de piezas hasta formar un volumen de piezas apto para ser montado. Se subentiende que mantener patios de almacenamiento exige disponer por lo menos de una grúa, por lo tanto, el dimensionamiento de este patio debe permitir el tránsito y proceso de carga según las dimensiones de la grúa y destreza del operador.

Se exige definir con especial cuidado las secuencias de producción y despacho poniendo especial énfasis en verificar que tamaño y peso de las piezas en forma

individual este dentro de las capacidades de fabricación, limitaciones de transporte (Gabino, longitud, peso máx.) y límites del equipo de montaje.

#### **g. Análisis de ejecución**

Corresponde a tratar aquellas etapas de ejecución que se desarrollan cuando el proyecto de montaje o construcción se encuentra en situación de ejecutarse.

#### **h. Programación**

En esta etapa naturalmente es construir el programa maestro, detallado, que regirá la obra desde su inicio. Parte de las necesidades son: la carta GANTT para las actividades, programas de asignación de recursos (mano de obra y equipos), programa de consumo de insumos y de proyección de flujo de caja, programa financiero.

#### **i. Análisis de Recursos Humanos**

En esta etapa de planificación ya están planteados de forma tentativa los plazos y requerimientos generales del recurso humano a contratar.

#### **j. Análisis de Recursos Técnicos**

En esta etapa corresponde la elección de los equipos que se usarán. Otro aspecto importante dentro de la planificación técnica previa a la obra, es el análisis de maniobras y verificaciones de espacios suficientes (altura máx. en caso de espacios cerrados) radios de giro permitido, y capacidad de izaje, etc.

#### **k. Análisis del Espacio Físico**

Se dirigen tres grandes puntos de incidencia en el terreno en la planificación del trabajo:

**l. Acceso a la obra:** disponibilidad de espacio en los patios y acopio de estructura. Se procede a hacer la topografía del frente de trabajo.

**m. Operaciones en Terreno:** las operaciones en terreno, son generalmente las que se detallan a continuación, no obstante es posible que en determinadas ocasiones algunas de estas se agrupen en una sola u otras se omitan. No ha sido considerada como etapa la fabricación, por ser un objetivo ó meta principal dentro de la ejecución de etapas como: replanteamiento previo, recepción y descarga, ordenamiento por montaje, traslado al sitio de montaje, prearmado, verificación de calidad, corrección y codificación de piezas, montaje, alineamiento, conexión final.

**n. Replanteo Previo:** en muchas ocasiones el contrato que se ejecuta resulta ser una aplicación de un proyecto anterior, por tanto, debe conectarse la nueva estructura con una ya existente. Este hecho obliga a hacer un replanteo topográfico con el objetivo de precisar la exacta posición de los elementos que existen en el terreno a fin de preveer deficiencias en el proyecto.

En otros casos el terreno es accidentado, poseer un replanteo de los alrededores del frente exacto del trabajo, resulta ser un antecedente imprescindible en el análisis de maniobras.

Pero el aspecto más importante al que apunta el replanteo es el último chequeo previo al montaje, de las fundaciones y posiciones relativas de los pernos de anclaje de los equipos.

**o. Recepción y Descarga:**

El culminante de la recepción física en el terreno, es el protocolo administrativo de recepción (inspección y aceptación de la guía de despacho), la descarga e identificación de los elementos recibidos.

**p. Verificación de calidad, revisión, codificación, corrección de piezas:**

Esta etapa se verifica la codificación de elementos. Es frecuente en una actividad como el montaje, detectar la necesidad de reparaciones en terreno. Por desperfectos durante el transporte, carga o manipulación, errores del proyecto, etc.

**q. Ordenamiento Previo al Montaje:**

Para montar una estructura, las piezas o componentes deben ser enviadas en forma que queden perfectamente individualizadas.

**r. Traslado al Frente de Trabajo:**

Los medios para materializar el traslado varían de acuerdo a las características de los elementos estructurales (tamaño, peso, forma, etc.)

**s. Prearmado:**

El prearmado consiste en unir varios elementos consecutivos de una sección de la estructura (por Ej.: un piso de una torre), a nivel del suelo, con el propósito de levantar un elemento de mayor tamaño. Esto permite bajar la duración de las maniobras, con el consiguiente aumento del rendimiento.

**t. Montaje Propiamente:**

Es el proceso mediante el cual se emplaza cada pieza en su posición definitiva dentro de una estructura. Este trabajo es hecho por un grupo especializado de obreros quienes guiándose por los planos de montaje hechos por el diseñador, identifican cada pieza y la hacen calzar en la estructura. En este procedimiento generalmente participa un grupo de apoyo que selecciona el material requerido y dirige que el equipo de izamiento instale la carga en una posición correcta. Finalmente, el personal sobre la estructura guía la pieza a su posición definitiva, la asegura con un conector temporal y por último la libera de la grúa.

**u. Refuerzos Temporales:**

Se refiere a todo material que se usa para permitir la estabilidad y soporte de las estructuras mientras llegan a cumplir estas condiciones por sí mismas. En el lenguaje norteamericano se le llama falsework.

**v. Alineamiento:**

Luego de colocada la pieza es necesario alinearla en posición correcta, esto lo realiza en su mayor parte el topógrafo ó alineador.

**w. Conexión definitiva:**

Esta es la operación final en que se coloca el sistema de sujeción final. Antes de proceder a la unión definitiva se debe asegurar que la estructura cumpla los requisitos de calidad impuesta por el proyectista (condiciones geométricas, planeidad, ortogonalidad, tolerancias respectivas, verticalidad, horizontalidad de las uniones, elementos, etc.) esta tarea queda a cargo del topógrafo ó alineador.

*Mediante esta secuencia se puede generalizar el proceso de preparación y montaje de una máquina papelera. El proyecto montaje de la sección de formación de la máquina papelera N°5, sigue este patrón, omitiendo algunas actividades que no se requieren, por tratarse este proyecto de la modificación parcial de una máquina existente y cuya obra civil será reutilizada.*

## **2.6. Técnicas analíticas de planificación, programación y control de proyectos**

Companys, R (2003) sostiene que hoy en día se cuenta con innumerables herramientas para la planeación, programación y control de proyectos, pero desde hace poco se han ido analizando por parte de los investigadores operacionales los problemas gerenciales en esta área. La estructura desagregada de trabajo, los paquetes de trabajo, los diagramas de red, los diagramas de gantt, y las redes PERT, CPM, constituyen recursos necesarios para completar la actividad en el menor tiempo posible y con el mínimo de fallas. En muchos proyectos, las limitaciones en mano de obra y equipos hacen que la programación sea difícil, pero estos métodos ayudan a identificar los instantes del proyecto en que estas restricciones causarán problemas y de acuerdo a la flexibilidad permitida por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permite al planificador manipular ciertas actividades con el propósito de obtener el resultado esperado.

Las complejidades crecientes de los proyectos actuales exigen que las técnicas de planeación que se eligen sean más sistemáticas y efectivas, con el objeto de optimizar la eficiencia en la ejecución del proyecto. Aquí la eficiencia implica efectuar la mayor reducción en el tiempo requerido para terminar el proyecto, mientras se considera la factibilidad económica de la utilización de los recursos disponibles.

Wagner, G (1989) sostiene que la administración de proyectos evoluciona como un nuevo campo en el desarrollo de técnicas analíticas para la planeación, programación y control de proyectos, como son los métodos que se estudiarán: Método de Ruta Crítica CPM y la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos PERT.

Cabe destacar que el proyecto reforma de la sección de formación de la máquina N° 5 de Papeles Venezolanos C.A. contempla el estudio de las características principales de la máquina a instalar de configuración tipo Crescent former y que está destinada a la fabricación de productos tisú. Máquinas similares han sido instaladas en diferentes partes del mundo y se cuenta con la colaboración de diferentes especialistas que prestaran sus conocimientos y experiencias para la elaboración del presente trabajo.

En general las máquinas papeleras poseen dimensiones muy variables; altura entre 4 y 12 m, una cara frontal entre 3 y 10 m, cara lateral entre 24 y 100 m y un peso aproximado entre 200 y 1.000 ton (incluye estructuras, equipos, sistema de tuberías, paneles, etc.).

La instalación comprende no sólo la sección de formación propiamente dicha, sino, además componentes periféricos tales como: motores, bombas, tanques, entre otros.

Los tiempos utilizados en ejecutar el montaje serán los empleados en las maniobras de manipulación de los elementos más la instalación de estos.

En la práctica la manipulación de elementos puede hacerse de forma manual, con montacargas o con grúas. Debido al tipo de instalación realizada, la mayoría de las maniobras se realizará con grúa puente, grúa móvil y montacargas. Es importante destacar que el uso de montacargas se planifica para transportar los elementos desde su lugar de almacenamiento hasta el sitio de instalación, y luego la última manipulación será hecha con grúa puente y en los casos que estén fuera de su alcance con grúa móvil.

Existe diferencia en el procedimiento de montaje empleado, si cambia el tipo de máquina papeleras, en lo que corresponde a tipos de ajustes y calibraciones, pero fuera de

esto la variable que tiene mayor impacto sobre el procedimiento de montaje es el peso y dimensión de los elementos.

Una vez se define el alcance y las variables más importantes, el tiempo parte del estudio del conjunto de actividades que componen el proyecto, la revisión de los subproyectos, hasta llegar al nivel terminal, denominado actividad. Ello implica una acción que requiere tiempo para completarla, por lo que tiene un inicio y fin claramente observables y consume recursos en el proceso.

Como se muestra en la figura N° 1, la actividad es como la “hoja del árbol”, nivel de detalle donde los subproyectos son la “ramas” del esqueleto principal del proyecto, que es el “tronco”. Las “raíces” son entonces las entradas identificadas como las bases del proyecto, los supuestos, restricciones y la información histórica. Se puede inferir con el uso de esta metáfora, que un proceso de planificación robusto requiere alimentarse de una raíz profunda con la misión de la organización y bien entramada con las realidades que rodean al proyecto. Esto genera un tronco fuerte que servirá de soporte al complejo de ramas que producen hojas sanas. Esto producirá flores que se transformarán en los deseados frutos del proyecto.

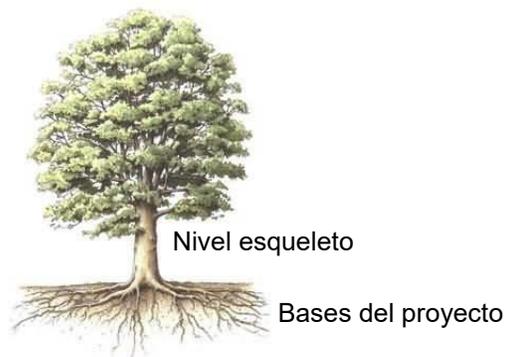


Figura N° 1. **Metáfora del árbol en un proceso de planificación**  
Nota. Figura tomada Palacios, L (2002).

La secuencia de actividades consiste en evaluar las características propias del trabajo que debe ser realizado, para determinar cómo estas dependen de otras labores, lo que permitirá diseñar una manera lógica de ejecutarlas. Quiere decir que hay un predecesor o simplemente que existe una prelación entre actividades.

El proceso de planificación de la secuencia de montaje requiere como entradas la lista de actividades a realizar, la descripción de etapas (si se planifica por etapas), las dependencias, supuestos y restricciones.

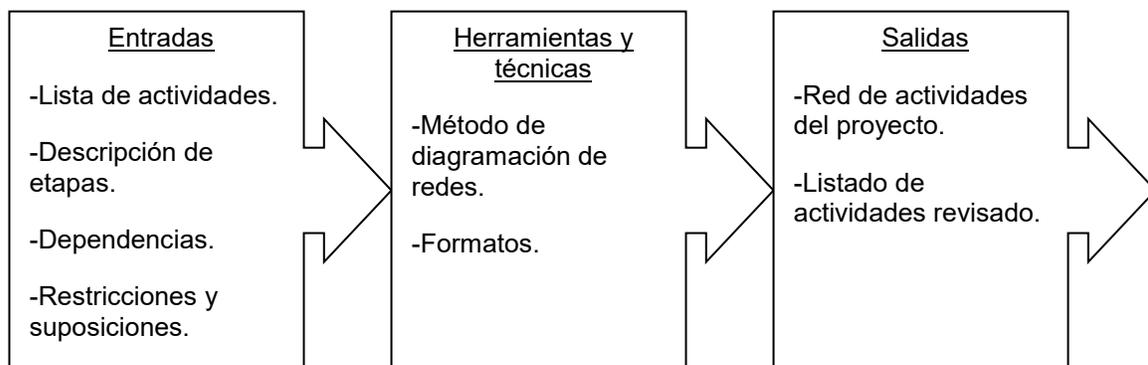


Figura N° 2. **Proceso de Planificación de la Secuencia de Montaje**  
Nota. Figura tomada Palacios, L (2002)

Una vez definidas las interrelaciones existentes entre las distintas actividades, es de mucha utilidad mostrarlas de forma gráfica usando diagrama de redes, diagramas de flechas, diagramas condicionantes.

### 2.6.1. Carta Gantt o diagrama de barras

Según Santana, Larenas (2002), se puede señalar:

....."la carta Gantt es el método de programación más ampliamente difundido en todos los niveles de una organización y área de actividad".....

A principio del siglo XX Henry L. Gantt introdujo el método para actividades del área industrial, con el objeto de realizar estudios y un manejo más científico de la productividad de la mano de obra. Desde esa fecha se ha venido utilizando con la introducción de permanentes modificaciones, según los requerimientos de los diferentes proyectos a los cuales se ha aplicado.

El gráfico de Gantt muestra las actividades de un proyecto con sus respectivas duraciones, indicando también las fechas referidas al calendario de manera de permitir comparar las previsiones con las realidades. En él podemos señalar las actividades en serie o en paralelo, pero no la interdependencia de unas actividades con otras. El campo de aplicación de la carta Gantt es muy amplio, ya que por su claridad y sencillez se puede emplear tanto en un gran proyecto como en uno pequeño, además la necesidad de trazar el gráfico de Gantt obliga a un esfuerzo para visualizar el proyecto con síntesis y claridad.

En este gráfico cada división del espacio indica el tiempo y la tarea que se debe realizar en ese periodo, junto con sus correspondientes fechas de inicio y término.

Actualmente y a medida que los proyectos han requerido mayor eficiencia en su desarrollo, la carta Gantt ha sido reemplazada en determinadas situaciones por nuevos métodos de programación, sin embargo se ha mantenido para ciertas aplicaciones, que la hacen plenamente vigente como herramienta de programación.

### **2.6.2. Bases de la técnica de mallas**

Los métodos que existían anteriormente, como los gráficos de Gantt y gráficos de Organización, no eran suficientemente flexibles y no permitían conocer la actuación conjunta de los procesos parciales de un modo general; debido a ello tampoco permitían ver los puntos sobresalientes para realizar modificaciones en la planificación de la obra.

Por estos motivos aparecieron en América y Europa los métodos de mallas PERT, CPM, y sus variantes.

Los nuevos métodos de planificación tienen como objetivo hacer desaparecer los inconvenientes antes citados, mediante las siguientes medidas:

1. Se separa la realización gráfica del desarrollo del proyecto, de la representación de los tiempos requeridos para cada proceso parcial, ya que la base del orden de sucesión de la producción está fijada por la tecnología y en cambio la determinación de tiempos está sujeta a modificaciones.
2. Se posibilita un perfecto solape de las fases de la obra, haciendo que aparezcan visiblemente los diferentes procesos y sus interrelaciones mediante una representación en forma de malla. Mediante este nuevo tipo de representación es posible simultáneamente continuar subdividiendo los procesos parciales, cosa que no se podía hacer hasta ahora en el diagrama de barras, haciendo así una planificación más precisa.
3. Mediante nuevos sistemas de cálculo se averiguan valores más representativos de la marcha de la obra y que pueden proporcionar al planificador datos importantes para una racionalización del desarrollo de la obra.

Por citar algunos resultados de estos métodos en la planificación de obras diremos que son medios auxiliares:

- Para controlar la obra con relación al cumplimiento de un plazo prefijado (especialmente importante cuando puede haber sanciones contractuales).
- Para averiguar los plazos de inicio y terminación de cada uno de los itinerarios de trabajo y procesos parciales que sean importantes para la ejecución del proyecto.

- Para averiguar los nuevos plazos de inicio y terminación en caso que existan perturbaciones.
- Para obtener y valorar planes alternativos.
- Para planificar los medios disponibles o disponibilidades.
- Para disminuir costos.
- Para conocer los puntos críticos que pueden retrasar la continuación de la obra.
- Para la planificación externa por parte de oficinas de proyectos y de obras de organismos privados y estatales, es decir, para coordinar todas las firmas participantes en la obra así como para especificar las responsabilidades en caso de haber fallos o sobrepasarse los plazos.

En la técnica de planificación por mallas aparecen las siguientes innovaciones respecto a la técnica de diagrama de gantt utilizada hasta ahora:

- En lugar del diagrama de barras, es la representación tipo malla la que visualiza gráficamente el desarrollo de la obra.
- La malla se ha de calcular y la base de su cálculo son los mismos valores de partida que servían hasta ahora para la planificación.
- Los resultados del cálculo de la malla son valorados y comprobados, sirviendo fundamentalmente para el control y vigilancia del proyecto.

Wagner, G (1989) deduce dos aspectos principales para manejar la técnica de planificación por mallas: primero cómo preparar y calcular una red de este tipo y segundo cómo originarla y manejarla en la práctica, aplicado al sector de la construcción.

### **2.6.3. Métodos de Ruta Crítica**

Dos son los orígenes de ésta técnica o método:

El método Pert (Program Evaluation and Review Technique) desarrollado por la armada de los Estados Unidos de América en 1957, para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, por la necesidad de terminar cada una de ellas dentro de los intervalos de tiempo disponibles. Fue utilizado originalmente por el control de tiempos del proyecto Polaris.

El Método CPM (Critical Path Method), el segundo origen del método actual fue desarrollado también en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización los costos mediante la planeación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto.

Ambos métodos aportaron los elementos administrativos necesarios para formar el método de ruta crítica actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, para buscar que el proyecto total sea ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

#### **2.6.3.1 Definición y usos**

El método de ruta crítica es un proceso administrativo (planeación, organización, dirección y control) de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse durante un tiempo crítico y al costo óptimo. La aplicación potencial del método de la ruta crítica, debido a su gran flexibilidad y adaptación, abarca desde los estudios iniciales para un proyecto determinado, hasta la planeación y operación de sus

instalaciones. A esto se puede añadir una lista indeterminable de posibles aplicaciones de tipo específico. Así, podemos afirmar que el método de la ruta crítica es aplicable y útil en cualquier situación en la que se tenga que llevar a cabo una serie de actividades relacionadas entre sí para alcanzar un objetivo determinado. El método es aplicable en tareas tales como: construcción, estudios económicos, planeación de carreras universitarias, censos de población, estudios técnicos, etc. Los beneficios derivados de la aplicación del método de la ruta crítica se presentarán en relación directa a la habilidad con que se haya aplicado. Debe advertirse, sin embargo, que el camino crítico no es una panacea que resuelva problemas administrativos de un proyecto. Cualquier aplicación incorrecta producirá resultados adversos. No obstante, si el método es utilizado correctamente, determinará un proyecto más ordenado y mejor balanceado que podrá ser ejecutado de manera más eficiente y normalmente, en menor tiempo. Un beneficio primordial que nos brinda el método de la ruta crítica es que resume en un sólo documento la imagen general de todo el proyecto, lo que nos ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de actividades, facilitando abastecimientos ordenados y oportunos; en general, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de tropiezos. En la práctica el error que se comete más a menudo es que la técnica se utiliza únicamente al principio del proyecto, es decir, al desarrollar un plan y su programación y después se cuelga en la pared el diagrama resultante, olvidándose durante el resto de la vida del proyecto. El verdadero valor de la técnica resulta más cuando se aplica en forma dinámica. A medida que se presentan hechos o circunstancias imprevistas, el método de la ruta crítica proporciona el medio ideal para identificar y analizar la necesidad de replantear o reprogramar el proyecto, reduciendo al mínimo el resultado adverso de dichas contingencias. Del mismo modo, cuando se presenta una oportunidad para mejorar la programación del proyecto, la técnica permite

determinar fácilmente que actividades deben ser aceleradas para que se logre dicha mejoría.

### **2.6.3.2 Metodología de la Ruta Crítica**

El método de la ruta crítica consta básicamente de dos ciclos:

1. Planeación y programación.
2. Ejecución y Control.

El primer ciclo termina hasta que todas las personas directoras o responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente de acuerdo con el desarrollo, tiempos, costos, elementos utilizados, coordinación, etc., tomando como base la red de camino crítico diseñada al efecto. Al terminar la primera red, generalmente hay cambios en las actividades componentes, en las secuencias, en los tiempos y algunas veces en los costos, por lo que hay necesidad de diseñar nuevas redes hasta que exista un completo acuerdo de las personas que integran el grupo de ejecución.

El segundo ciclo termina al tiempo de hacer la última actividad del proyecto y entre tanto existen ajustes constantes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el realizado.

Será necesario graficar en los esquemas de control todas las decisiones tomadas para ajustar a la realidad el plan original. Con objeto de entender este proceso, se presenta la figura 1.

Considerando que el principal objetivo de este trabajo consiste en establecer la metodología de la construcción de la red del camino crítico se abarcará únicamente el

primer ciclo, con objeto de presentar la elaboración de la red del camino crítico y entienda sus ventajas y limitaciones.

El primer ciclo se compone de las siguientes etapas: definición del proyecto, lista de actividades, matriz de secuencias, matriz de tiempos, red de actividades, costos y pendientes, compresión de la red, limitaciones de tiempo y de recursos económicos.

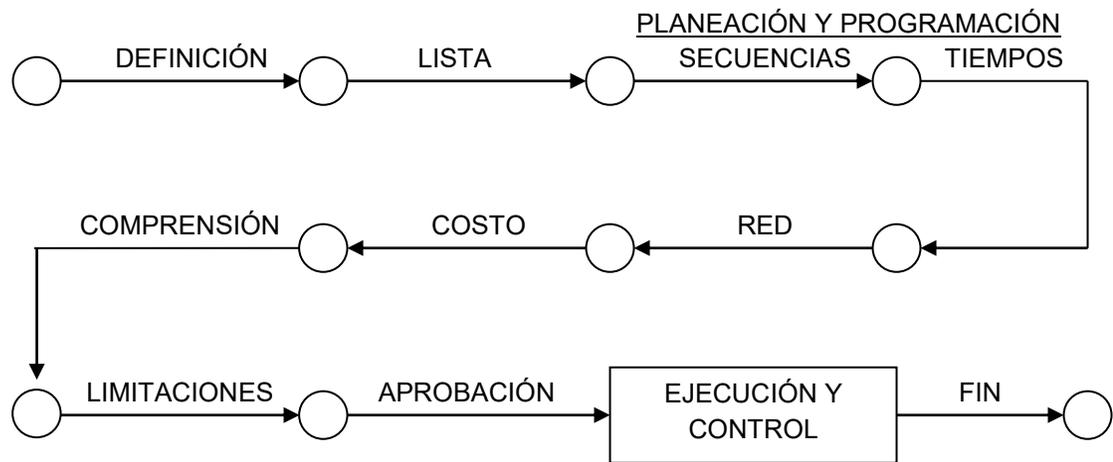


Figura N° 3. Metodología de la ruta crítica. Nota. Figura tomada Acosta (2000)

### 2.6.3.3 Definición del proyecto

Esta etapa aunque es esencial para la ejecución del proyecto no forma parte del método. Es una etapa previa que debe desarrollarse separadamente y para la cual también puede utilizarse el método de la ruta crítica. Es una investigación de objetivos, métodos y elementos viables y disponibles, lo que nos aclara si el proyecto va a satisfacer una necesidad o si es costeable su realización.

Lewis, J (2004) plantea que cuando un proyecto haya sido definido, habrá que planear cómo realizar el trabajo. En el plan deben haber tres componentes: la estrategia, las tácticas y la logística. La estrategia es el factor que definirá el "plan de juego" que se seguirá para realizar el trabajo.

#### **2.6.3.4 Lista de actividades**

Es la relación de actividades físicas o mentales que forman procesos interrelacionados en un proyecto total. No es necesario que las actividades se listen en orden de ejecución, aunque si es conveniente porque evita que se olvide alguna de ellas. Sin embargo, las omisiones de las actividades se descubrirán más tarde al hacer la red correspondiente. Es conveniente numerar progresivamente las actividades para su identificación y en algunos casos puede denominarse en clave, no es necesario indicar la cantidad de trabajo ni las personas que la ejecutarán. En términos generales, se considerará actividad a la serie de operaciones realizadas por una persona o grupo de personas en forma continua, sin interrupciones, con tiempos determinables de iniciación y terminación.

#### **2.6.3.5 Matriz de secuencias**

Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades:

a) Por antecedentes

b) Por secuencias

En el primer caso se preguntará a los responsables de los procesos cuales actividades deben quedar terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen en la lista. Debe cuidarse que todas y cada una de las actividades tenga cuando menos un antecedente.

En el caso de ser iniciales, la actividad antecedente será cero. En el segundo procedimiento se preguntará a los responsables de la ejecución, cuales actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista de actividades. Para este efecto se debe presentar la matriz de secuencias iniciando con la actividad cero que servirá para indicar solamente el punto de partida de las demás.

### **2.6.3.6 Matriz de tiempos**

Mediante esta matriz conocemos el tiempo de duración de cada actividad del proyecto. El método de la ruta crítica utiliza únicamente un tipo de estimación de duración, basada en la experiencia obtenida con anterioridad mediante una actividad X. Para asignar el tiempo de duración de una actividad debemos basarnos en la manera más eficiente para terminarla de acuerdo con los recursos disponibles. Tanto la Matriz de Secuencias como la Matriz de Tiempos se reúnen en una sola llamada Matriz de información, que sirve para construir la Red Medida.

### **2.6.3.7 Red de Actividades**

La representación visual del método de la ruta crítica es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y de sus interrelaciones. La red esta formada por flechas que representan actividades y nudos o uniones que simbolizan eventos.

Cuando se encuentran varias flechas conectadas una tras otra es que existe una secuencia entre ellas; esa es la manera de ilustrar dicha dependencia. Los nudos o uniones de flechas, denominados eventos, se representan en la gráfica en forma de círculos y significan la terminación de las actividades que culminan en un evento determinado y la iniciación de las subsecuentes.

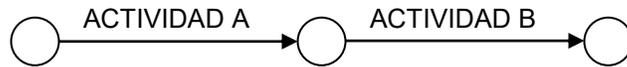


Figura N° 4. **Representación gráfica de actividades y eventos utilizando el diagrama de redes.**  
Nota. Figura tomada Acosta (2000)

Para preparar un diagrama de redes se deben contestar tres preguntas básicas sobre cada flecha o actividad específica:

- a. ¿Qué actividades deben ser realizadas inmediatamente antes de la ejecución de ésta?

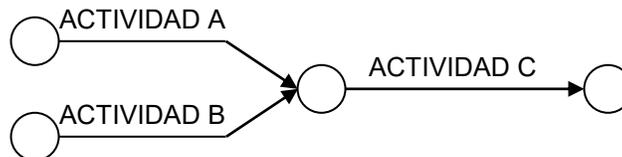


Figura N° 5. **Representación de Dos actividades precededoras de “A”, en diagrama de redes.**  
Nota. Figura tomada Acosta (2000)

- b. ¿Qué actividades deben llevarse a cabo inmediatamente después de realizar la presente?

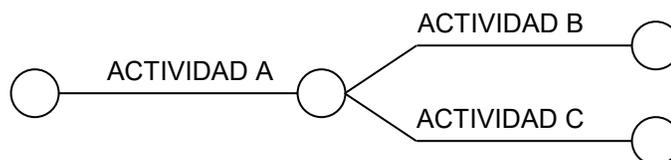


Figura N° 6. **Representación de Dos actividades siguientes de “A”, en diagrama de red.**  
Nota. Figura tomada Acosta (2000)

c. ¿Qué actividades se pueden realizar simultáneamente a la ejecución de esta?

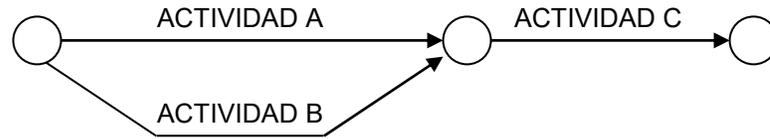


Figura N° 7. **Dos actividades simultaneas predecesoras de “C”, en diagrama de red.**  
Nota. Figura tomada Acosta (2000)

Otros aspectos que deben considerarse son los siguientes:

- i. La numeración de los eventos.
- ii. La existencia de actividades ficticias.

La numeración de los eventos permite identificar las diferentes actividades mediante los eventos de iniciación (i) y de terminación (j). Para cada actividad puede ser identificada por una combinación única de hechos de iniciación y de terminación, es necesario incluir en la elaboración de una red a las llamadas actividades ficticias, que son aquellas que no representan la realización de una tarea finita, tiempo de duración o costo (o sea que el evento de iniciación corresponde al evento de terminación con respecto al tiempo).

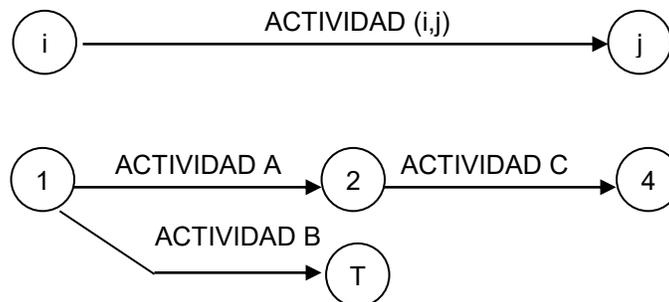


Figura N° 8. **Representación en diagrama de red identificando actividades y eventos.**  
Nota. Figura tomada Acosta (2000)

Indistintamente se podrían numerar los eventos al azar, sin embargo la experiencia ha demostrado, que el enumerar los eventos de una manera especial hace más simple el procedimiento aritmético.

Para establecer la red, se dibujan las actividades que parten del evento cero. A continuación no debe tomarse la ordenación progresiva de la matriz de secuencias para dibujar la red, sino las terminales de las actividades de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Este proceso se repite considerando las recomendaciones para la construcción de la red.

Una vez realizada la red de actividades, se debe asignar la duración correspondiente a cada una de ellas, para calcular la duración total del proyecto y la determinación de las fechas próximas de realización de cada actividad.

Para llevar a cabo estos cálculos se hacen las siguientes suposiciones:

- El proyecto se inicia en cero de tiempo relativo.
- No se debe iniciar ninguna actividad sin antes, haber completado las tareas cuya ejecución depende de ésta.
- La realización de cada actividad debe iniciarse tan pronto sea posible.
- Una vez iniciada, cada actividad se ejecuta sin interrupción, hasta ser terminada.

Como es posible calcular las fechas próximas de iniciación y terminación de cada actividad, se puede realizar el mismo procedimiento de cálculo para obtener los tiempos remotos de iniciación y de terminación de cada actividad, de acuerdo con la duración total del proyecto.

El cálculo de estos tiempos denominados también como fechas, es muy sencillo; lo más pronto que una actividad se puede iniciar es la fecha más próxima en que todas sus actividades precedentes se pueden terminar. Lo más pronto que se puede terminar es simplemente la fecha de iniciación más próxima más el tiempo requerido para la terminación.

El primer cálculo que se hace es de los tiempos próximos de iniciación de cada actividad y el procedimiento es el siguiente:

1. Primeramente se asigna al evento de iniciación de la primera actividad de la red, un día hábil igual a cero, el que se anota del lado izquierdo del evento y es su tiempo próximo de inicio.
2. después se procederá a sumarle la duración de cada una de las actividades que principian en ese evento y se anotan del lado izquierdo del evento de terminación respectivamente. Siendo también su próximo del inicio.
3. En el caso de actividades cuyo evento de terminación sea el mismo, deberá considerarse el valor máximo que arrojen los cálculos del paso 2, siendo éste el tiempo próximo de inicio de la siguiente actividad.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que se calcule el tiempo próximo de realización de todas las actividades.
5. La cifra final de tiempos próximos de inicio constituye el tiempo en el que se puede llevar a cabo el proyecto.

El segundo cálculo que se hace es el de los tiempos remotos de terminación. Esta determinación se efectúa en forma inversa a la anterior, el procedimiento es el siguiente:

1. Se supone que el tiempo remoto de terminación del último evento es igual a su tiempo más próximo de iniciación. Es decir, se toma como dato inicial la duración total del proyecto y se anota en el extremo derecho del evento final.

2. Posteriormente se irán restando de dicho valor las duraciones de cada una de las actividades que terminan en ese evento de iniciación, respectivamente. Siendo estos valores su tiempo remoto de terminación.

3. Cuando dos o más actividades tengan el mismo evento de iniciación, debe considerarse el valor mínimo que arrojen los cálculos del paso 2. siendo este el tiempo remoto de terminación de las actividades anteriores.

La etapa final consiste en calcular el tiempo remoto de iniciación y el tiempo próximo de terminación de acuerdo a las siguientes relaciones:

Primera fecha de término (pft) = Primera fecha de iniciación (pfi) + duración actividad (te)

Ultima fecha de inicio (ufi) = Ultima fecha de término (uft) – duración actividad (te)

Con lo anterior queda terminada la red de actividades.

### **2.6.3.8 Matriz de Elasticidad**

Existe un procedimiento que nos proporciona la posibilidad de retrasar o adelantar una actividad sin consecuencias para las otras, es decidir la elasticidad de las mismas. Para conocer la elasticidad de las actividades es necesario conocer los siguientes conceptos.

Holgura total (HT): es el exceso de tiempo disponible con respecto a la duración de una actividad. Para calcularla se emplea la siguiente expresión:

Holgura total (HT) = última fecha de término (uft) – primera fecha de inicio (pfi) – duración de la actividad (te)

Holgura libre (HL): Holgura libre de una actividad corresponde a la diferencia entre el tiempo disponible para realizar la actividad y la duración de ésta si se inicia y termina lo más pronto posible.

Holgura libre (HL) = primera fecha de término (pft) – primera fecha de inicio (pfi) – duración de la actividad (te)

Físicamente es el retraso máximo que puede tener una actividad, sin alterar el principio más próximo de las actividades que la siguen.

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

## **Capítulo III. Marco Metodológico**

### **3.1. Tipo de Investigación**

La Investigación en estudio, es de Tipo Descriptiva. Según Rivas (1995) señala que la investigación descriptiva, “trata de obtener información acerca del fenómeno o proceso, para describir sus implicaciones”. (p.54). Este tipo de investigación, no se ocupa de la verificación de la hipótesis, sino de la descripción de hechos a partir de una técnica o modelo teórico definido previamente. En este trabajo, en base a la información a obtener, como lo es el tiempo de ejecución de las principales actividades del proyecto de reforma de la máquina papelera N° 5, se tiene como propósito exclusivo comparar y descubrir el método analítico que se aproxime más al tiempo real de duración total del proyecto mencionado.

### **3.2. Diseño de la Investigación**

Con el fin de recolectar la información necesaria para responder a las preguntas de investigación, el investigador debe seleccionar un diseño de investigación.

Para Arias (2006), “el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p. 26).

El diseño de la investigación se califica de tipo no experimental, definida por Kerlinger (2002) como la búsqueda empírica y sistemática en la que el investigador no posee control directo de las variables independientes.

Otra condición de la investigación, es que se encuentra enmarcada dentro de la metodología de investigación de campo. Según Arias (2004) la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables alguna (p. 94). Los datos necesarios para llevar el desarrollo del trabajo, se han obtenidos directamente del sitio donde se realiza la investigación. Las actividades asociadas al proyecto, darán pie para comparar los diferentes tiempos de ruta crítica obtenidos aplicando las dos técnicas analíticas de planeación PERT y CPM, para posteriormente descubrir cual de estos se aproxima más al tiempo real de instalación de la reforma de la máquina papelera N° 5, realizada en el segundo semestre del año 2009 por la empresa Instalaciones Industriales (ININCA) y personal de Papeles Venezolanos C.A, empresa en la cual esta máquina se encuentra en operación.

### **3.3. Descripción de la Metodología**

La etapa I consiste identificar las principales actividades, así como los tiempos de ejecución estimados, para posteriormente elaborar del diagrama de gantt con el plan estimado a ejecutar para la reforma la máquina papelera en estudio, conocida en la empresa Papeles Venezolanos C.A. como máquina papelera N° 5. En la elaboración de este diagrama no se contemplan las actividades de movimiento de terreno puesto que el proyecto es una reforma en la cual se reutilizará la obra civil existente. Se contabilizaran

las actividades civiles que involucran demolición, construcción y trabajos en fundaciones, como instalación de nuevos pernos de anclaje.

El montaje de estructuras metálicas son necesarias para brindar respaldo para el acceso y mantenimiento hacia motores, así como soportes de tuberías y soporte de equipos.

Cada una de las áreas de montaje: estructural, mecánico y eléctrico serán revisadas con sus subactividades características. Ejemplo para el caso de la actividad de montaje estructural, las subactividades ejecutadas pueden ser:

1. Prefabricación de estructuras de acero.
2. Descarga y ubicación de estructuras de acero.
3. Instalación y nivelación de la estructura.
4. Vaciado y fraguado de bases de concreto.
5. Limpieza y tratamiento superficial de las estructuras.

En lo que respecta al Montaje Mecánico se deberán considerar las maniobras de izaje, posicionamiento, ensamblaje e instalación de los diferentes equipos, componentes mecánicos y sistemas de tuberías de alta y baja presión que conforman la máquina papelera.

En el montaje eléctrico se considerarán dos partidas (instalación eléctrica e instrumentación) están estrechamente relacionadas al montaje mecánico, ya que los equipos funcionan de manera electromecánica.

Cabe destacar que en el presente trabajo no se considerarán todas las partidas que componen el montaje de una máquina papelera, es decir, se excluirán algunas

actividades. El criterio de selección será considerar las partidas más representativas e importantes en la instalación de la máquina y excluir actividades menores que no aportan tiempos significativos y complican posteriores cálculos de redes, holguras, duraciones del proyecto y probabilidades.

Listadas las actividades que componen el montaje, podremos establecer la carta Gantt o programación del proceso de reforma de la máquina papelera. Para ello utilizaremos el software "Microsoft Project" con el cual construiremos el diagrama de Gantt del proyecto, que se utilizará como punto de partida para la construcción de los diagramas de redes y aplicación de las diferentes técnicas analíticas mencionadas.

La etapa II consiste en utilizar redes o grafos del método de Ruta Crítica CPM (Critical Path Method) creado por J.E. Nelley y M.R. Walter, para construir la programación de la reforma de la máquina papelera N°5. Este método realiza un análisis sistemático de las actividades de la malla dividiéndolas en: actividades críticas y actividades no críticas.

La duración de las actividades es la cantidad de tiempo necesaria para realizar la actividad, y se determinará a través de la experiencia, información recopilada y todos los elementos que se dispongan para el estudio.

Las actividades críticas que fijarán la duración total del proyecto, serán aquellas que ocurrido cualquier retraso, afectarán el tiempo de ejecución final. Estas actividades serán determinadas a través del análisis de ruta crítica del proyecto.

La etapa III consiste en aplicar la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT) la cual fue desarrollada en 1958 por una organización consultora con el propósito de programar las actividades de investigación y desarrollo para el programa de misiles Polaris para la Marina de EE.UU. El cálculo de la red PERT se basará en tres estimaciones: tiempo más probable, tiempo optimista (más corto), y tiempo pesimista

(más tardío). Estos valores se estimarán en base a la experiencia de profesionales en el campo de instalación de máquinas papeleras. De estos valores se deducirá el tiempo medio esperado, el cual servirá de base para cálculos posteriores. Además, para cada tiempo medio esperado se debe determinar la varianza, la cual es una medida asociada de incertidumbre para cada tiempo esperado. La determinación de estos valores se basa en una distribución de probabilidades tipo Beta.

La etapa IV consiste en una vez obtenida la duración del proyecto a partir de las dos técnicas analíticas anteriormente mencionadas, se realizará un análisis de sensibilidad analizando el cambio de los datos de entrada. Con estos cambios se podrán comparar los resultados obtenidos a través de los dos métodos y la dependencia entre los datos de entrada y los resultados.

En la etapa V se compararán los resultados obtenidos y se determinará cual técnica analítica resulta más conveniente para la planeación, programación y control de proyectos de montajes de máquinas papeleras.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

La selección del instrumento y técnica juega un papel muy importante, pues de estos depende el éxito del trabajo. El instrumento es palpable y se emplea para medir o registrar algo, pero una técnica comprende los pasos para recaudar datos.

Según Arias (2006), “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.” (p. 67).

Para esta investigación se utilizan la siguiente técnica de recolección de datos: observación estructurada. Según Arias (2006), “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69). La observación estructurada también llamada observación sistemática, requiere procedimientos más formalizados para la recopilación de datos o la observación de hechos, estableciendo de antemano las variables a estudiar, estableciendo previamente los objetivos y eligiendo los instrumentos para la recopilación de datos.

Para la aplicación de la observación estructurada se utilizo como instrumento un registro de observación, que es un instrumento en el que se toma nota de los valores obtenidos en las mediciones en campo de las variables normales como lo son el tiempo de duración de cada actividad, y un instrumento de recolección de datos estructurado cuyo propósito es obtener los tiempos estimados para las actividades previstas en el proyecto, según la experiencia del entrevistado. Este conjunto de datos, se recolecta de forma oral a cuatro ingenieros involucrados en la planificación de este proyecto y experiencias previas en proyectos similares (ver datos recolectados en Anexos).

La validación de estos instrumentos es realizada con la participación de los especialistas en instalación de maquinaria papelera. Según Arias (2006), la validez del cuestionario significa que las preguntas o ítems deben tener una correspondencia directa con los objetivos de la investigación. Es decir, las interrogantes consultarán sólo aquello que se pretende conocer o medir. (p.79).

Para Palella (2006) “la confiabilidad es definida como la ausencia de error aleatorio en un instrumento de recolección de datos” (p.176). La confiabilidad del procedimiento por observación estructurada, haciendo uso del instrumento de registro de observación, esta

sustentada en la toma de varias mediciones y hacer un promedio, y en el caso de las entrevistas se maneja un grupo entrevistado de involucrado en el tema en estudio, se presenta una introducción e instrucciones claras, que permitan entendimiento de las preguntas realizadas a los entrevistados.

El registro de observación a implementar, preparado con la colaboración de especialistas en proyectos papeleros donde se asentarán los valores de las variables de tiempo de ejecución de las actividades principales que componen el proyecto de reforma de la máquina papelera es el siguiente:

Id	Nombre de la Actividad	Tiempo Ejecución (hrs)
1	DETENCION DE MAQUINA	
2	REFUERZOS EN LOSA	
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	

**Tabla 2. Registro de observación de Tiempos de Ejecución de Actividades Principales desarrolladas en el Proyecto de Reforma de una Máquina Papelera. (Parte 1)**

Id	Nombre de la Actividad	Tiempo Ejecución (hrs)
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	

Tabla 2. Registro de observación de Tiempos de Ejecución de Actividades Principales desarrolladas en el Proyecto de Reforma de una Máquina Pepelera. (Parte 2)

Id	Nombre de la Actividad	Tiempo Ejecución (hrs)
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	
70	INSTALACION DRIVE	
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	
76	COMISIONAMIENTO	

**Tabla 2. Registro de observación de Tiempos de Ejecución de Actividades Principales desarrolladas en el Proyecto de Reforma de una Máquina Papelera. (Parte 3)**

La columna Id, identifica el número vinculado con la actividad. La columna Nombre de Actividad describe la tarea a realizar y la columna tiempo de ejecución, expresa en horas la duración real de ejecución de la actividad en cuestión.

En base al conocimiento de los especialistas de estas actividades y las características propias de montaje a desarrollar en la Reforma de la Máquina Papelera N° 5 en la empresa Papeles Venezolanos C.A. se realizan entrevistas para obtener valores de tiempo estimados que serán utilizados como datos de entrada en las técnicas analíticas.

### **3.5. Análisis de Datos**

Se aplica el análisis de sensibilidad de la variables de entrada, en particular la variable tiempo, en los modelos obtenidos con las dos técnicas analíticas, esto con el fin de evaluar el impacto que tienen los datos de entrada en los resultados obtenidos y la sensibilidad de las técnicas a las variaciones en las estimaciones realizadas en el proyecto, para luego comparar los resultados obtenidos y determinar cual técnica analítica se aproxima más al tiempo de la ruta crítica de ejecución realista del proyecto y resulta más conveniente para la planeación, programación y control de proyectos de montajes de máquinas papeleras.

## CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

## **Capítulo IV. Desarrollo de la Investigación**

### **4.1 Fase I. Determinar las actividades y subactividades.**

Luego de haber definido en el capítulo II, sección 2.2 la máquina Crescent Former y descrito sus componentes más relevantes para su funcionamiento en la sección 2.3. se está en condiciones de establecer las actividades principales en el proceso de instalación. Se comenzará por enumerar las actividades y agruparlas según las siguientes categorías:

#### 4.1.1.- Ingeniería de desmontaje y montaje de equipos (Ingeniería Desmontaje/Montaje)

##### 4.1.1.1.- Detención de máquina

##### 4.1.1.2.- Desmontaje mecánico

##### 4.1.1.2.1.- Equipos Periféricos

##### 4.1.1.2.2.- Caja de Formación

##### 4.1.1.2.3.- Fourdrinier –Sección Tela-

##### 4.1.1.2.4.- Fourdrinier –Sección Filtro-

##### 4.1.1.3.- Desmontaje de Tuberías

##### 4.1.1.4.- Trabajos Civiles

##### 4.1.1.5.- Montaje de Tuberías

##### 4.1.1.6.- Montaje Mecánico

##### 4.1.1.6.1.- Zona de enrolladora (Reel)

##### 4.1.1.6.2.- Bombas circuito de agua

##### 4.1.1.6.3.- Crescent Former

#### 4.1.2.- Trabajos relacionados disciplina Eléctrica e Instrumentación (Trabajos Eléctricos/Instrumentación)

- 4.1.2.1.- Crescent Former
- 4.1.2.2.- Instalación Sistema Pase de Hoja
- 4.1.2.3.- Reubicación de Químicos
- 4.1.2.4.- Cambio de Motor 100HP-125 HP
- 4.1.2.5.- Reubicación Bomba Tanque de Mezcla
- 4.1.2.6.- Sistema de Control
- 4.1.2.7.- Trabajos Varios

Antes de la detención de la máquina, fue necesario cumplir con un cierto número de actividades relacionadas a áreas de producción, mantenimiento, seguridad e ingeniería, adelantando la ejecución de actividades para las cuales no era requerido el paro de máquina. Se llegó a un consenso para aprobar una instalación de equipos con seguridad, higiene, correcto manejo de cargas, protección de elementos estructurales existentes, garantías operacionales, etc. Es así como la realización de actividades previas se conciben para ser ejecutados en operación y paradas planificadas, para lograr el objetivo trazado en el tiempo especificado. A continuación se muestran algunas de las actividades efectuadas:



Figura N° 9. **Instalación de bandejas para conducción del cableado de cuarto eléctrico a la máquina.**



Figura N° 10. **Instalación de tableros eléctricos en cuarto eléctrico.**



Figura N° 11. **Instalación de cajas de paso.**



Figura N° 12. **Fabricación de tuberías del tanque de agua blanca.**



Figura N° 13. **Instalación de tuberías en tanque de agua blanca (parada larga previa)**



Figura N° 14. **Instalación de cajón de rebose en tanque agua blanca (parada larga previa)**



Figura N° 15. **Fabricación de Plataforma e instalación de válvulas de control.**



Figura N° 16. **Instalación de Filtros**



Figura N° 17. **Reubicación de bomba de mezcla.**



Figura N° 18. Refuerzo de la losa con vigas de acero.



Figura N° 19. Reubicación del tamiz vibrador (parada larga previa)



Figura N° 20. Corte de losa y construcción de acceso a accionamiento del rollo formador.



Figura N° 21. Corte de losa para pase de ducto de ventilación del ciclón.



Figura N° 22. Corte de losa para pase de tubería de aproximación y tensores de cantilever.



Figura N° 23. Corte de losa para pase de tuberías de agua blanca.



Figura N° 24. **Reubicación de la caja de sobreflujo (parada larga previa)**



Figura N° 25. **Perforación en la losa para paso de tensores.**



Figura N° 26. **Instalación de pieza de succión de la bomba de circulación (parada larga previa)**



Figura N° 27. **Reubicación de tuberías que interfieren con tuberías de agua blanca.**



Figura N° 28. **Corte de losa para pase de tubing y tuberías de reubicación de químicos.**



Figura N° 29. **Preparación de polipasto nuevo para su instalación.**



Figura N° 30. Cambio de polipasto 12ton por nuevo polipasto capacidad 20 ton.



Figura N° 31. Adiestramiento en uso del producto especificado para anclaje químico.



Figura N° 32. Pruebas de resistencia del producto para anclaje químico.



Figura N° 33. Muestra a ensayar de anclajes usando producto para anclaje especificado.



Figura N° 34. Preparación de las bases para accionamientos.



Figura N° 35. Fabricación de mecanismos para movilización de cargas principales.



Figura N° 36. Preparación de las planchas soporte de la máquina.



Figura N° 37. Prefabricación de tuberías y soportes.



Figura N° 38. Preparación y organización de partes en el patio de almacenamiento según secuencia de montaje



Figura N° 39. **Movilización de partes en patio de almacenamiento.**



Figura N° 40. **Pre-ensablaje de accionamiento rolo formador.**



Figura N° 41. **Preparación de rodillos de repuestos requeridos en la instalación.**



Figura N° 42. **Pre-ensamblaje de mangueras en tubo de alimentación a caja entrada.**



Figura N° 43. **Preparación de rodillos nuevos a instalar en la máquina.**



Figura N° 44. **Rectificación de medidas principales de Low Boy a emplear en montaje**



**Figura N° 45. Ensayo de maniobra de movilización de Low Boy y trabajos de desinstalación de cerca área casa fuerza para facilitar giro área oficinas.**



**Figura N° 46. Preparación de dispositivo giratorio para ensayo**



**Figura N° 47. Presentación de grúas y dispositivo para ensayar la maniobra**



Figura N° 48. **Adiestramiento en la ejecución de maniobra e implementos para giro con éxito.**



Figura N° 49. **Preparación de tie in de tuberías involucradas en el proceso (cortes programados de servicios para colocación de válvulas manuales)**

Hechos estos trabajos se pudo iniciar para la fecha prevista la parada programada siguiendo la secuencia de actividades planificada.

#### **4.1.1.- Ingeniería de desmontaje y montaje de equipos (Ingeniería Desmontaje/Montaje)**

Esta etapa contempla la realización de trabajos mecánicos, civiles y tuberías, asociados al desmantelamiento de la sección de formación existente en la máquina fourdrinier, y los posteriores trabajos requeridos para la instalación de la sección de formación crescent former. El inicio de las actividades contempló:

**4.1.1.1.- Detención de máquina:** que incluye realizar bloqueos eléctricos a los sistemas de las áreas donde se realizarán trabajos, limpieza de la estructura de la máquina y tanques, desmontaje de la tela y el fieltro (vestiduras), refuerzo de losa en área sobre tanque existente.



Figura N° 50. **Detención de la máquina N° 5 (día 4/10/09).**

**4.1.1.2.- Desmontaje mecánico:** la planificación del desmontaje mecánico se divide según el área asociada en los trabajos. A continuación se especifican cuales fueron estas:

**4.1.1.2.1.- Equipos Periféricos:** desmontaje de equipos que sirven a la máquina para control de químicos en diferentes etapas de la fabricación de papel.



Figura N° 51. **Desconexión y desmontaje de sistemas de químicos.**



Figura N° 52. **Demolición de brocales del sistema de químicos.**

**4.1.1.2.2.- Caja de Formación:** se divide en el desmontaje de los principales elementos que conforman el equipo conocido como caja de formación. Esto incluye elementos estructurales como pasillos, escaleras, vigas, conexas de tuberías al equipo, rodillos, etc.



Figura N° 53. **Desmontaje de rollo pecho.**



Figura N° 54. **Corte y desmantelamiento de la parte superior caja de entrada.**



Figura N° 55. **Desmontaje de parte superior caja de entrada.**



Figura N° 56. Corte y movilización de bases de concreto de la caja entrada



Figura N° 57. Liberación del área de posición caja de entrada.

**4.1.1.2.3.- Fourdrinier –Sección Tela-:** desglosa las actividades de desmontaje de los principales componentes como accionamientos, pasillos, desaguadores, rodillos, mecanismos, vigas, etc.



Figura N° 58. **Desmontaje de rodillos de mesa inclinada máquina fourdrinier**



Figura N° 59. **Desmontaje de la viga cantilever 2G a reutilizar.**



Figura N° 60. **Desmontaje de la mesa inclinada.**



Figura N° 61. Manipulación de la mesa inclinada fuera del área galpón.

**4.1.1.2.4.- Fourdrinier –Sección Filtro-:** muestra las actividades de remoción de partes como pasillos, rodillos, bandejas, vigas, palancas y pivotes.



Figura N° 62. Desmontaje de rodillo superior sección prensa.



Figura N° 63. Desmontaje de rodillo inferior sección prensa.



Figura N° 64. **Desmontaje de soportes de brazos laterales.**



Figura N° 65. **Esmerilado y corrección en estructura principal sector prensa**

**4.1.1.3.- Desmontaje de Tuberías:** en el desmontaje de tuberías existe un número considerable de actividades involucradas. Ellas se refieren a retirar tuberías que van desde ½" hasta 12", con conexionado de rosca y soldadura, en acero al carbono, acero galvanizado y acero inoxidable (304 y 316). En total se refiere a un global en metros desinstalados de 197 metros con un número aproximado de 130 accesorios entre codos 90°, codos 45°, tees, reducciones, etc.



Figura N° 66. Desmontaje de tubería de aproximación agua blanca.



Figura N° 67. Desmontaje de tubería de vacío del rollo pecho.



Figura N° 68. Desmontaje del ducto-bandeja recolección de agua de máquina.

**4.1.1.4.- Trabajos Civiles:** en lo que respecta a las actividades civiles, se planificaron los trabajos en la secuencia de cuales intervienen en la etapa de desmontaje como: demolición de bases, retiro de placas de fundación y los que participan en la parte de montaje como son: limpieza de pernos de anclaje para nuevos insertos, ejecución de nuevos agujeros en las vigas de hormigón, vaciado de grouting en rieles, pedestales, soportes de equipos, y vaciado de concreto en relleno de discontinuidades en la losa, construcción de muros y brocales para canalización de reboses. Se realizaron cortes en concreto para pase de tuberías de manejo de pasta, agua y drenajes; planchas de anclaje; barras; y pase de conduits.



Figura N° 69. Corte de las bases de concreto de la caja de entrada.



Figura N° 70. Desmontaje de las bases de concreto caja de entrada.



Figura N° 71. Retirar las placas de fundación existentes.



Figura N° 72. Liberación de la primera placa de fundación.



Figura N° 73. Limpieza de pernos de anclaje existentes.



Figura N° 74. Ubicar los insertos usando los anclajes existentes.



Figura N° 75. Ubicar nuevos agujeros en la viga de concreto para ubicación de nuevos pernos.



Figura N° 76. Sujetar los pernos de anclaje en los insertos, prelinear y prenivelar.



Figura N° 77. **Alineación y nivelación final para vaciado de grouting.**



Figura N° 78. **Corte de losa en wire pit para paso de tuberías y tensores cantilever.**



Figura N° 79. **Montaje de tubería y fabricación de muro interno en el wire pit.**



Figura N° 80. **Construcción base soporte cantilever CT2-CT3.**

**4.1.1.5.- Montaje de Tuberías:** para las actividades de montaje de tuberías se tiene como consideración de que fueron prefabricados tramos señalados en los planos isométricos, y se espera con esto minimizar en un 50% los tiempos de ejecución en parada y reducir la ocupación de horas hombres en los turnos de la noche. Aproximadamente son 200 metros de tubería a instalar para diámetros entre 20" a 1/2", con 90 accesorios entre codos 90°, codos 45°, tees, reducciones, además de aproximadamente 30 bridas de conexión.



Figura N° 81. **Movilización al sótano de válvula de control de agua blanca.**



Figura N° 82. Instalación de tuberías agua blanca del canalón.



Figura N° 83. Instalación de válvulas y culminación de plataforma soporte.



Figura N° 84. Instalación tramo inicial tubería de recirculación.



Figura N° 85. **Movilización al sotano de tuberías del sistema de aproximación de agua blanca.**



Figura N° 86. **Instalación de tuberías sistema de aproximación de agua blanca.**



Figura N° 87. **Fabricación de tubería circuito agua clarificada molino.**



Figura N° 88. Fabricación tubería agua baja presión hacia make up canalón.



Figura N° 89. Fabricación tubería aceptado tamiz vibrador dirigido hacia canalón.

**4.1.1.6.- Montaje Mecánico:** dentro de la planificación de los trabajos mecánicos se tomó en consideración la importancia de la preparación (limpieza, organización y pre-ensamblaje) de todos los componentes que serían trasladados al área de máquina, para su ubicación e instalación. Fueron separados en tres áreas específicas:

**5.1.1.6.1.- Zona de enrolladora (Reel):** desmontaje de componentes que deben ser modificados y preparados para unificarse con un conjunto de piezas, que persiguen como objetivo mejorar la operación del sistema de pase de hoja entre el yankee y el reel. Elementos como tubos, conductos, mecanismos, entre otros, deben ser montados con mucha precisión.



Figura N° 90. **Movilización de elementos componen sistema pase de hoja.**



Figura N° 91. **Montaje y presentación en sitio de los elementos estabilizadores de hoja.**



Figura N° 92. **Montaje del ducto de entrega de hoja sobre el reel.**



Figura N° 93. **Montaje del ducto de transferencia yankee-reel**



Figura N° 94. **Presentación del conjunto y pruebas en acometida neumática**

**4.1.1.6.2.- Bombas circuito de agua:** dentro de las modificaciones del sistema de agua de la máquina se contemplan cambios en capacidades de 3 de las bombas principales. Estos trabajos están asociados a cambios de impulsores y capacidad de motor en una de ellas, y respectiva alineación del conjunto.



Figura N° 95. **Cambio de impulsor y motor bomba agua clara media presión**



Figura N° 96. **Cambio impulsor bomba agua clara baja presión**



Figura N° 97. **Cambio impulsor bomba agua clarificada**

**4.1.1.6.3.- Crescent Former:** los trabajos previstos para la instalación del modulo tela formadora crescent former incluyen reubicación de sistemas existentes como dosificación de químicos, modificación de sistemas de ventilación, instalación de bases para los accionamientos, montaje de la estructura principal de la máquina (monobloque), instalación de equipos para manejo de agua, montaje de bases para rodillos, raspadores, palancas, reguladores, deflectores, tubería colectora de pasta (tubo cónico), caja de formación, regaderas, protecciones de motores, ejes y acoples, sensores, estructurándose estos trabajos bajo criterios topográficos de nivelación, alineación y revisión de ajustes según la recomendación del fabricante.



Figura N° 98. **Instalación de plancha soporte para rodillos reubicados**



Figura N° 99. **Instalación de rodillos en nuevas posiciones previstas**



Figura N° 100. **Instalación de rodillos en nuevas posiciones previstas.**



Figura N° 101. **Movilización de las partes que componen canalón**



Figura N° 102. **Traslado de las partes hacia lado accionamiento de la máquina.**



Figura N° 103. **Culminación de la maniobra de acceso de la última parte del canalón**



Figura N° 104. **Soldadura de los diferentes sectores (parte final-sector intermedio)**



Figura N° 105. **Soldadura de los diferentes sectores (sector intermedio-parte inicial)**



Figura N° 106. **Vaciado del grouting del canalón.**



Figura N° 107. **Montaje base accionamiento rolo formador (etapa inicial)**



Figura N° 108. **Montaje base accionamiento rolo formador (etapa final)**



Figura N° 109. **Montaje accionamiento rolo formador**



Figura N° 110. **Montaje base accionamiento rodillo guía fieltro (etapa inicial)**



Figura N° 111. **Montaje base accionamiento rodillo guía fieltro (etapa final)**



Figura N° 112. **Movilización del ducto transición y ciclón**



Figura N° 113. **Desmontaje de las partes en el galpón**



Figura N° 114. **Corte del ciclón para ajustes con la pieza de transición**



Figura N° 115. Presentación y unión entre ducto transición y ciclón



Figura N° 116. Grouting del ciclón



Figura N° 117. Movilización del Monobloque hacia galpón



Figura N° 118. Anclaje del dispositivo giratorio al monobloque.



Figura N° 119. Desmontaje del monobloque sobre área reforzada en losa



Figura N° 120. Ubicación del monobloque sobre los rieles de carga.



Figura N° 121. **Montaje del raspador del rodillo tela 2.04**



Figura N° 122. **Montaje del rodillo tela 2.02.**



Figura N° 123. **Montaje del rodillo tela 2.03.**



Figura N° 124. **Montaje de la palanca LF rodillo tela 2.05.**



Figura N° 125. **Montaje del raspador rodillo tela 2.05.**



Figura N° 126. **Montaje del rodillo tela 2.04.**

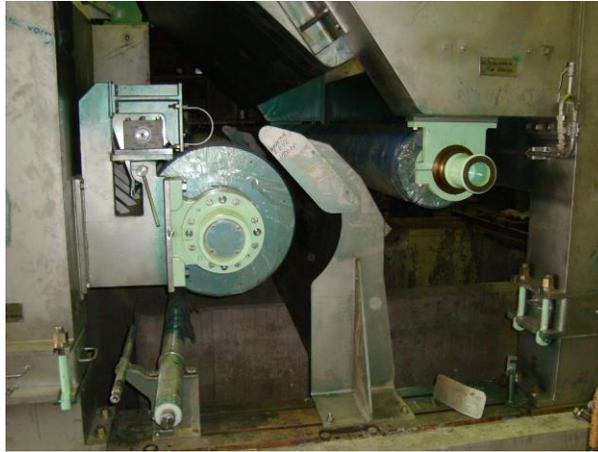


Figura N° 127. Montaje de ducha HP externa, deflector rodillo tela 2.02 y rodillo fieltro 4.01.



Figura N° 128. Montaje de manifold de duchas sección tela.



Figura N° 129. Montaje de pasillos longitudinales LF lado formador



Figura N° 130. Montaje pasillos longitudinales LF lado caja entrada



Figura N° 131. Montaje pasillos transversales lado rodillo tela 2.04



Figura N° 132. Montaje tubo alimentación caja de entrada.



Figura N° 133. Montaje viga cantilever CT4



Figura N° 134. Montaje del rodillo fieltro 4.16



Figura N° 135. Montaje del rodillo fieltro 4.02



Figura N° 136. Preparación para el traslado de la caja de entrada



Figura N° 137. Maniobra con dos montacargas para ubicación caja de entrada en camión.



Figura N° 138. Colocación de la caja de entrada en la plataforma del camión.



Figura N° 139. Montaje del rodillo motriz fieltro 4.15



Figura N° 140. Presentación de tubería de aproximación con tubo alimentación caja de entrada



Figura N° 141. Replanteo entre tuberías para realización de corte y soldadura



Figura N° 142. Conexión de manifold de duchas lado fieltro



Figura N° 143. Tubería de aproximación para instalación con pulimento interno de cordones



Figura N° 144. Ajustes de los tensores del fieltro en CT2-CT3.



Figura N° 145. Instalación de la caja de entrada.



Figura N° 146. Conexión de mangueras tubo de alimentación a la caja de entrada



Figura N° 147. Conexión de las mangueras de las duchas tela y fieltro.



Figura N° 148. Montaje y calibración de la bandeja móvil rodillo tela 2.03.



Figura N° 149. Montaje protección del accionamiento rollo formador.



Figura N° 150. Ajustes e instalación de vestiduras.

**4.1.2.- Trabajos relacionados disciplina Eléctrica e Instrumentación (Trabajos Eléctricos/Instrumentación):** la planificación de estos trabajos contemplo el vinculo con la secuencia de trabajos mecánicos que permiten tanto la desconexión eléctrica e instrumentación, antes de la desinstalación de equipos, así como la necesaria ubicación en sitio para el conexionados de cables de potencia y control en los equipos posterior al procedimiento de cableado y montaje de bandejas en correspondencia a los planos de instalación.

**4.1.2.1.- Crescent Former:** en el modulo crescent former se planificó el desmontaje y desconexión de equipos como transmisores existentes de presión, nivel, ph, panel neumático en fuelles y sistema automático de la tela, desconexión motor rollo de pecho y rollo retorno tela; desmantelamiento tubería de conduits, cables, tubing, mangueras, y bandejas. Posteriormente se tiene la planificación de Instalación de las válvulas neumáticas de cierre y apertura total que participan en la regulación de los diferentes circuitos, tendido del cableado de control y fuerza de los motores de ajustes livianos, conexionados de señales a los paneles de mando, conexionado de sensores e indicadores locales y remotos en equipos principales como caja de entrada y sistema de tela, instalación de transmisores de nivel, transmisor de flujo, válvulas de control, cableado y conexionado de motores del accionamiento principal. Actualización, configuración y pruebas de comunicación en pantalla del drive AC.

**4.1.2.2.- Instalación Sistema Pase de Hoja:** se planifica la instalación-conexionado del panel neumático y las válvulas de soplado.

**4.1.2.3.- Reubicación de Químicos:** se tienen trabajos de desmantelamiento de los paneles de distribución y control, tuberías y tubbings, acometida eléctrica y de control, instalación de paneles en nueva ubicación, conexionado de bombas.

**4.1.2.4.- Cambio de Motor 100HP-125 HP:** desconexión y desmantelamiento de cables, conexión eléctrica de motor y arrancador (chequeo sentido de giro).

**4.1.2.5.- Reubicación Bomba Tanque de Mezcla:** reubicación de tubería eléctrica y cable, conexión Eléctrica de motor (chequeo sentido de giro).

**4.1.2.6.- Sistema de Control:** instalaciones en sala de DC drive, desconexión y conexión de nuevas de señales, instalación de estaciones, pruebas de comunicación y lazo.

**4.1.2.7.- Trabajos Varios:** entre los trabajos varios se planifica la desconexión de instrumentos, válvulas y solenoides con cables dañados en área seca, conexión de nuevos instrumentos, cableado y conexión de señales eléctricas reubicadas en sótano y lado motriz, y reubicación de tuberías en área húmeda.

A continuación, en la siguiente tabla N° 3 se resumen y enumeran las principales actividades que conforman el proceso de montaje de la Máquina Papelera. Se hacen estimaciones, con la colaboración de personal técnico involucrado en el desarrollo del proyecto de montaje, analizando información como: rendimientos de actividades, manuales de instalación de equipos, procedimientos involucrados, etc., y en reunión por consenso se definen los tiempos estimados para cada actividad, que serán la base para elaborar la planeación CPM del proyecto.

Posteriormente se seleccionaron 04 especialistas, que tuvieron la oportunidad de revisar de forma independiente información del proyecto, para posteriormente discutir ideas con los otros miembros del grupo y estimar de manera probabilística, los tiempos pesimista, más probable y optimista para cada actividad, que serán utilizados en el método PERT (ver anexos instrumentos de recolección de datos de tiempos de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera).

Id	Nombre	Duración
1	DETENCION DE MAQUINA	3 h
2	REFUERZOS EN LOSA	21 h
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4 h
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3 h
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3 h
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3 h
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2 h
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3 h
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8 h
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	6 h
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8 h
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5 h
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8 h
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5 h
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5 h
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3 h
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3 h
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1 h
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1 h
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3 h
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2 h
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8 h
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12 h
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6 h
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2 h
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2 h
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10 h
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	36 h
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	24 h
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5 h
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	12 h
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8 h
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12 h
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	24 h
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6 h
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	20 h
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	20 h
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	8 h
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	20 h
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	24 h
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42 h
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24 h
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	48 h
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	16 h
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16 h

Tabla N° 3. **Actividades principales del proyecto montaje de la sección de formación de una maquina papelera**

Id	Nombre	Duración
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	80 h
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	24 h
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10 h
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	30 h
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64 h
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	96 h
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28 h
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	60 h
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	40 h
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	64 h
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54 h
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	90 h
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	24 h
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38 h
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	15 h
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40 h
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	18 h
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10 h
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	28 h
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	30 h
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36 h
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	12 h
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	24 h
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	200 h
70	INSTALACION DRIVE	32 h
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57 h
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	30 h
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32 h
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	224 h
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	30 h
76	COMISIONAMIENTO	0 h

Tabla N° 3. **Actividades principales del proyecto de montaje de la sección de formación de una maquina papelera**

La tabla presentada muestra 3 columnas. La primera columna titulada Id, es utilizada para identificar cada actividad con un número. Este número deberá ser consultado cada vez que se refiera a una actividad numerada. La segunda columna señala el nombre de la tarea o actividad en sí, y la tercera columna representa la duración en horas de cada subtareas o en caso de tareas globales la suma de los tiempos de las subtareas que la componen.

Cabe destacar que en el presente estudio no se detallan todas las actividades que componen el montaje. Para la comparación de las técnicas analíticas, se establece la necesidad de elaborar un resumen que muestre las principales actividades que componen el proyecto. El criterio de selección de estas actividades consiste en escoger las partidas más representativas en la operación de una máquina papelera y cantidad de recursos involucrados en su montaje (mano de obra, materiales, equipos, etc.). Este criterio facilitará la presentación resumida del proyecto, además de facilitar los cálculos de redes, holguras, duraciones del proyecto y probabilidades.

Después de haber señalado las principales actividades que componen el montaje de la sección de formación de la máquina papelera N° 5, proyecto ejecutado en la empresa Papeles Venezolanos C.A., se puede establecer lo que será la carta Gantt o programación del proceso de montaje. Para ello se utilizará el software "Microsoft Project" para elaborar la carta, y a partir de esta información la presentación de la malla o red del proyecto, que se resolverá por diferentes técnicas analíticas, a fin de conocer cual de estas es mejor para administración y gestión de este tipo de proyectos.

En el siguiente diagrama de Gantt, se detallan las actividades que componen el proyecto de instalación de la sección de formación de la maquina papelera N° 5, con sus fechas de comienzo y fin.

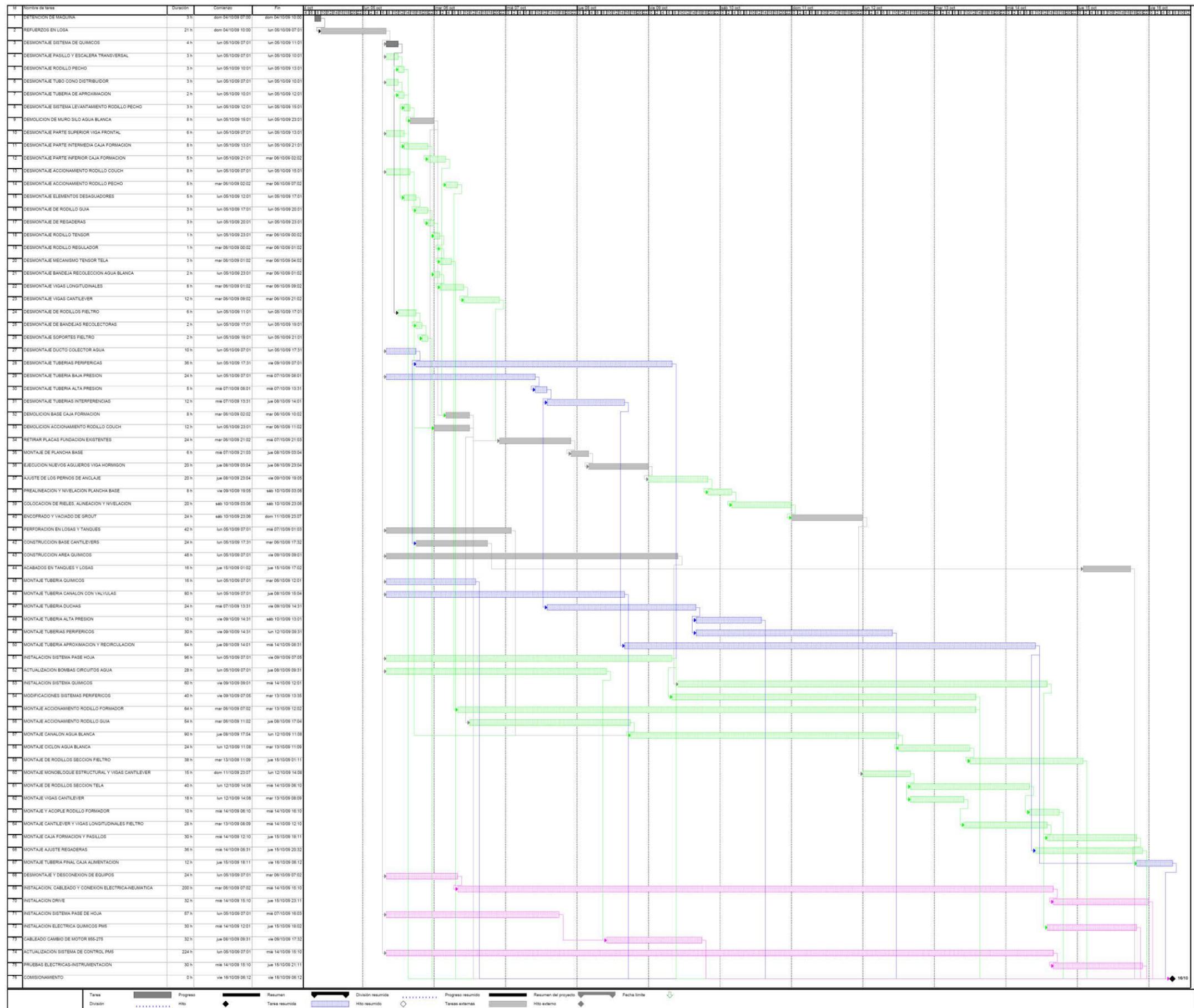


Figura N° 151. Diagrama de Gantt del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

**4.2. Fase II. Programación por método de mallas**

Según lo revisado en el capítulo II referente a la teoría de mallas, las actividades del proyecto instalación sección de formación de la máquina papelera N° 5 se pueden esquematizar de la siguiente forma:

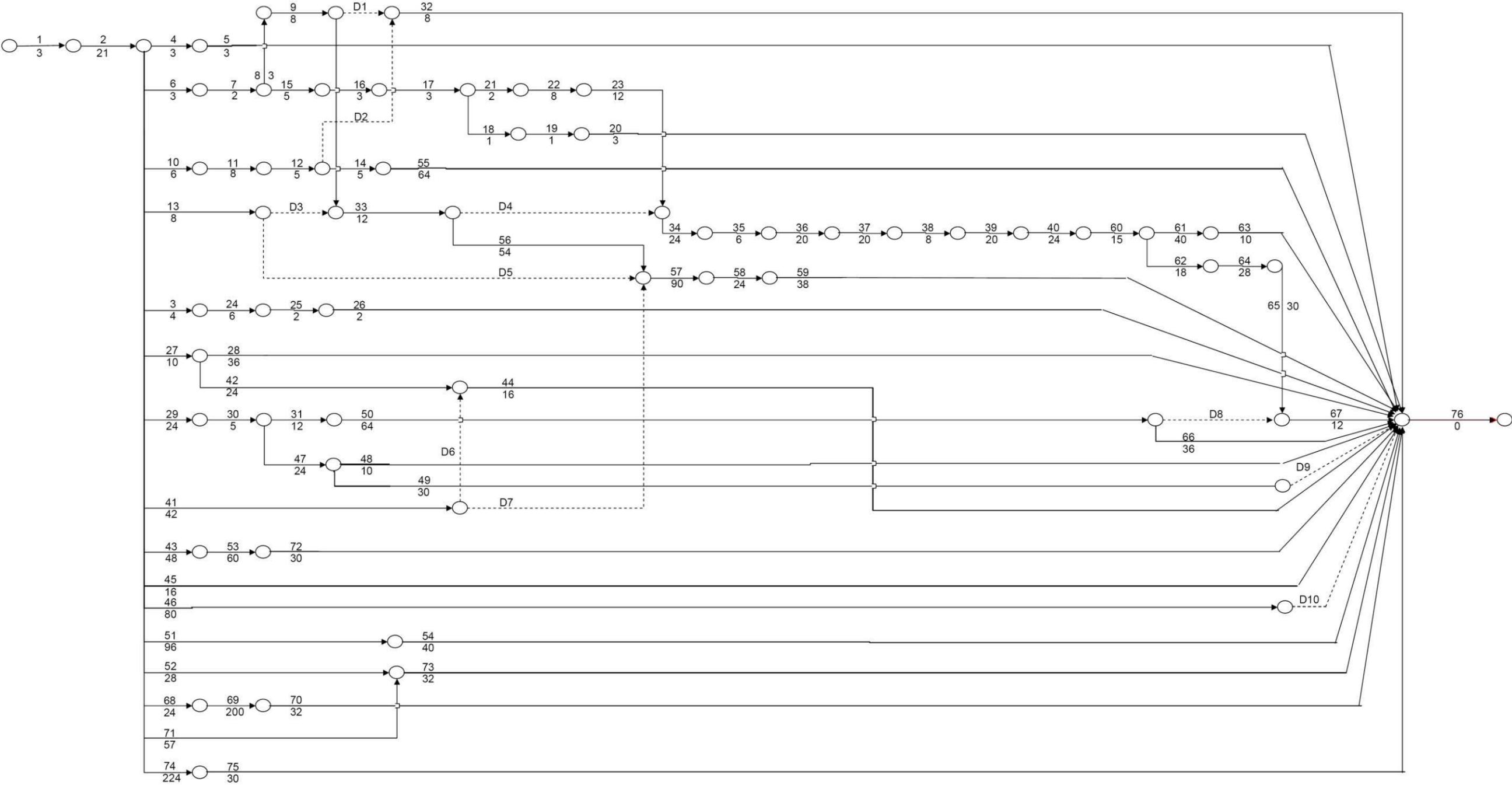


Figura N° 152. Diagrama de Malla del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

Donde las actividades están enumeradas según la tabla N° 3: Actividades principales del proyecto de Montaje de la sección de formación de una Máquina Papelera.

Esta malla consta de 76 actividades, además se utilizaron 5 actividades ficticias para seguir la secuencia lógica de ella.

La descripción de la malla se puede entender a partir de la secuencia de actividades planificadas y conociendo las estrictas precedencias entre ellas. En resumen, para el montaje de la Sección de formación de la Máquina Papelera N°5, inicialmente se procede a la detención de la máquina, se procede a hacer refuerzos en la losa, desmontaje de sistema de químicos, pasillos, escaleras, rodillo de pecho, tubo cono distribuidor, tubería de aproximación, sistema levantamiento de rodillo de pecho, demolición de muro; desmontaje viga frontal, intermedia e inferior de caja de formación; desmontaje accionamiento rodillo Couch y rodillo de pecho; desmontaje de elementos desaguadores, rodillos, regaderas, rodillo tensor, rodillo regulador, mecanismo tensor tela, bandeja recolección agua blanca, vigas longitudinales, vigas cantilever, rodillos sección fieltro, bandejas recolectoras, soportes fieltro, ducto colector agua, tuberías periféricas, tuberías baja presión y alta presión, tuberías que causan interferencias; demolición de base concreto caja formación, demolición base accionamiento rodillo Couch, retirar placas fundación existentes de la máquina, montaje de planchas base nueva, ejecución de nuevos agujeros en viga de hormigón, ajuste de los pernos de anclaje, prealineación y nivelación de la plancha base, colocación de rieles con alineación y nivelación, encofrado y vaciado de grout, perforación en losas y tanques, construcción base cantilevers, construcción área de químicos, acabado en tanques y losas, montaje de tubería de químicos, montaje tubería canalón con válvulas; montaje tubería para duchas, alta presión, periféricos, aproximación y recirculación; instalación del sistema para pase de hoja, actualización de bombas en el circuito de agua, instalación del sistema de químicos,

modificaciones en equipos periféricos, montaje del accionamiento rodillo formador, montaje accionamiento rodillo guía, montaje canalón de agua blanca, montaje ciclón de agua blanca; montaje de rodillos sección fieltro, monobloque estructural y vigas cantilever, rodillos sección tela, montaje vigas cantilevers, montaje y acople rodillo formador, montaje cantilever y vigas longitudinales en fieltro; montaje caja de formación, pasillos, regaderas, tubería final caja alimentación; desmontaje y desconexión de equipos; instalación, cableado y conexión eléctrica y neumática; instalación del drive o accionamiento; instalación eléctrica y neumática del sistema de pase de hoja; instalación eléctrica del sistema de químicos; cableado cambio de motor 855-275; actualización del sistema de control; pruebas eléctricas e instrumentación. Al haber ejecutado este conjunto de actividades en orden preestablecido se pudo cerrar el montaje entregando la máquina papelera para ejecución de la etapa de Comisionamiento, que no se contabiliza dentro del tiempo de ejecución del montaje, ya que se considera como pruebas, puestas a punto y ajustes que garanticen la operatividad estable de la máquina papelera.

A continuación se resolverá la malla o red del proyecto “Montaje de la sección de formación de una Máquina Papelera” a través de las técnicas analíticas estudiadas en el capítulo III “Programación de Obras”, CPM, PERT.

4.2.1. Análisis CPM

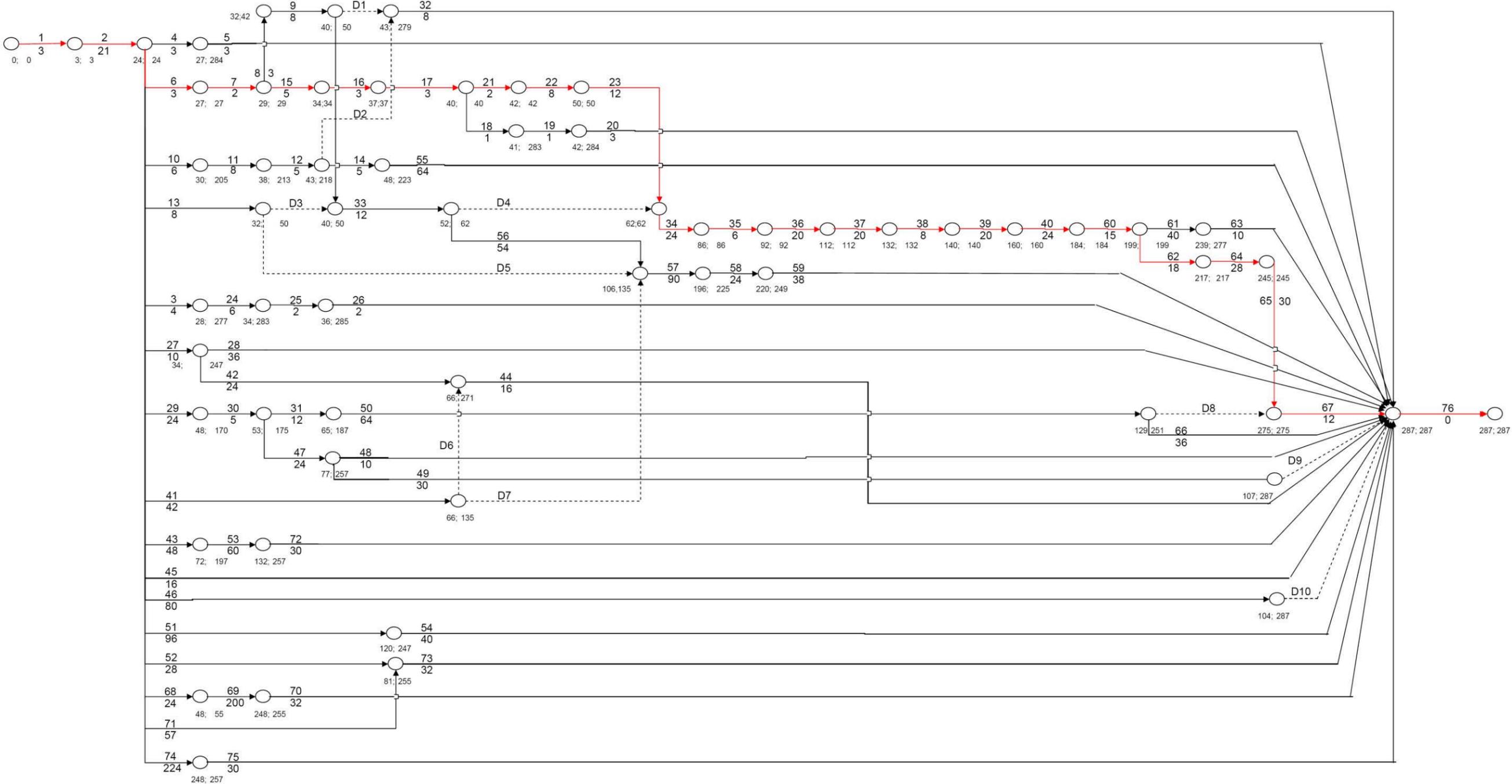


Figura N° 153. Diagrama de Malla resuelto aplicando análisis CPM del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

Utilizando la metodología del CPM, se llega a los siguientes resultados:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3	0	0	3	3	0	0
2	REFUERZOS EN LOSA	21	3	3	24	24	0	0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4	24	273	28	277	249	0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3	24	281	27	284	257	0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3	27	284	30	287	257	0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3	24	24	27	27	0	0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2	27	27	29	29	0	0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3	29	39	32	42	10	0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8	32	42	40	50	10	0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	6	24	199	30	205	175	0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8	30	205	38	213	175	0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5	38	213	43	218	175	0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8	24	42	32	50	18	0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5	43	218	48	223	175	0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5	29	29	34	34	0	0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3	34	34	37	37	0	0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3	37	37	40	40	0	0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1	40	282	41	283	242	0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1	41	283	42	284	242	0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3	42	284	45	287	242	0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2	40	40	42	42	0	0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8	42	42	50	50	0	0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	50	50	62	62	0	0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6	28	277	34	283	249	0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2	34	283	36	285	249	0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2	36	285	38	287	249	0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10	24	237	34	247	213	0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	36	34	251	70	287	217	0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	24	24	146	48	170	122	0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5	48	170	53	175	122	0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	12	53	175	65	187	122	0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8	43	279	51	287	236	0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12	40	50	52	62	10	0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	24	62	62	86	86	0	0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6	86	86	92	92	0	0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	20	92	92	112	112	0	0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	20	112	112	132	132	0	0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	8	132	132	140	140	0	0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	20	140	140	160	160	0	0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	24	160	160	184	184	0	0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42	24	93	66	135	69	0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24	34	247	58	271	213	0

Tabla N° 5. Resultados análisis CPM del proyecto en estudio.

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	48	24	149	72	197	125	0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	16	66	271	82	287	205	0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16	24	271	40	287	247	0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	80	24	207	104	287	183	0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	24	53	233	77	257	180	0
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10	77	277	87	287	200	0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	30	77	257	107	287	180	0
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64	65	187	129	251	122	0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	96	24	151	120	247	127	0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28	24	227	52	255	203	0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	60	72	197	132	257	125	0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	40	120	247	160	287	127	0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	64	48	223	112	287	175	0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54	52	81	106	135	29	0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	90	106	135	196	225	29	0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	24	196	225	220	249	29	0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38	220	249	258	287	29	0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	15	184	184	199	199	0	0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40	199	237	239	277	38	0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	18	199	199	217	217	0	0
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	10	239	277	249	287	38	0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	28	217	217	245	245	0	0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	30	245	245	275	275	0	0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36	129	251	165	287	122	0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	12	275	275	287	287	0	0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	24	24	31	48	55	7	0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	200	48	55	248	255	7	0
70	INSTALACION DRIVE	32	248	255	280	287	7	0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57	24	198	81	255	174	0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	30	132	257	162	287	125	0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32	81	255	113	287	174	0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	224	24	33	248	257	9	0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	30	248	257	278	287	9	0
76	COMISIONAMIENTO	0	287	287	287	287	0	0

Tabla N° 5. Resultados análisis CPM del proyecto en estudio.

Según el criterio de las holguras totales iguales a cero, se pueden apreciar las actividades críticas, resaltadas en filas de color rojo. Por lo tanto la ruta crítica determinada a través del análisis CPM es definida por las siguientes actividades:

- Actividad Id. 1. Detención de Máquina.
- Actividad Id. 2. Refuerzos en Losa.
- Actividad Id. 6. Desmontaje tubo cono distribuidor.
- Actividad Id. 7. Desmontaje tubería de aproximación.
- Actividad Id. 15. Desmontaje de elementos desaguadores.
- Actividad Id. 16. Desmontaje de rodillo guía.
- Actividad Id. 17. Desmontaje de regaderas.
- Actividad Id. 21. Desmontaje bandeja recolección de agua blanca.
- Actividad Id. 22. Desmontaje vigas longitudinales.
- Actividad Id. 23. Desmontaje vigas cantilevers.
- Actividad Id. 34. Retirar placas de fundación existentes.
- Actividad Id. 35. Montaje de plancha base.
- Actividad Id. 36. Ejecución nuevos agujeros viga de hormigón.
- Actividad Id. 37. Ajuste de los pernos de anclaje.
- Actividad Id. 38. Prealineación y nivelación plancha base.
- Actividad Id. 39. Colocación de rieles, alineación y nivelación.
- Actividad Id. 40. Encofrado y vaciado de grout.
- Actividad Id. 60. Montaje monobloque estructural y vigas cantilever.
- Actividad Id. 62. Montaje vigas cantilevers.
- Actividad Id. 64. Montaje cantilever y vigas longitudinales fieltro.
- Actividad Id. 65. Montaje caja formación y pasillos.
- Actividad Id. 67. Montaje tubería final caja alimentación.
- Actividad Id. 76. Comisionamiento.

Con una duración total del proyecto de 287 horas (ver tabla N° 5)

4.2.2. Análisis PERT

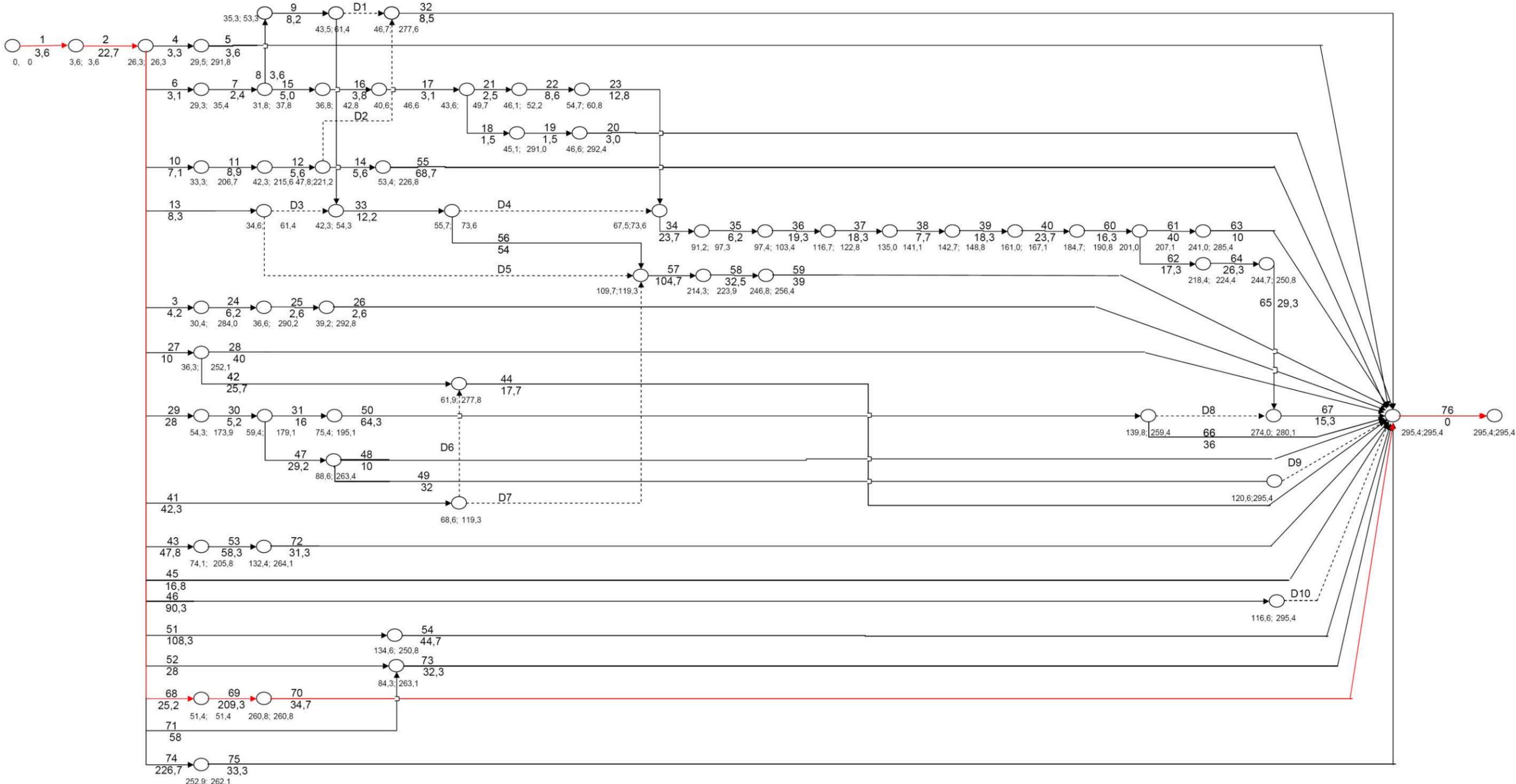


Figura N° 154. Diagrama de Malla resuelto aplicando análisis PERT del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

Utilizando la metodología del PERT, se llegó a los siguientes resultados:

Id	Nombre	to	tm	tp	te	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	3.5	5	3.6	0.17
2	REFUERZOS EN LOSA	20	22	28	22.7	1.78
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	4	6	4.2	0.25
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	3	5	3.3	0.17
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	3.5	5	3.6	0.17
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	3	4	3.1	0.06
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	2.5	3	2.4	0.06
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	3.5	5	3.6	0.17
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	8	10	8.2	0.25
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	7	9	7.1	0.34
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	9	10	8.9	0.17
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	5.5	7	5.6	0.17
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	8.5	9	8.3	0.11
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	5.5	7	5.6	0.17
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	5	6	5.0	0.11
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	3.5	6	3.8	0.28
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	3	4	3.1	0.06
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	1.5	2	1.5	0.04
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	1.5	2	1.5	0.04
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	3	4	3.0	0.11
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	2.5	3	2.5	0.04
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	8.5	10	8.6	0.17
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	13	14	12.8	0.25
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	6	8	6.2	0.25
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	2.5	4	2.6	0.13
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	2.5	4	2.6	0.13
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	10	11	10.0	0.11
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	40	48	40.0	7.11
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	28	34	28.0	4.00
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	5	7	5.2	0.25
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	17	18	16.0	1.78
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	8	12	8.5	0.69
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	12	14	12.2	0.25
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	24	28	23.7	2.78
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	6	8	6.2	0.25
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	20	24	19.3	4.00
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	20	22	18.3	5.44
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	8	10	7.7	1.00
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	20	22	18.3	5.44
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	24	28	23.7	2.78
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	43	46	42.3	2.78
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	26	28	25.7	1.00
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	48	50	47.8	0.69
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	18	20	17.7	1.00
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	17	18	16.8	0.25
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	95	90	90.3	9.00
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	30	32	29.2	2.25

Tabla N° 6. Resultados análisis PERT del proyecto en estudio.

Id	Nombre	to	tm	tp	te	σ <sup>2</sup>
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	10	11	10.0	0.11
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	32	36	32.0	1.78
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	65	66	64.3	1.00
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	110	120	108.3	25.00
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	28	30	28.0	0.44
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	60	62	58.3	5.44
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	46	48	44.7	4.00
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	70	72	68.7	4.00
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	54	58	54.0	1.78
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	105	120	104.7	28.44
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	34	36	32.5	4.69
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	38	46	39.0	2.78
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	17	16	16.3	0.11
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	40	42	40.0	0.44
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	18	20	17.3	1.78
63	MONTAJE Y ACOUPLE RODILLO FORMADOR	8	10	12	10.0	0.44
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	28	30	26.3	5.44
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	30	32	29.3	1.78
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	36	38	36.0	0.44
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	16	18	15.3	1.78
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	24	32	25.2	2.25
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180	209	240	209.3	100.00
70	INSTALACION DRIVE	28	33	48	34.7	11.11
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	58	68	58.0	11.11
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	32	36	31.3	4.00
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	32	36	32.3	1.00
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	228	248	226.7	64.00
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	35	36	33.3	4.00
76	COMISIONAMIENTO	0	0	0	0.0	0.00

Tabla N° 6. Resultados análisis PERT del proyecto en estudio

Donde:

to : tiempo optimista

tp: tiempo pesimista

tm : tiempo más probable

$$t_e = \frac{t_p + 4t_m + t_o}{6}$$

$$\sigma_t^2 = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

Luego, se tiene el cálculo de las holguras:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3.6	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.7	3.6	3.6	26.3	26.3	0.0	0.0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.2	26.3	279.8	30.4	284.0	253.6	0.0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.3	26.3	288.6	29.5	291.8	262.3	0.0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.6	29.5	291.8	33.1	295.4	262.3	0.0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	26.3	32.3	29.3	35.4	6.1	0.0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.4	29.3	35.4	31.8	37.8	6.1	0.0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.6	31.8	49.7	35.3	53.3	17.9	0.0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.2	35.3	53.3	43.5	61.4	17.9	0.0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	7.1	26.3	199.6	33.3	206.7	173.3	0.0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.9	33.3	206.7	42.3	215.6	173.3	0.0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.6	42.3	215.6	47.8	221.2	173.3	0.0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.3	26.3	53.1	34.6	61.4	26.8	0.0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.6	47.8	221.2	53.4	226.8	173.3	0.0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	31.8	37.8	36.8	42.8	6.1	0.0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.8	36.8	42.8	40.6	46.6	6.1	0.0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	40.6	46.6	43.6	49.7	6.1	0.0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.5	43.6	289.5	45.1	291.0	245.9	0.0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.5	45.1	291.0	46.6	292.4	245.9	0.0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	46.6	292.4	49.6	295.4	245.9	0.0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2.5	43.6	49.7	46.1	52.2	6.1	0.0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.6	46.1	52.2	54.7	60.8	6.1	0.0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.8	54.7	60.8	67.5	73.6	6.1	0.0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.2	30.4	284.0	36.6	290.2	253.6	0.0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.6	36.6	290.2	39.2	292.8	253.6	0.0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.6	39.2	292.8	41.9	295.4	253.6	0.0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	26.3	242.1	36.3	252.1	215.8	0.0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	40.0	36.3	255.4	76.3	295.4	219.2	0.0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	28.0	26.3	145.9	54.3	173.9	119.7	0.0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.2	54.3	173.9	59.4	179.1	119.7	0.0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	16.0	59.4	179.1	75.4	195.1	119.7	0.0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.5	47.8	286.9	56.3	295.4	239.1	0.0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.2	43.5	61.4	55.7	73.6	17.9	0.0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.7	67.5	73.6	91.2	97.3	6.1	0.0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.2	91.2	97.3	97.4	103.4	6.1	0.0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.3	97.4	103.4	116.7	122.8	6.1	0.0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.3	116.7	122.8	135.0	141.1	6.1	0.0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.7	135.0	141.1	142.7	148.8	6.1	0.0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.3	142.7	148.8	161.0	167.1	6.1	0.0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.7	161.0	167.1	184.7	190.8	6.1	0.0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42.3	26.3	76.9	68.6	119.3	50.7	0.0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	25.7	36.3	252.1	61.9	277.8	215.8	0.0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	26.3	157.9	74.1	205.8	131.7	0.0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17.7	68.6	277.8	86.3	295.4	209.2	0.0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.8	26.3	278.6	43.1	295.4	252.3	0.0

Tabla N° 7. Resultados parte 2 análisis PERT del proyecto en estudio.130

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90.3	26.3	205.1	116.6	295.4	178.8	0.0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	29.2	59.4	234.3	88.6	263.4	174.8	0.0
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	88.6	285.4	98.6	295.4	196.8	0.0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	32.0	88.6	263.4	120.6	295.4	174.8	0.0
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64.3	75.4	195.1	139.8	259.4	119.7	0.0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	108.3	26.3	142.4	134.6	250.8	116.2	0.0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28.0	26.3	235.1	54.3	263.1	208.8	0.0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.3	74.1	205.8	132.4	264.1	131.7	0.0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44.7	134.6	250.8	179.3	295.4	116.2	0.0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68.7	53.4	226.8	122.1	295.4	173.3	0.0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54.0	55.7	65.3	109.7	119.3	9.6	0.0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	104.7	109.7	119.3	214.3	223.9	9.6	0.0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32.5	214.3	223.9	246.8	256.4	9.6	0.0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	39.0	246.8	256.4	285.8	295.4	9.6	0.0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16.3	184.7	190.8	201.0	207.1	6.1	0.0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40.0	201.0	245.4	241.0	285.4	44.4	0.0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.3	201.0	207.1	218.4	224.4	6.1	0.0
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	10.0	241.0	285.4	251.0	295.4	44.4	0.0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.3	218.4	224.4	244.7	250.8	6.1	0.0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.3	244.7	250.8	274.0	280.1	6.1	0.0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36.0	139.8	259.4	175.8	295.4	119.7	0.0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15.3	274.0	280.1	289.4	295.4	6.1	0.0
68	DESMTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.2	26.3	26.3	51.4	51.4	0.0	0.0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	209.3	51.4	51.4	260.8	260.8	0.0	0.0
70	INSTALACION DRIVE	34.7	260.8	260.8	295.4	295.4	0.0	0.0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	58.0	26.3	205.1	84.3	263.1	178.8	0.0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31.3	132.4	264.1	163.8	295.4	131.7	0.0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.3	84.3	263.1	116.6	295.4	178.8	0.0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	226.7	26.3	35.4	252.9	262.1	9.2	0.0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33.3	252.9	262.1	286.3	295.4	9.2	0.0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	295.4	295.4	295.4	295.4	0.0	0.0

Tabla N° 7. Resultados parte 2 análisis PERT del proyecto en estudio.

Del criterio de las holguras totales igual a cero, se obtiene la ruta crítica del resultado de la metodología PERT, diferente a la obtenida en CPM con un aumento en la duración del proyecto a 295,4 horas.

- Actividad Id. 1. Detención de Máquina.
- Actividad Id. 2. Refuerzos en Losa.
- Actividad Id. 68. Desmontaje y Desconexión de Equipos.

- Actividad Id. 69. Instalación, Cableado y Conexión Eléctrica-Neumática.
- Actividad Id. 70. Instalación Drive.
- Actividad Id. 76. Comisionamiento.

En cuanto a la desviación estándar de la ruta crítica se calcula como:

$$\sqrt{\sum(\sigma_{te}^2)}=10.7 \text{ horas}$$

El método PERT permite la determinación de distribución de probabilidades del tipo Beta ( $\beta$ ), por lo tanto es posible plantear: ¿qué probabilidad existe de terminar el proyecto en plazo establecido por método CPM de 287 horas?

$$Z = \frac{287 - 295.4}{10.7} = -\frac{8.4}{10.7} = -0.785$$

De la distribución normal (ver anexo B) se puede calcular para  $z = -0.785$  un 21.6 % de probabilidad de terminar el proyecto de montaje de la sección de formación de la máquina papelera N° 5 en los 287 días estimados a través del método CPM.

### 4.3. Resumen de los resultados

Mediante la aplicación de dos técnicas analíticas CPM y PERT, se consiguen los siguientes resultados, al igual que se muestra el tiempo real de ejecución:

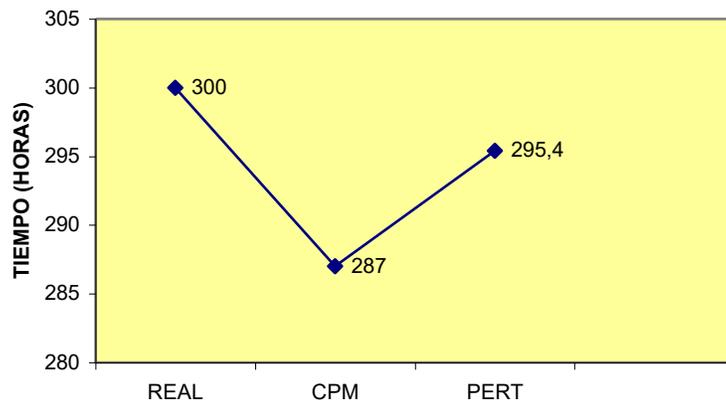


Figura N° 155. **Resultados análisis CPM y PERT**

Después de resolver la red del proyecto montaje sección de formación de la máquina papelera N°5, a través de diferentes técnicas analíticas de planificación y control de proyectos, encontrando diferentes rutas críticas, podemos mostrar la información obtenida de los tiempos de ejecución del proyecto haciendo uso del diagrama de gantt.

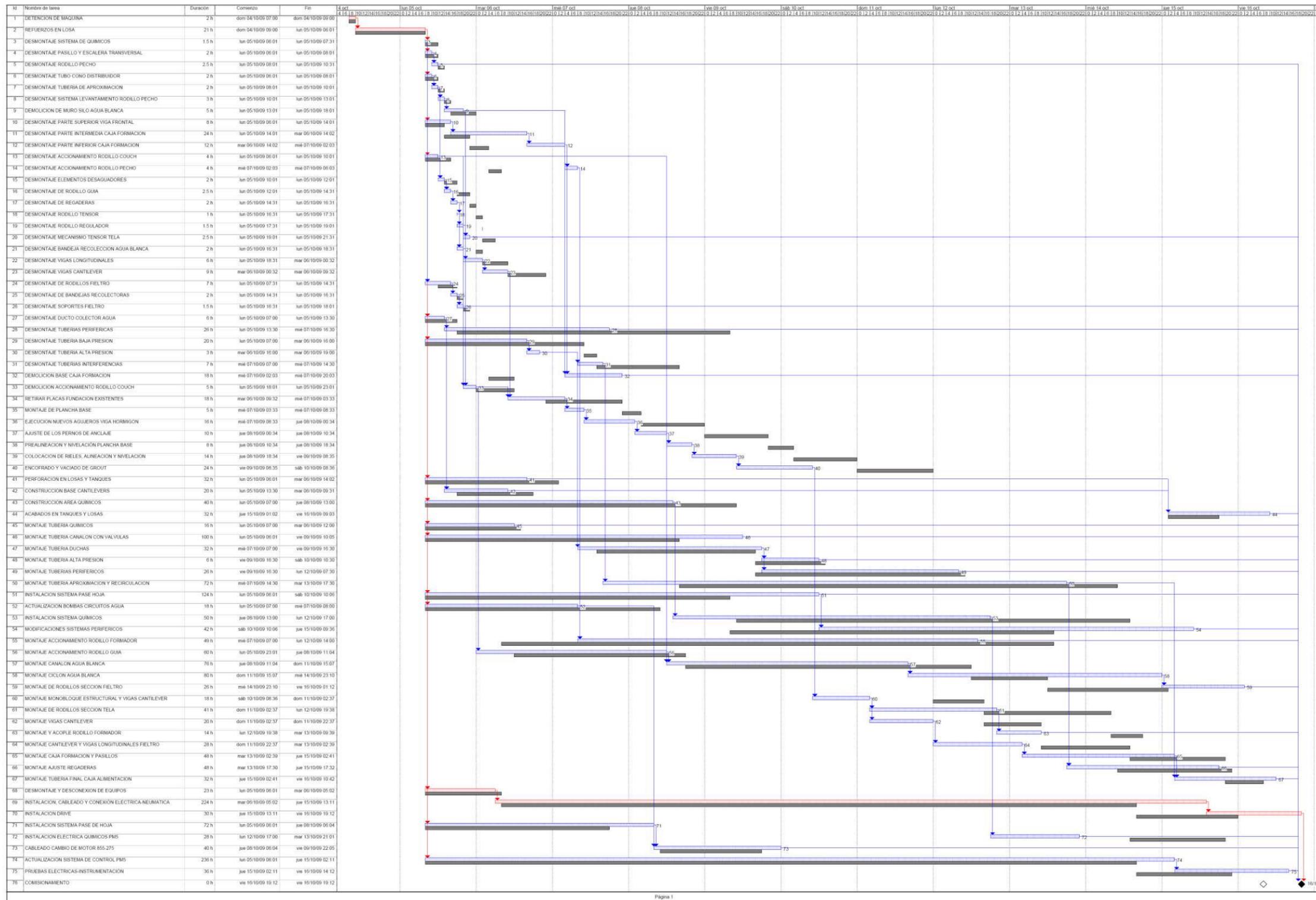


Tabla N° 8. Carta Gantt con tiempos reales de ejecución del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

La información de tiempos obtenidos para cada una de las actividades ejecutadas en el proyecto, son actualizadas dentro de la carta gantt mostrada en la tabla N° 8 y a diferencia de la tabla N° 5 en la cual sólo se mostraban los tiempos previstos para cada actividad, las fechas de inicio, fechas de término y duración, ahora la carta gantt muestra el tiempo real de inicio y finalización, así como las actividades críticas que definieron el proyecto. Al igual que el diagrama inicial predecesor se muestran la interrelación entre las actividades y la fecha de finalización total del proyecto.

Toda esta información es de gran importancia para la revisión de las metas y tiempos ejecutados, puesto que se puede apreciar en que actividades ocurrieron las principales desviaciones de los tiempos y cada una de las metas cubiertas en comparación con lo planificado.

Aunque este tipo de información está orientada principalmente a los niveles de planificación y control de proyectos (administradores de obra, jefes de terreno, programadores de obra, etc.), puede ser también utilizada como herramienta de motivación de la mano de obra directa (supervisores, maestros, soldadores, mecánicos, ayudantes, etc.) que trabaja ejecutando las actividades, mostrándoles la importancia del tiempo de ejecución de su trabajo, para el avance total del proyecto.

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE DATOS

## Capítulo V. Análisis de Datos

### 5.1. Definición de Análisis de Sensibilidad

1. “Un análisis de sensibilidad intenta evaluar el impacto que los datos de entrada o de las restricciones especificadas a un modelo definido, en el resultado final o en las variables de salida del modelo” (Turban, 2001).
2. “Es una serie de cambios, ya sea en el entorno del problema o en los datos del problema mismo, los cuales permiten determinar cuando una solución sigue siendo óptima” (Taha, 1999).
3. “Consiste en cambiar los datos para ver la incidencia sobre el resultado. Hacer un análisis de sensibilidad de cualquier método de cálculo permite llegar a una conclusión final, es una inquietud genérica de los que estudian un tema cuantitativo” (Taha, 1999)

A continuación se analizarán diferentes cambios a ciertas variables de las cuales dependen los resultados obtenidos.

Se sensibilizarán los datos del método PERT, ya que este presenta dependencia entre sus diferentes variables, a diferencia del método CPM donde los cálculos están relacionados directamente con una sola variable, lo que impide su sensibilización. Por lo tanto con el propósito de evaluar la incidencia del tiempo más probable en la metodología PERT, se alimenta en este análisis los tiempos empleados en la metodología CPM para encontrar el grado de dispersión de los resultados, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Id	Nombre	to	tm CPM	tp	te PERT CPM	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	3	5	3.3	0.17
2	REFUERZOS EN LOSA	20	21	28	22.0	1.78
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	4	6	4.2	0.25
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	3	5	3.3	0.17
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	3	5	3.3	0.17
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	3	4	3.1	0.06
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	2	3	2.1	0.06
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	3	5	3.3	0.17
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	8	10	8.2	0.25
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	6	9	6.4	0.34
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	8	10	8.3	0.17
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	5	7	5.3	0.17
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	8	9	8.0	0.11
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	5	7	5.3	0.17
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	5	6	5.0	0.11
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	3	6	3.5	0.28
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	3	4	3.1	0.06
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	1	2	1.1	0.04
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	1	2	1.1	0.04
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	3	4	3.0	0.11
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	2	3	2.1	0.04
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	8	10	8.3	0.17
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	12	14	12.2	0.25
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	6	8	6.2	0.25
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	2	4	2.3	0.13
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	2	4	2.3	0.13
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	10	11	10.0	0.11
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	36	48	37.3	7.11
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	24	34	25.3	4.00
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	5	7	5.2	0.25
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	12	18	12.7	1.78
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	8	12	8.5	0.69
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	12	14	12.2	0.25
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	24	28	23.7	2.78
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	6	8	6.2	0.25
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	20	24	19.3	4.00
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	20	22	18.3	5.44
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	8	10	7.7	1.00
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	20	22	18.3	5.44
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	24	28	23.7	2.78
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	42	46	41.7	2.78
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	24	28	24.3	1.00
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	48	50	47.8	0.69
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	16	20	16.3	1.00
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	16	18	16.2	0.25
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	80	90	80.3	9.00
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	24	32	25.2	2.25
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	10	11	10.0	0.11
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	30	36	30.7	1.78

Tabla N° 9. Utilización de datos del método CPM en el método PERT

Id	Nombre	to	tm CPM	tp	te PERT CPM	$\sigma^2$
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	64	66	63.7	1.00
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	96	120	99.0	25.00
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	28	30	28.0	0.44
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	60	62	58.3	5.44
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	40	48	40.7	4.00
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	64	72	64.7	4.00
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	54	58	54.0	1.78
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	90	120	94.7	28.44
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	24	36	25.8	4.69
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	38	46	39.0	2.78
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	15	16	15.0	0.11
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	40	42	40.0	0.44
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	18	20	17.3	1.78
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	8	10	12	10.0	0.44
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	28	30	26.3	5.44
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	30	32	29.3	1.78
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	36	38	36.0	0.44
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	12	18	12.7	1.78
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	24	32	25.2	2.25
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA- NEUMATICA	180	200	240	203.3	100.00
70	INSTALACION DRIVE	28	32	48	34.0	11.11
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	57	68	57.3	11.11
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	30	36	30.0	4.00
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	32	36	32.3	1.00
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	224	248	224.0	64.00
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	30	36	30.0	4.00
76	COMISIONAMIENTO	0	0	0	0.0	0.00

Tabla N° 9. Utilización de datos del método CPM en el método PERT

Donde:

to : tiempo optimista

tp: tiempo pesimista

tm: tiempo más probable

Se obtienen los siguientes resultados:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3.3	0.0	5.4	3.3	8.6	5.4	0.0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.0	3.3	8.6	25.3	30.7	5.4	0.0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.2	25.3	272.8	29.4	277.0	247.6	0.0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.3	25.3	281.3	28.5	284.5	256.0	0.0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.3	28.5	284.5	31.8	287.8	256.0	0.0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	25.3	30.7	28.3	33.7	5.4	0.0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.1	28.3	33.7	30.4	35.8	5.4	0.0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.3	30.4	46.3	33.7	49.6	15.9	0.0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.2	33.7	49.6	41.8	57.8	15.9	0.0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	6.4	25.3	197.9	31.7	204.3	172.7	0.0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.3	31.7	204.3	39.9	212.6	172.7	0.0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.3	39.9	212.6	45.2	217.8	172.7	0.0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.0	25.3	49.8	33.3	57.8	24.5	0.0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.3	45.2	217.8	50.4	223.1	172.7	0.0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	30.4	35.8	35.4	40.8	5.4	0.0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.5	35.4	40.8	38.9	44.3	5.4	0.0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	38.9	44.3	42.0	47.4	5.4	0.0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.1	42.0	282.5	43.1	283.6	240.5	0.0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.1	43.1	283.6	44.2	284.8	240.5	0.0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	44.2	284.8	47.2	287.8	240.5	0.0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2.1	42.0	47.4	44.1	49.5	5.4	0.0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.3	44.1	49.5	52.4	57.8	5.4	0.0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.2	52.4	57.8	64.5	69.9	5.4	0.0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.2	29.4	277.0	35.6	283.2	247.6	0.0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.3	35.6	283.2	37.9	285.5	247.6	0.0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.3	37.9	285.5	40.2	287.8	247.6	0.0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	25.3	237.1	35.3	247.1	211.8	0.0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	37.3	35.3	250.4	72.6	287.8	215.2	0.0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	25.3	25.3	144.9	50.6	170.3	119.7	0.0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.2	50.6	170.3	55.8	175.4	119.7	0.0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	12.7	55.8	175.4	68.4	188.1	119.7	0.0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.5	45.2	279.3	53.7	287.8	234.1	0.0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.2	41.8	57.8	54.0	69.9	15.9	0.0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.7	64.5	69.9	88.2	93.6	5.4	0.0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.2	88.2	93.6	94.4	99.8	5.4	0.0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.3	94.4	99.8	113.7	119.1	5.4	0.0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.3	113.7	119.1	132.0	137.4	5.4	0.0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.7	132.0	137.4	139.7	145.1	5.4	0.0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.3	139.7	145.1	158.0	163.4	5.4	0.0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.7	158.0	163.4	181.7	187.1	5.4	0.0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	41.7	25.3	86.6	66.9	128.3	61.3	0.0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24.3	35.3	247.1	59.6	271.4	211.8	0.0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	25.3	151.6	73.1	199.4	126.3	0.0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	16.3	66.9	271.4	83.3	287.8	204.5	0.0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.2	25.3	271.6	41.4	287.8	246.3	0.0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	80.3	25.3	207.4	105.6	287.8	182.2	0.0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	25.2	55.8	231.9	80.9	257.1	176.2	0.0
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	80.9	277.8	90.9	287.8	196.8	0.0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	30.7	80.9	257.1	111.6	287.8	176.2	0.0

Tabla N° 10. Resultados del análisis utilizando datos del método CPM en el método PERT

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	63.7	68.4	188.1	132.1	251.8	119.7	0.0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	99.0	25.3	148.1	124.3	247.1	122.8	0.0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28.0	25.3	227.4	53.3	255.4	202.2	0.0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.3	73.1	199.4	131.4	257.8	126.3	0.0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	40.7	124.3	247.1	164.9	287.8	122.8	0.0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	64.7	50.4	223.1	115.1	287.8	172.7	0.0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54.0	54.0	74.3	108.0	128.3	20.3	0.0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	94.7	108.0	128.3	202.7	222.9	20.3	0.0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	25.8	202.7	222.9	228.5	248.8	20.3	0.0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	39.0	228.5	248.8	267.5	287.8	20.3	0.0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	15.0	181.7	187.1	196.7	202.1	5.4	0.0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40.0	196.7	237.8	236.7	277.8	41.1	0.0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.3	196.7	202.1	214.0	219.4	5.4	0.0
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10.0	236.7	277.8	246.7	287.8	41.1	0.0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.3	214.0	219.4	240.4	245.8	5.4	0.0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.3	240.4	245.8	269.7	275.1	5.4	0.0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36.0	132.1	251.8	168.1	287.8	119.7	0.0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	12.7	269.7	275.1	282.4	287.8	5.4	0.0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.2	25.3	25.3	50.4	50.4	0.0	0.0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	203.3	50.4	50.4	253.8	253.8	0.0	0.0
70	INSTALACION DRIVE	34.0	253.8	253.8	287.8	287.8	0.0	0.0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57.3	25.3	198.1	82.6	255.4	172.8	0.0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	30.0	131.4	257.8	161.4	287.8	126.3	0.0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.3	82.6	255.4	114.9	287.8	172.8	0.0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	224.0	25.3	33.8	249.3	257.8	8.5	0.0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	30.0	249.3	257.8	279.3	287.8	8.5	0.0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	287.8	287.8	287.8	287.8	0.0	0.0

Tabla N° 10. **Resultados del análisis utilizando datos del método CPM en el método PERT**

Del criterio de las holguras totales igual a cero, se obtiene como resultado la misma ruta crítica obtenida con el método PERT, disminuyendo la duración del proyecto de 295.4 a 287.8 horas, lo que representa una disminución en el tiempo aproximada de 2,5%, alejándose de la duración real del proyecto 300 horas y tendiendo al tiempo obtenido a través del método CPM de 287 horas.

En cuanto a la desviación estándar de la ruta crítica, al mantener igual los límites del tiempo pesimista y optimista, la dispersión de los datos se mantiene igual  $\sqrt{\sum(\sigma_{te}^2)}=10.7$  horas, para los dos análisis.

A continuación el desarrollo de la malla del método PERT-CPM (método PERT sensibilizado con los datos del método CPM):

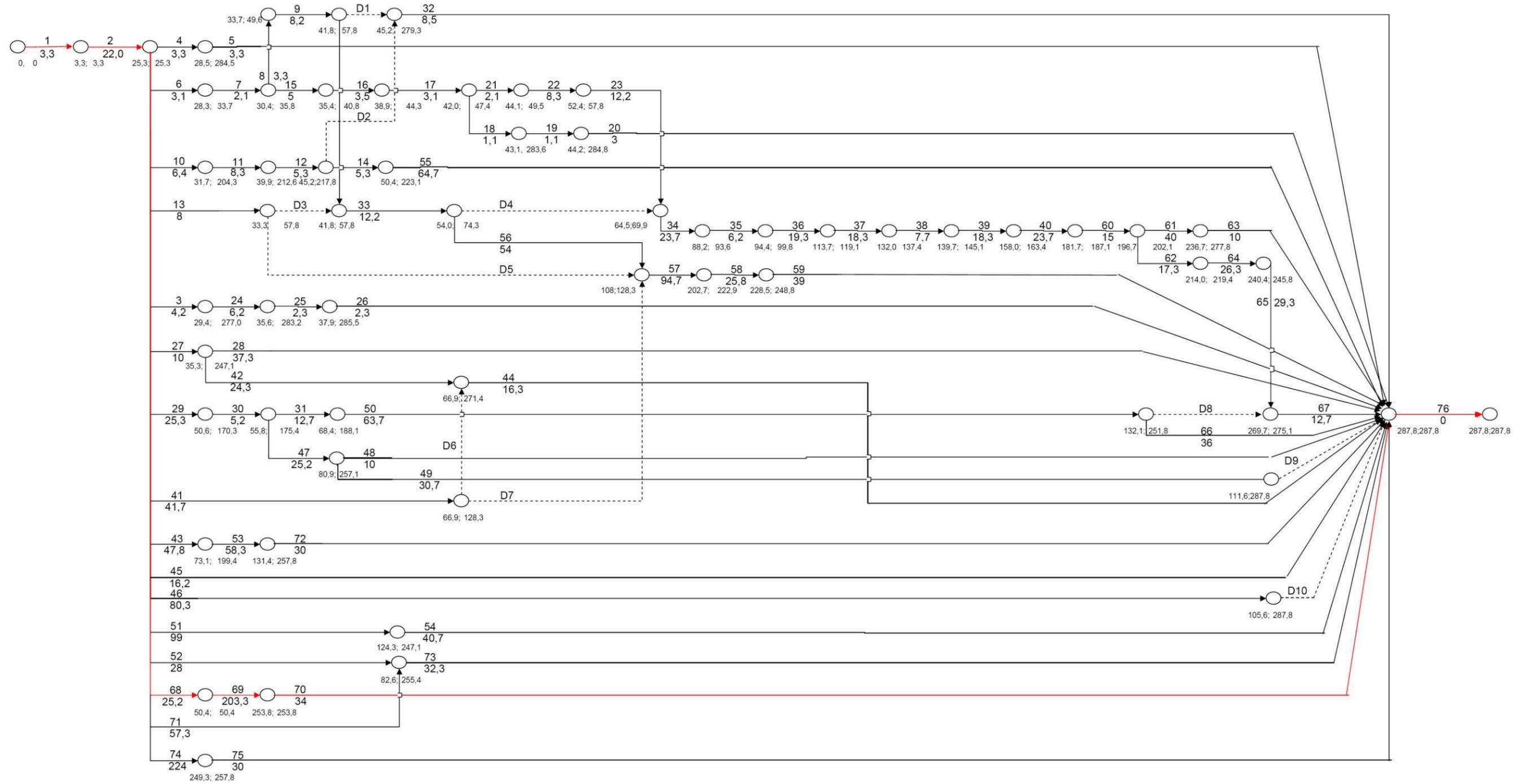


Figura N° 156. Diagrama de Malla resuelto por el método PERT-CPM del proyecto de montaje de la sección de formación de una máquina papelera

Haciendo uso de la desviación estándar obtenida en el análisis PERT-CPM, se podrá determinar que probabilidad existe según este método, de que el proyecto montaje de sección de formación de la máquina papelera N° 5, termine en el plazo estimado por el método CPM, es decir, 287 horas.

$$Z = \frac{287 - 287.8}{10.7} = -\frac{0.8}{10.7} = -0.075$$

De la distribución normal (ver tabla en anexo B) se puede calcular un 47,0 % de probabilidad de terminar el proyecto de instalación de la sección de formación de la máquina papelera Crescent former N° 5 en los 287 días estimados a través del método CPM, valor superior al 21,6% obtenido del PERT inicial.

En resumen:

	Duración Estimada (hrs)	$\Delta$ CPM (hrs)	$\sigma_{te}$	P( $te_{CPM}$ ) %
PERT	295.4	8.4	10.7	21.6
PERT-CPM	287.8	0.8	10.7	47.0
CPM	287	-	-	-
REAL	300	13	-	-

Tabla N° 11. **Comparación tiempo estimado CPM ( $te=287$  días) y probabilidad ocurrencia utilizando métodos PERT, PERT-CPM.**

¿Qué probabilidad hay de que el proyecto termine en 300 horas?

$$Z = \frac{300 - 287.8}{10.7} = \frac{12.3}{10.7} = 1.15$$

El análisis PERT-CPM da un 87.5 % de probabilidad de terminar el proyecto en 300 horas.

Si comparamos con la probabilidad que se obtiene a partir del análisis PERT para que el proyecto termine en 300 horas:

$$Z = \frac{300 - 295.4}{10.7} = \frac{4.6}{10.7} = 0.43$$

Se obtiene 66.6% de probabilidad de terminar según el análisis de tiempos PERT.

En resumen:

	Duración Estimada (hrs)	$\Delta$ REAL (hrs)	$\sigma_{te}$	P( $t_{eCPM}$ ) %
PERT	295.4	4.6	10.7	66.6
PERT-CPM	287.8	12.2	10.7	87.5
CPM	287	13	-	-
REAL	300	-	-	-

Tabla N° 12. **Comparación tiempo Real (t real=300 días) y probabilidad ocurrencia utilizando métodos PERT, PERT-CPM.**

Podemos notar que la desviación estándar del tiempo estimado para cada una de las rutas críticas en el método PERT y PERT-CPM es el mismo, ya que el tiempo pesimista y tiempo optimista utilizado en ambos estudios es el mismo. Esto quiere decir que la incertidumbre para ambos casos según la distribución beta, para satisfacer la condición

$Z=3$  y  $Z=-3$ , el rango de tiempo estará entre  $\pm \frac{Intervalo}{10.7} = \pm 3 = Z$ , donde despejando se

obtiene que:  $Intervalo = \pm 3 * 10.7 = \pm 32.1$ . Por lo tanto, podemos establecer un tiempo pesimista ( $Duración + Intervalo$ ) y un tiempo optimista ( $Duración - Intervalo$ ) obteniendo:

	Duración $\pm$ Intervalo (hrs)	Duración Probabilística Optimista (hrs)	Duración Probabilística Pesimista (hrs)
PERT	295.4 $\pm$ 32.1	263.3	327.5
PERT-CPM	287.8 $\pm$ 32.1	255.7	319.9

Tabla N° 13. **Tiempo esperado, optimista y pesimista obtenidos para el proyecto de montaje de la sección de formación de la máquina papelera N° 5, a partir de los métodos PERT y PERT-CPM**

## 5.2 Sensibilización de variables para la optimización de resultados

Los resultados obtenidos con el método PERT, utilizando sus datos originales, muestran una aproximación al tiempo real de ejecución del proyecto de 4.6 horas. Sin embargo, es necesario preguntar: ¿se podrá disminuir aún más la diferencia entre el resultado obtenido a través del método PERT y el tiempo real de ejecución del montaje? ¿qué variables se deben sensibilizar para acercarse a este resultado?

Según el capítulo 3, los resultados del método PERT dependen directamente del tiempo esperado ( $t_e$ ), el cual está determinado por los tiempos: optimista ( $t_o$ ), pesimista ( $t_p$ ) y más probable ( $t_m$ ) y a su vez estos últimos están relacionados con el grado de dispersión ( $\sigma_{t_e}^2$ ).

Es decir: 
$$Dt(t_e) \rightarrow t_e(t_o, t_m, t_p) \rightarrow t_o, t_m, t_p \dots (\sigma_t^2)$$

Disminuyendo la dispersión de los datos, se podría obtener un valor más cercano al tiempo real de ejecución de montaje de la sección de formación de la máquina papelera N° 5. La disminución de la dispersión se hará multiplicando por algún factor, tanto el tiempo optimista como el tiempo pesimista, buscando acercarse al valor “central” o tiempo más probable para cada actividad.

Los factores empleados para disminuir la dispersión deben cerrar la brecha entre los tiempos optimistas y pesimistas, sin que estos se crucen con el valor del tiempo más probable y menos aún se crucen entre ellos, es decir:

$$t_o \leq t_m \leq t_p$$

Se partirá amplificando un 1% el tiempo optimista y disminuyendo en igual porcentaje el tiempo pesimista. Esto se repetirá para un 3%, 5% y 10%, puesto que valores superiores provocan el cruce entre los tiempos, tal como fue mencionado.

### 5.2.1 Rango de sensibilidad 1% en los datos del PERT

Id	Nombre	to	+1%	tm	-1%	tp	te	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	2.5	3.5	5.0	5	3.6	0.16
2	REFUERZOS EN LOSA	20	20.2	22	27.7	28	22.7	1.57
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	3.0	4	5.9	6	4.2	0.24
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	2.5	3	5.0	5	3.2	0.16
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	2.5	3.5	5.0	5	3.6	0.16
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	2.5	3	4.0	4	3.1	0.06
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	1.5	2.5	3.0	3	2.4	0.06
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	2.5	3.5	5.0	5	3.6	0.16
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	7.1	8	9.9	10	8.2	0.22
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	5.6	7	8.9	9	7.1	0.31
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	7.6	9	9.9	10	8.9	0.15
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	4.5	5.5	6.9	7	5.6	0.16
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	7.1	8.5	8.9	9	8.3	0.09
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	4.5	5.5	6.9	7	5.6	0.16
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	4.0	5	5.9	6	5.0	0.10
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	2.8	3.5	5.9	6	3.8	0.27
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	2.5	3	4.0	4	3.1	0.06
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	0.8	1.5	2.0	2	1.5	0.04
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	0.8	1.5	2.0	2	1.5	0.04
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	2.0	3	4.0	4	3.0	0.10
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	1.8	2.5	3.0	3	2.5	0.04
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	7.6	8.5	9.9	10	8.6	0.15
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	11.1	13	13.9	14	12.8	0.21
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	5.1	6	7.9	8	6.2	0.23
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	1.8	2.5	4.0	4	2.6	0.13
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	1.8	2.5	4.0	4	2.6	0.13
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	9.1	10	10.9	11	10.0	0.09

Tabla N° 14. Primer rango de sensibilidad 1% de datos del PERT

Id	Nombre								$\sigma^2$
		to	+1%	tm	-1%	tp	te		
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	32.3	40	47.5	48	40.0	6.42	
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	22.2	28	33.7	34	28.0	3.64	
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	4.0	5	6.9	7	5.2	0.23	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	10.1	17	17.8	18	16.0	1.66	
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	7.1	8	11.9	12	8.5	0.64	
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	11.1	12	13.9	14	12.2	0.21	
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	18.2	24	27.7	28	23.7	2.53	
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	5.1	6	7.9	8	6.2	0.23	
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	12.1	20	23.8	24	19.3	3.76	
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	8.1	20	21.8	22	18.3	5.21	
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	4.0	8	9.9	10	7.7	0.95	
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	8.1	20	21.8	22	18.3	5.21	
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	18.2	24	27.7	28	23.7	2.53	
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	36.4	43	45.5	46	42.3	2.34	
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	22.2	26	27.7	28	25.7	0.84	
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	45.5	48	49.5	50	47.8	0.46	
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	14.1	18	19.8	20	17.7	0.89	
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	15.2	17	17.8	18	16.8	0.20	
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	72.7	95	89.1	90	90.3	7.45	
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	23.2	30	31.7	32	29.2	1.98	
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	9.1	10	10.9	11	10.0	0.09	
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	28.3	32	35.6	36	32.0	1.50	
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	60.6	65	65.3	66	64.3	0.62	
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	90.9	110	118.8	120	108.3	21.62	
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	26.3	28	29.7	30	28.0	0.33	
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	48.5	60	61.4	62	58.3	4.62	
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	36.4	46	47.5	48	44.6	3.46	
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	60.6	70	71.3	72	68.6	3.17	
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	50.5	54	57.4	58	54.0	1.33	
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	88.9	105	118.8	120	104.6	24.87	
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	23.2	34	35.6	36	32.5	4.28	
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	36.4	38	45.5	46	39.0	2.34	
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	14.1	17	15.8	16	16.3	0.08	
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	38.4	40	41.6	42	40.0	0.28	
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	12.1	18	19.8	20	17.3	1.64	
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	8	8.1	10	11.9	12	10.0	0.40	
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	16.2	28	29.7	30	26.3	5.09	
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	24.2	30	31.7	32	29.3	1.54	
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	34.3	36	37.6	38	36.0	0.30	
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	10.1	16	17.8	18	15.3	1.66	
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	23.2	24	31.7	32	25.2	1.98	
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180	181.8	209	237.6	240	209.2	86.49	
70	INSTALACION DRIVE	28	28.3	33	47.5	48	34.6	10.28	
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	48.5	58	67.3	68	58.0	9.86	
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	24.2	32	35.6	36	31.3	3.61	
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	30.3	32	35.6	36	32.3	0.79	
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	202.0	228	245.5	248	226.6	52.61	
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	24.2	35	35.6	36	33.3	3.61	
76	COMISIONAMIENTO	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.00	

Tabla N° 14. Primer rango de sensibilidad 1% de datos del PERT

Al resolver la malla, se tiene:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>Uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3.6	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.7	3.6	3.6	26.2	26.2	0.0	0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.2	26.2	279.7	30.4	283.8	253.4	0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.2	26.2	288.4	29.5	291.7	262.2	0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.6	29.5	291.7	33.1	295.3	262.2	0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	26.2	32.4	29.3	35.4	6.1	0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.4	29.3	35.4	31.7	37.9	6.1	0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.6	31.7	49.7	35.3	53.3	18.0	0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.2	35.3	53.3	43.5	61.4	18.0	0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	7.1	26.2	199.5	33.3	206.5	173.2	0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.9	33.3	206.5	42.2	215.4	173.2	0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.6	42.2	215.4	47.8	221.0	173.2	0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.3	26.2	53.1	34.6	61.4	26.9	0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.6	47.8	221.0	53.4	226.6	173.2	0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	31.7	37.9	36.7	42.9	6.1	0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.8	36.7	42.9	40.5	46.6	6.1	0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	40.5	46.6	43.6	49.7	6.1	0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.5	43.6	289.3	45.1	290.8	245.7	0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.5	45.1	290.8	46.5	292.3	245.7	0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	46.5	292.3	49.5	295.3	245.7	0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2.5	43.6	49.7	46.1	52.2	6.1	0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.6	46.1	52.2	54.6	60.8	6.1	0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.8	54.6	60.8	67.5	73.6	6.1	0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.2	30.4	283.8	36.6	290.0	253.4	0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.6	36.6	290.0	39.2	292.6	253.4	0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.6	39.2	292.6	41.8	295.3	253.4	0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	26.2	241.9	36.2	251.9	215.7	0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	40.0	36.2	255.3	76.2	295.3	219.0	0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	28.0	26.2	145.8	54.2	173.8	119.6	0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.2	54.2	173.8	59.4	178.9	119.6	0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	16.0	59.4	178.9	75.4	194.9	119.6	0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.5	47.8	286.8	56.3	295.3	239.0	0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.2	43.5	61.4	55.6	73.6	18.0	0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.7	67.5	73.6	91.1	97.2	6.1	0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.2	91.1	97.2	97.3	103.4	6.1	0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.3	97.3	103.4	116.6	122.7	6.1	0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.3	116.6	122.7	134.9	141.0	6.1	0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.7	134.9	141.0	142.6	148.7	6.1	0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.3	142.6	148.7	160.9	167.0	6.1	0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.7	160.9	167.0	184.5	190.7	6.1	0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42.3	26.2	76.9	68.5	119.2	50.6	0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	25.7	36.2	251.9	61.9	277.6	215.7	0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	26.2	157.8	74.1	205.6	131.6	0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17.7	68.5	277.6	86.2	295.3	209.0	0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.8	26.2	278.4	43.1	295.3	252.2	0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90.3	26.2	204.9	116.5	295.3	178.7	0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	29.2	59.4	234.1	88.5	263.3	174.7	0

Tabla N° 15. Resultados del primer análisis de sensibilidad 1% de datos del PERT

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>Uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	88.5	285.3	98.5	295.3	196.7	0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	32.0	88.5	263.3	120.5	295.3	174.7	0
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64.3	75.4	194.9	139.7	259.3	119.6	0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	108.3	26.2	142.3	134.5	250.6	116.1	0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28.0	26.2	234.9	54.2	262.9	208.7	0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.3	74.1	205.6	132.4	263.9	131.6	0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44.6	134.5	250.6	179.2	295.3	116.1	0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68.6	53.4	226.6	122.0	295.3	173.2	0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54.0	55.6	65.2	109.6	119.2	9.6	0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	104.6	109.6	119.2	214.2	223.8	9.6	0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32.5	214.2	223.8	246.7	256.3	9.6	0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	39.0	246.7	256.3	285.7	295.3	9.6	0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16.3	184.5	190.7	200.9	207.0	6.1	0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40.0	200.9	245.3	240.8	285.3	44.4	0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.3	200.9	207.0	218.2	224.3	6.1	0
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10.0	240.8	285.3	250.8	295.3	44.4	0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.3	218.2	224.3	244.5	250.6	6.1	0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.3	244.5	250.6	273.8	279.9	6.1	0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36.0	139.7	259.3	175.7	295.3	119.6	0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15.3	273.8	279.9	289.1	295.3	6.1	0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.2	26.2	26.2	51.4	51.4	0.0	0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	209.2	51.4	51.4	260.6	260.6	0.0	0
70	INSTALACION DRIVE	34.6	260.6	260.6	295.3	295.3	0.0	0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	58.0	26.2	205.0	84.2	262.9	178.7	0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31.3	132.4	263.9	163.7	295.3	131.6	0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.3	84.2	262.9	116.5	295.3	178.7	0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	226.6	26.2	35.4	252.8	261.9	9.1	0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33.3	252.8	261.9	286.1	295.3	9.1	0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	295.3	295.3	295.3	295.3	0.0	0

Tabla N° 15. Resultados del primer análisis de sensibilidad 1% de datos del PERT

Del criterio de las holguras totales se obtiene la misma ruta crítica, sin embargo la duración del proyecto, la desviación estándar promedio y la desviación estándar de la ruta crítica se modifican. A continuación resultados obtenidos con rango de sensibilidad 0% y 1%:

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	Duración total (hrs)	$\Sigma te$
0%	4.5	295.4	10.7
1%	4.0	295.3	10.0

Tabla N° 16. Resultados del análisis de sensibilidad 1% datos PERT

## 5.2.2 Rango de sensibilidad 3% en los datos del PERT

Id	Nombre	To	+3%	tm	-3%	tp	Te	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	2.6	3.5	4.9	5	3.6	0.14
2	REFUERZOS EN LOSA	20	21	22	27.2	28	22.6	1.20
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	3.1	4	5.8	6	4.2	0.21
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	2.6	3	4.9	5	3.2	0.14
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	2.6	3.5	4.9	5	3.6	0.14
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	2.6	3	3.9	4	3.1	0.05
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	1.5	2.5	2.9	3	2.4	0.05
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	2.6	3.5	4.9	5	3.6	0.14
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	7.2	8	9.7	10	8.2	0.17
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	5.7	7	8.7	9	7.1	0.26
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	7.7	9	9.7	10	8.9	0.11
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	4.6	5.5	6.8	7	5.6	0.13
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	7.2	8.5	8.7	9	8.3	0.06
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	4.6	5.5	6.8	7	5.6	0.13
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	4.1	5	5.8	6	5.0	0.08
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	2.9	3.5	5.8	6	3.8	0.24
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	2.6	3	3.9	4	3.1	0.05
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	0.8	1.5	1.9	2	1.5	0.03
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	0.8	1.5	1.9	2	1.5	0.03
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	2.1	3	3.9	4	3.0	0.09
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	1.9	2.5	2.9	3	2.5	0.03
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	7.7	8.5	9.7	10	8.6	0.11
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	11	13	13.6	14	12.8	0.14
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	5.2	6	7.8	8	6.2	0.19
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	1.9	2.5	3.9	4	2.6	0.11
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	1.9	2.5	3.9	4	2.6	0.11
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	9.3	10	10.7	11	10.0	0.05
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	33	40	46.6	48	39.9	5.14
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	23	28	33.0	34	27.9	2.96
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	4.1	5	6.8	7	5.2	0.20
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	10	17	17.5	18	16.0	1.42
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	7.2	8	11.6	12	8.5	0.55
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	11	12	13.6	14	12.2	0.14
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	19	24	27.2	28	23.6	2.06
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	5.2	6	7.8	8	6.2	0.19
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	12	20	23.3	24	19.3	3.31
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	8.2	20	21.3	22	18.3	4.77
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	4.1	8	9.7	10	7.6	0.86
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	8.2	20	21.3	22	18.3	4.77
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	19	24	27.2	28	23.6	2.06
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	37	43	44.6	46	42.3	1.58
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	23	26	27.2	28	25.6	0.56
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	46	48	48.5	50	47.8	0.13
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	14	18	19.4	20	17.6	0.69
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	15	17	17.5	18	16.8	0.11
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	74	95	87.3	90	90.2	4.80
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	24	30	31.0	32	29.1	1.50

Tabla N° 17. Segundo rango de sensibilidad 3% de datos del PERT

Id	Nombre	to	+3%	tm	-3%	tp	Te	$\sigma^2$
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	9.3	10	10.7	11	10.0	0.05
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	29	32	34.9	36	32.0	1.03
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	62	65	64.0	66	64.3	0.14
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	93	110	116.4	120	108.2	15.60
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	27	28	29.1	30	28.0	0.15
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	49	60	60.1	62	58.3	3.18
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	37	46	46.6	48	44.6	2.50
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	62	70	69.8	72	68.6	1.80
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	52	54	56.3	58	54.0	0.63
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	91	105	116.4	120	104.5	18.43
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	24	34	34.9	36	32.4	3.50
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	37	38	44.6	46	39.0	1.58
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	14	17	15.5	16	16.3	0.03
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	39	40	40.7	42	40.0	0.07
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	12	18	19.4	20	17.3	1.38
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	8	8.2	10	11.6	12	10.0	0.32
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	16	28	29.1	30	26.3	4.42
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	25	30	31.0	32	29.3	1.11
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	35	36	36.9	38	36.0	0.09
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	10	16	17.5	18	15.3	1.42
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	24	24	31.0	32	25.1	1.50
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180	185	209	232.8	240	209.0	62.41
70	INSTALACION DRIVE	28	29	33	46.6	48	34.6	8.72
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	49	58	66.0	68	57.9	7.58
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	25	32	34.9	36	31.3	2.89
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	31	32	34.9	36	32.3	0.45
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	206	228	240.6	248	226.4	33.18
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	25	35	34.9	36	33.3	2.89
76	COMISIONAMIENTO	0	0	0	0.0	0	0.0	0.00

Tabla N° 17. Segundo rango de sensibilidad 3% de datos PERT

Al resolver la malla, se tiene:

Id	Nombre	Dur. (hrs)	phi	ufi	pft	uft	HT	HL
1	DETENCION DE MAQUINA	3.6	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.6	3.6	3.6	26.2	26.2	0.0	0.0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.2	26.2	279.4	30.3	283.5	253.2	0.0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.2	26.2	288.1	29.4	291.3	261.9	0.0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.6	29.4	291.3	33.0	294.9	261.9	0.0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	26.2	32.4	29.3	35.5	6.2	0.0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.4	29.3	35.5	31.7	37.9	6.2	0.0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.6	31.7	49.8	35.3	53.3	18.1	0.0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.2	35.3	53.3	43.4	61.5	18.1	0.0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	7.1	26.2	199.2	33.3	206.3	173.0	0.0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.9	33.3	206.3	42.2	215.2	173.0	0.0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.6	42.2	215.2	47.7	220.7	173.0	0.0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.3	26.2	53.2	34.5	61.5	27.0	0.0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.6	47.7	220.7	53.3	226.3	173.0	0.0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	31.7	37.9	36.7	42.9	6.2	0.0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.8	36.7	42.9	40.5	46.7	6.2	0.0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	40.5	46.7	43.5	49.8	6.2	0.0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.5	43.5	289.0	45.0	290.5	245.5	0.0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.5	45.0	290.5	46.5	291.9	245.5	0.0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	46.5	291.9	49.4	294.9	245.5	0.0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AG. BLANCA	2.5	43.5	49.8	46.0	52.2	6.2	0.0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.6	46.0	52.2	54.6	60.8	6.2	0.0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.8	54.6	60.8	67.4	73.6	6.2	0.0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.2	30.3	283.5	36.5	289.7	253.2	0.0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.6	36.5	289.7	39.1	292.3	253.2	0.0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.6	39.1	292.3	41.7	294.9	253.2	0.0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	26.2	241.7	36.2	251.6	215.5	0.0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	39.9	36.2	255.0	76.1	294.9	218.8	0.0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	27.9	26.2	145.6	54.1	173.5	119.4	0.0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.2	54.1	173.5	59.3	178.7	119.4	0.0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	16.0	59.3	178.7	75.2	194.6	119.4	0.0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.5	47.7	286.4	56.2	294.9	238.7	0.0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.2	43.4	61.5	55.6	73.6	18.1	0.0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.6	67.4	73.6	91.0	97.2	6.2	0.0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.2	91.0	97.2	97.2	103.4	6.2	0.0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.3	97.2	103.4	116.4	122.7	6.2	0.0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.3	116.4	122.7	134.7	140.9	6.2	0.0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.6	134.7	140.9	142.3	148.6	6.2	0.0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.3	142.3	148.6	160.6	166.8	6.2	0.0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.6	160.6	166.8	184.2	190.5	6.2	0.0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42.3	26.2	76.7	68.5	119.0	50.5	0.0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	25.6	36.2	251.6	61.8	277.3	215.5	0.0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	26.2	157.6	74.0	205.4	131.4	0.0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17.6	68.5	277.3	86.1	294.9	208.8	0.0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.8	26.2	278.1	43.0	294.9	251.9	0.0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90.2	26.2	204.7	116.4	294.9	178.5	0.0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	29.1	59.3	233.8	88.4	263.0	174.5	0.0

Tabla N° 18. Resultados del segundo rango de sensibilidad 3% de datos del PERT

Id	Nombre	Dur (hrs)	pfi	ufi	pft	uft	HT	HL
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	88.4	284.9	98.4	294.9	196.5	0.0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	32.0	88.4	263.0	120.4	294.9	174.5	0.0
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64.3	75.2	194.6	139.6	258.9	119.4	0.0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	108.2	26.2	142.1	134.4	250.3	115.9	0.0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28.0	26.2	234.6	54.2	262.6	208.4	0.0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.3	74.0	205.4	132.3	263.6	131.4	0.0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44.6	134.4	250.3	179.0	294.9	115.9	0.0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68.6	53.3	226.3	121.9	294.9	173.0	0.0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54.0	55.6	65.1	109.5	119.0	9.5	0.0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	104.5	109.5	119.0	214.0	223.5	9.5	0.0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32.4	214.0	223.5	246.5	256.0	9.5	0.0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	39.0	246.5	256.0	285.4	294.9	9.5	0.0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16.3	184.2	190.5	200.5	206.8	6.2	0.0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40.0	200.5	245.0	240.5	284.9	44.4	0.0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.3	200.5	206.8	217.8	224.1	6.2	0.0
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10.0	240.5	284.9	250.5	294.9	44.4	0.0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.3	217.8	224.1	244.1	250.3	6.2	0.0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.3	244.1	250.3	273.4	279.6	6.2	0.0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36.0	139.6	258.9	175.5	294.9	119.4	0.0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15.3	273.4	279.6	288.7	294.9	6.2	0.0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.1	26.2	26.2	51.3	51.3	0.0	0.0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	209.0	51.3	51.3	260.4	260.4	0.0	0.0
70	INSTALACION DRIVE	34.6	260.4	260.4	294.9	294.9	0.0	0.0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57.9	26.2	204.7	84.1	262.6	178.5	0.0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31.3	132.3	263.6	163.5	294.9	131.4	0.0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.3	84.1	262.6	116.4	294.9	178.5	0.0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	226.4	26.2	35.2	252.6	261.6	9.0	0.0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33.3	252.6	261.6	285.9	294.9	9.0	0.0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	294.9	294.9	294.9	294.9	0.0	0.0

Tabla N° 18. Resultados del segundo análisis de sensibilidad 3% datos PERT

A continuación resultados obtenidos con rango de sensibilidad 0%, 1%, y 3%:

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	Duración total (hrs)	$\Sigma te$
0%	4.5	295.4	10.7
1%	4.0	295.3	10.0
3%	2.9	294.9	8.6

Tabla N° 19. Resultados del análisis de Sensibilidad 1%,3% datos PERT

### 5.2.3 Rango de Sensibilidad 5% en los datos del PERT

Id	Nombre	to	+5%	tm	-5%	tp	te	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	2.6	3.5	4.8	5	3.6	0.13
2	REFUERZOS EN LOSA	20	21.0	22	26.6	28	22.6	0.87
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	3.2	4	5.7	6	4.1	0.18
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	2.6	3	4.8	5	3.2	0.13
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	2.6	3.5	4.8	5	3.6	0.13
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	2.6	3	3.8	4	3.1	0.04
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	1.6	2.5	2.9	3	2.4	0.05
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	2.6	3.5	4.8	5	3.6	0.13
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	7.4	8	9.5	10	8.1	0.13
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	5.8	7	8.6	9	7.1	0.21
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	7.9	9	9.5	10	8.9	0.07
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	4.7	5.5	6.7	7	5.6	0.10
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	7.4	8.5	8.6	9	8.3	0.04
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	4.7	5.5	6.7	7	5.6	0.10
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	4.2	5	5.7	6	5.0	0.06
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	2.9	3.5	5.7	6	3.8	0.21
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	2.6	3	3.8	4	3.1	0.04
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	0.8	1.5	1.9	2	1.5	0.03
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	0.8	1.5	1.9	2	1.5	0.03
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	2.1	3	3.8	4	3.0	0.08
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	1.9	2.5	2.9	3	2.5	0.03
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	7.9	8.5	9.5	10	8.6	0.07
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	11.6	13	13.3	14	12.8	0.09
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	5.3	6	7.6	8	6.1	0.15
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	1.9	2.5	3.8	4	2.6	0.10
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	1.9	2.5	3.8	4	2.6	0.10
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	9.5	10	10.5	11	10.0	0.03
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	33.6	40	45.6	48	39.9	4.00
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	23.1	28	32.3	34	27.9	2.35
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	4.2	5	6.7	7	5.1	0.17
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	10.5	17	17.1	18	15.9	1.21
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	7.4	8	11.4	12	8.5	0.46
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	11.6	12	13.3	14	12.1	0.09
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	18.9	24	26.6	28	23.6	1.65
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	5.3	6	7.6	8	6.1	0.15
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	12.6	20	22.8	24	19.2	2.89
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	8.4	20	20.9	22	18.2	4.34
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	4.2	8	9.5	10	7.6	0.78
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	8.4	20	20.9	22	18.2	4.34
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	18.9	24	26.6	28	23.6	1.65
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	37.8	43	43.7	46	42.3	0.97
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	23.1	26	26.6	28	25.6	0.34
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	47.3	48	47.5	50	47.8	0.00
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	14.7	18	19.0	20	17.6	0.51
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	15.8	17	17.1	18	16.8	0.05
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	75.6	95	85.5	90	90.2	2.72
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	24.2	30	30.4	32	29.1	1.09

Tabla N° 20. Tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT

Id	Nombre	to	+5%	tm	-5%	tp	te	$\sigma^2$
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	9.5	10	10.5	11	10.0	0.03
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	29.4	32	34.2	36	31.9	0.64
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	63.0	65	62.7	66	64.3	0.00
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	94.5	110	114.0	120	108.1	10.56
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	27.3	28	28.5	30	28.0	0.04
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	50.4	60	58.9	62	58.2	2.01
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	37.8	46	45.6	48	44.6	1.69
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	63.0	70	68.4	72	68.6	0.81
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	52.5	54	55.1	58	53.9	0.19
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	92.4	105	114.0	120	104.4	12.96
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	24.2	34	34.2	36	32.4	2.81
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	37.8	38	43.7	46	38.9	0.97
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	14.7	17	15.2	16	16.3	0.01
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	39.9	40	39.9	42	40.0	0.00
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	12.6	18	19.0	20	17.3	1.14
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	8	8.4	10	11.4	12	10.0	0.25
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	16.8	28	28.5	30	26.2	3.80
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	25.2	30	30.4	32	29.3	0.75
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	35.7	36	36.1	38	36.0	0.00
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	10.5	16	17.1	18	15.3	1.21
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	24.2	24	30.4	32	25.1	1.09
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA- NEUMATICA	180	189.0	209	228.0	240	208.8	42.25
70	INSTALACION DRIVE	28	29.4	33	45.6	48	34.5	7.29
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	50.4	58	64.6	68	57.8	5.60
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	25.2	32	34.2	36	31.2	2.25
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	31.5	32	34.2	36	32.3	0.20
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	210.0	228	235.6	248	226.3	18.20
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	25.2	35	34.2	36	33.2	2.25
76	COMISIONAMIENTO	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.00

Tabla N° 20. Tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT

Al resolver la malla, se tiene:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>Uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3.6	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.6	3.6	3.6	26.2	26.2	0.0	0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.1	26.2	279.1	30.3	283.2	252.9	0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.2	26.2	287.8	29.4	291.0	261.6	0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.6	29.4	291.0	33.0	294.6	261.6	0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	26.2	32.5	29.2	35.6	6.4	0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.4	29.2	35.6	31.6	38.0	6.4	0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.6	31.6	49.8	35.2	53.4	18.2	0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.1	35.2	53.4	43.3	61.5	18.2	0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	7.1	26.2	198.9	33.2	206.0	172.8	0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.9	33.2	206.0	42.1	214.9	172.8	0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.6	42.1	214.9	47.7	220.5	172.8	0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.3	26.2	53.2	34.5	61.5	27.0	0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.6	47.7	220.5	53.2	226.0	172.8	0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	31.6	38.0	36.6	43.0	6.4	0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.8	36.6	43.0	40.4	46.8	6.4	0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	40.4	46.8	43.5	49.8	6.4	0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.5	43.5	288.7	44.9	290.1	245.2	0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.5	44.9	290.1	46.4	291.6	245.2	0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	46.4	291.6	49.4	294.6	245.2	0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2.5	43.5	49.8	45.9	52.3	6.4	0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.6	45.9	52.3	54.5	60.9	6.4	0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.8	54.5	60.9	67.3	73.7	6.4	0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.1	30.3	283.2	36.4	289.4	252.9	0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.6	36.4	289.4	39.1	292.0	252.9	0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.6	39.1	292.0	41.7	294.6	252.9	0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	26.2	241.4	36.1	251.4	215.2	0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	39.9	36.1	254.7	76.0	294.6	218.6	0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	27.9	26.2	145.4	54.1	173.3	119.2	0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.1	54.1	173.3	59.2	178.4	119.2	0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	15.9	59.2	178.4	75.1	194.3	119.2	0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.5	47.7	286.1	56.1	294.6	238.5	0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.1	43.3	61.5	55.5	73.7	18.2	0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.6	67.3	73.7	90.9	97.2	6.4	0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.1	90.9	97.2	97.0	103.4	6.4	0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.2	97.0	103.4	116.3	122.6	6.4	0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.2	116.3	122.6	134.5	140.8	6.4	0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.6	134.5	140.8	142.1	148.5	6.4	0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.2	142.1	148.5	160.3	166.7	6.4	0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.6	160.3	166.7	183.9	190.3	6.4	0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42.3	26.2	76.6	68.4	118.9	50.5	0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	25.6	36.1	251.4	61.8	277.0	215.2	0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	26.2	157.3	74.0	205.1	131.2	0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17.6	68.4	277.0	86.0	294.6	208.6	0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.8	26.2	277.8	43.0	294.6	251.6	0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90.2	26.2	204.4	116.3	294.6	178.2	0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	29.1	59.2	233.6	88.3	262.7	174.4	0
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	88.3	284.6	98.3	294.6	196.3	0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	31.9	88.3	262.7	120.2	294.6	174.4	0

Tabla N° 21. Resultados del tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>Uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64.3	75.1	194.3	139.4	258.6	119.2	0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	108.1	26.2	141.9	134.2	250.0	115.8	0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28.0	26.2	234.3	54.1	262.3	208.2	0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.2	74.0	205.1	132.2	263.4	131.2	0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44.6	134.2	250.0	178.8	294.6	115.8	0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68.6	53.2	226.0	121.8	294.6	172.8	0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	53.9	55.5	64.9	109.4	118.9	9.5	0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	104.4	109.4	118.9	213.8	223.3	9.5	0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32.4	213.8	223.3	246.2	255.7	9.5	0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38.9	246.2	255.7	285.1	294.6	9.5	0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16.3	183.9	190.3	200.2	206.6	6.4	0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40.0	200.2	244.7	240.2	284.6	44.5	0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.3	200.2	206.6	217.5	223.8	6.4	0
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10.0	240.2	284.6	250.1	294.6	44.5	0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.2	217.5	223.8	243.7	250.1	6.4	0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.3	243.7	250.1	273.0	279.3	6.4	0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36.0	139.4	258.6	175.4	294.6	119.2	0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15.3	273.0	279.3	288.2	294.6	6.4	0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.1	26.2	26.2	51.3	51.3	0.0	0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	208.8	51.3	51.3	260.1	260.1	0.0	0
70	INSTALACION DRIVE	34.5	260.1	260.1	294.6	294.6	0.0	0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57.8	26.2	204.5	84.0	262.3	178.3	0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31.2	132.2	263.4	163.4	294.6	131.2	0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.3	84.0	262.3	116.3	294.6	178.3	0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	226.3	26.2	35.1	252.4	261.4	8.9	0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33.2	252.4	261.4	285.7	294.6	8.9	0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	294.6	294.6	294.6	294.6	0.0	0

Tabla N° 21. **Resultados del tercer rango de sensibilidad 5% de datos del PERT**

A continuación resultados obtenidos con rango de sensibilidad 0%, 1%, 3% y 5%:

<b>% Variación</b>	<b><math>\sigma^2</math> Promedio</b>	<b>Duración total (hrs)</b>	<b><math>\Sigma te</math></b>
0%	4.5	295.4	10.7
1%	4.0	295.3	10.0
3%	2.9	294.9	8.6
5%	2.0	294.6	7.2

Tabla N° 22. **Resultados del análisis de sensibilidad 1%, 3%, 5% datos PERT**

## 5.2.4 Rango de sensibilidad 10% en los datos del PERT

Id	Nombre	to	+10%	tm	-10%	tp	te	$\sigma^2$
1	DETENCION DE MAQUINA	2.5	2.8	3.5	4.5	5	3.5	0.09
2	REFUERZOS EN LOSA	20	22.0	22	25.2	28	22.5	0.28
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	3	3.3	4	5.4	6	4.1	0.12
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	2.5	2.8	3	4.5	5	3.2	0.09
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	2.5	2.8	3.5	4.5	5	3.5	0.09
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	2.5	2.8	3	3.6	4	3.1	0.02
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	1.5	1.7	2.5	2.7	3	2.4	0.03
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	2.5	2.8	3.5	4.5	5	3.5	0.09
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	7	7.7	8	9.0	10	8.1	0.05
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	5.5	6.1	7	8.1	9	7.0	0.12
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	7.5	8.3	9	9.0	10	8.9	0.02
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	4.5	5.0	5.5	6.3	7	5.5	0.05
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	7	7.7	8.5	8.1	9	8.3	0.00
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	4.5	5.0	5.5	6.3	7	5.5	0.05
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	4	4.4	5	5.4	6	5.0	0.03
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	2.8	3.1	3.5	5.4	6	3.7	0.15
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	2.5	2.8	3	3.6	4	3.1	0.02
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	0.8	0.9	1.5	1.8	2	1.4	0.02
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	0.8	0.9	1.5	1.8	2	1.4	0.02
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	2	2.2	3	3.6	4	3.0	0.05
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	1.8	2.0	2.5	2.7	3	2.4	0.01
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	7.5	8.3	8.5	9.0	10	8.5	0.02
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11	12.1	13	12.6	14	12.8	0.01
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	5	5.5	6	7.2	8	6.1	0.08
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	1.8	2.0	2.5	3.6	4	2.6	0.07
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	1.8	2.0	2.5	3.6	4	2.6	0.07
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	9	9.9	10	9.9	11	10.0	0.00
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32	35.2	40	43.2	48	39.7	1.78
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22	24.2	28	30.6	34	27.8	1.14
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	4	4.4	5	6.3	7	5.1	0.10
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	10	11.0	17	16.2	18	15.9	0.75
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	7	7.7	8	10.8	12	8.4	0.27
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11	12.1	12	12.6	14	12.1	0.01
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18	19.8	24	25.2	28	23.5	0.81
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	5	5.5	6	7.2	8	6.1	0.08
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12	13.2	20	21.6	24	19.1	1.96
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	8	8.8	20	19.8	22	18.1	3.36
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	4	4.4	8	9.0	10	7.6	0.59
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	8	8.8	20	19.8	22	18.1	3.36
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18	19.8	24	25.2	28	23.5	0.81
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36	39.6	43	41.4	46	42.2	0.09
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22	24.2	26	25.2	28	25.6	0.03
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	45	49.5	48	45.0	50	47.8	0.56
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14	15.4	18	18.0	20	17.6	0.19
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15	16.5	17	16.2	18	16.8	0.00
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72	79.2	95	81.0	90	90.0	0.09
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23	25.3	30	28.8	32	29.0	0.34

Tabla N° 23. Cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT

Id	Nombre	to	+10%	tm	-10%	tp	te	$\sigma^2$
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	9	9.9	10	9.9	11	10.0	0.00
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28	30.8	32	32.4	36	31.9	0.07
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	60	66.0	65	59.4	66	64.2	1.21
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90	99.0	110	108.0	120	107.8	2.25
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26	28.6	28	27.0	30	27.9	0.07
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	48	52.8	60	55.8	62	58.1	0.25
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36	39.6	46	43.2	48	44.5	0.36
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	60	66.0	70	64.8	72	68.5	0.04
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50	55.0	54	52.2	58	53.9	0.22
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88	96.8	105	108.0	120	104.1	3.48
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23	25.3	34	32.4	36	32.3	1.40
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36	39.6	38	41.4	46	38.8	0.09
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14	15.4	17	14.4	16	16.3	0.03
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38	41.8	40	37.8	42	39.9	0.44
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	12	13.2	18	18.0	20	17.2	0.64
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	8	8.8	10	10.8	12	9.9	0.11
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16	17.6	28	27.0	30	26.1	2.45
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24	26.4	30	28.8	32	29.2	0.16
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34	37.4	36	34.2	38	35.9	0.28
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10	11.0	16	16.2	18	15.2	0.75
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23	25.3	24	28.8	32	25.0	0.34
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180	198.0	209	216.0	240	208.3	9.00
70	INSTALACION DRIVE	28	30.8	33	43.2	48	34.3	4.27
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	48	52.8	58	61.2	68	57.7	1.96
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24	26.4	32	32.4	36	31.1	1.00
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30	33.0	32	32.4	36	32.2	0.01
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200	220.0	228	223.2	248	225.9	0.28
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	24	26.4	35	32.4	36	33.1	1.00
76	COMISIONAMIENTO	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.00

Tabla N° 23. Cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT

Al resolver la malla, se tiene:

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dur. (hrs)</b>	<b>pfi</b>	<b>ufi</b>	<b>pft</b>	<b>Uft</b>	<b>HT</b>	<b>HL</b>
1	DETENCION DE MAQUINA	3.5	0.0	0.0	3.5	3.5	0.0	0
2	REFUERZOS EN LOSA	22.5	3.5	3.5	26.1	26.1	0.0	0
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	4.1	26.1	278.3	30.2	282.4	252.3	0
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	3.2	26.1	287.0	29.3	290.2	260.9	0
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	3.5	29.3	290.2	32.8	293.8	260.9	0
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	3.1	26.1	32.7	29.1	35.8	6.7	0
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	2.4	29.1	35.8	31.5	38.2	6.7	0
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	3.5	31.5	50.0	35.1	53.5	18.4	0
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	8.1	35.1	53.5	43.2	61.6	18.4	0
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	7.0	26.1	198.3	33.1	205.3	172.2	0
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	8.9	33.1	205.3	42.0	214.2	172.2	0
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	5.5	42.0	214.2	47.5	219.8	172.2	0
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	8.3	26.1	53.3	34.4	61.6	27.3	0
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	5.5	47.5	219.8	53.1	225.3	172.2	0
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	5.0	31.5	38.2	36.5	43.2	6.7	0
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	3.7	36.5	43.2	40.2	46.9	6.7	0
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	3.1	40.2	46.9	43.3	50.0	6.7	0
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	1.4	43.3	287.9	44.7	289.3	244.6	0
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	1.4	44.7	289.3	46.2	290.8	244.6	0
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	3.0	46.2	290.8	49.2	293.8	244.6	0
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	2.4	43.3	50.0	45.7	52.4	6.7	0
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	8.5	45.7	52.4	54.3	61.0	6.7	0
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12.8	54.3	61.0	67.1	73.7	6.7	0
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	6.1	30.2	282.4	36.3	288.6	252.3	0
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	2.6	36.3	288.6	38.9	291.2	252.3	0
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	2.6	38.9	291.2	41.5	293.8	252.3	0
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10.0	26.1	240.7	36.0	250.6	214.6	0
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	39.7	36.0	254.0	75.8	293.8	218.0	0
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	27.8	26.1	144.8	53.9	172.6	118.7	0
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	5.1	53.9	172.6	59.0	177.7	118.7	0
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	15.9	59.0	177.7	74.9	193.6	118.7	0
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	8.4	47.5	285.3	55.9	293.8	237.8	0
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12.1	43.2	61.6	55.3	73.7	18.4	0
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23.5	67.1	73.7	90.6	97.2	6.7	0
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	6.1	90.6	97.2	96.7	103.4	6.7	0
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19.1	96.7	103.4	115.8	122.5	6.7	0
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	18.1	115.8	122.5	133.9	140.6	6.7	0
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	7.6	133.9	140.6	141.5	148.2	6.7	0
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	18.1	141.5	148.2	159.6	166.3	6.7	0
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23.5	159.6	166.3	183.1	189.8	6.7	0
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42.2	26.1	76.3	68.2	118.5	50.3	0
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	25.6	36.0	250.6	61.6	276.2	214.6	0
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	47.8	26.1	156.8	73.8	204.5	130.7	0
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17.6	68.2	276.2	85.8	293.8	208.0	0
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16.8	26.1	277.0	42.9	293.8	250.9	0
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90.0	26.1	203.7	116.1	293.8	177.7	0
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	29.0	59.0	232.9	88.0	261.9	173.9	0
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	10.0	88.0	283.8	98.0	293.8	195.8	0
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	31.9	88.0	261.9	119.9	293.8	173.9	0

Tabla N° 24. Resultados del cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT

Id	Nombre	Dur. (hrs)	pfi	ufi	pft	Uft	HT	HL
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64.2	74.9	193.6	139.1	257.8	118.7	0
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	107.8	26.1	141.5	133.9	249.3	115.4	0
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	27.9	26.1	233.6	54.0	261.5	207.5	0
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58.1	73.8	204.5	131.9	262.6	130.7	0
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44.5	133.9	249.3	178.4	293.8	115.4	0
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68.5	53.1	225.3	121.5	293.8	172.2	0
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	53.9	55.3	64.6	109.2	118.5	9.3	0
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	104.1	109.2	118.5	213.3	222.6	9.3	0
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32.3	213.3	222.6	245.6	254.9	9.3	0
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38.8	245.6	254.9	284.4	293.8	9.3	0
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16.3	183.1	189.8	199.4	206.1	6.7	0
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	39.9	199.4	243.9	239.3	283.8	44.5	0
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17.2	199.4	206.1	216.6	223.3	6.7	0
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	9.9	239.3	283.8	249.3	293.8	44.5	0
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26.1	216.6	223.3	242.7	249.4	6.7	0
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	29.2	242.7	249.4	271.9	278.6	6.7	0
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	35.9	139.1	257.8	175.0	293.8	118.7	0
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15.2	271.9	278.6	287.1	293.8	6.7	0
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25.0	26.1	26.1	51.1	51.1	0.0	0
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	208.3	51.1	51.1	259.4	259.4	0.0	0
70	INSTALACION DRIVE	34.3	259.4	259.4	293.8	293.8	0.0	0
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	57.7	26.1	203.9	83.7	261.5	177.8	0
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31.1	131.9	262.6	163.1	293.8	130.7	0
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32.2	83.7	261.5	116.0	293.8	177.8	0
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	225.9	26.1	34.8	251.9	260.6	8.7	0
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33.1	251.9	260.6	285.1	293.8	8.7	0
76	COMISIONAMIENTO	0.0	293.8	293.8	293.8	293.8	0.0	0

Tabla N° 24. Resultados del cuarto rango de sensibilidad 10% de datos del PERT

A continuación resultados obtenidos con rango de sensibilidad 0%, 1%, 3%, 5% y 10%:

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	Duración total (hrs)	$\Sigma te$
0%	4.5	295.4	10.7
1%	4.0	295.3	10.0
3%	2.9	294.9	8.6
5%	2.0	294.6	7.2
10%	0.7	293.8	3.7

Tabla N° 25. Resultados análisis de sensibilidad 1%, 3%, 5% y 10% datos PERT

Finalmente, en cuanto a la probabilidad de terminar el proyecto en los siguientes lapsos se tiene:

Probabilidad terminar en el tiempo estimado por método CPM 287 días

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	te (hrs) PERT	$\Sigma te$	Plazo (hrs) CPM	Z	P(plazo) %
0%	4.5	295.4	10.7	287	-0.79	21.5
1%	4.0	295.3	10	287	-0.83	20.3
3%	2.9	294.9	8.6	287	-0.92	17.9
5%	2.0	294.6	7.2	287	-1.06	14.5
10%	0.7	293.8	3.7	287	-1.84	3.3

Tabla N° 26. **Resultados Sensibilización de PERT y probabilidades de culminación en el plazo establecido por el método CPM de 287 días**

Probabilidad de terminar en un tiempo estimado de 300 días (tiempo real en que se ejecutó el proyecto):

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	te (hrs) PERT	$\Sigma te$	Plazo (hrs) REAL	Z	P(plazo) %
0%	4.5	295.4	10.7	300	0.43	66.6
1%	4.0	295.3	10	300	0.47	68.1
3%	2.9	294.9	8.6	300	0.59	72.2
5%	2.0	294.6	7.2	300	0.75	77.3
10%	0.7	293.8	3.7	300	1.68	95.4

Tabla N° 27. **Resultados Sensibilización de PERT y probabilidades de culminación en el plazo real de 300 días**

## CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Capítulo VI. Análisis de Resultados

### 6.1 Comparación de los métodos CPM, PERT, PERT-CPM.

En general se puede presentar un cuadro resumen con la duración y las diferencias entre los resultados obtenidos por cada uno de los métodos y el tiempo real conseguido en el montaje:

	Duración del Proyecto (hrs)	REAL(hrs)	PERT(hrs)	PERT-CPM (hrs)	CPM(hrs)
REAL	300	-	4.6	12.2	13
PERT	295.4	-4.6	-	7.6	8.4
PERT-CPM	287.8	-12.2	-7.6	-	0.8
CPM	287	-13	-8.4	-0.8	-

Tabla N° 28. **Diferencia de días entre los métodos aplicados y tiempo real de ejecución**

El plazo promedio para este tipo de proyectos, según especialistas en montajes en la industria papelera se estima cercano a 12 días (288 horas). El tiempo total obtenido en el método PERT-CPM y el método CPM desarrollado independiente, son tiempos que se acercan mucho al tiempo estimado por los especialistas en proyectos. Sin embargo, el tiempo real del proyecto fue superior a estos tiempos estimados. El método que se aproxima más es el método PERT, con un tiempo de 295.4 horas, una diferencia de 4.6 horas con respecto al tiempo real. En este caso, la variable incertidumbre que acompañó la rutina de montaje y que se hace particularmente difícil de contemplar en el método

CPM, fue la variable que contribuyó para que el método PERT mostrara la mayor aproximación al resultado obtenido en el tiempo de ejecución del proyecto.

En el análisis de sensibilidad aplicado al método PERT, usando como datos de entrada en el tiempo más probable los tiempos del método CPM, se obtuvo como resultado un tiempo de duración del proyecto de 287.8 horas. Este resultado en comparación con 295.4 horas estimadas por el método PERT, contempla que proyecto se ejecutará 7.6 horas (2.5%) más temprano, teniendo una tendencia al acercarse al resultado arrojado por el método CPM de 287 horas. Esta tendencia es marcada, ya que en la obtención del tiempo estimado, el tiempo más probable puede indicarse como un valor predominante con un 66.66% de participación en el resultado, en comparación del 33.33% de contribución del tiempo optimista y tiempo pesimista. En el caso de estudio la ruta crítica sensibilizada, los valores de tiempos más probables del método CPM tienden a ser parecidos al escenario de tiempo optimista contemplado en el método PERT. ¿Qué se puede concluir de esto? Se puede concluir que los datos de entrada en el método CPM, obtenidos de forma determinística, por la revisión de proyectos similares en otras plantas, estimación de trabajos haciendo uso de rendimientos promedios en tareas reales ejecutadas en otras empresas (fuera y dentro del país) e información determinada de experiencias de personas especialistas en proyectos de montaje de sección de formación de máquinas crescent former (asesores externos a la empresa), consideran que la ejecución puede ser concluida en un plazo optimista en comparación, a los datos de entrada utilizados en el método PERT, obtenidos de forma probabilística, por sondeo de opiniones de personal no especialista en este tipo de montaje, que participan en este proyecto por parte de la empresa donde se instalará la maquinaria, desarrollando trabajos de ingeniería, planificación de tareas según especialidad (civil, mecánica y eléctrica), manejo de personal contratista y actividades relacionadas directamente con trabajos de montaje similares dentro de la empresa.

Cabe señalar que los profesionales que generaron la información probabilística utilizada en el método PERT, estaban involucrados en el proceso de montaje, tal es el caso del Supervisor de Proyectos Mecánicos PAVECA Ing. Oscar Vivas; el Superintendente de Proyectos área Eléctrica PAVECA Ing. José Ramos; el Gerente de Planificación PAVECA Ing. Wilson Vivas del Departamento de Mantenimiento y el Agente Regional en Ingeniería y Proyectos de VOITH Ing. Ricardo Martín. Estas personas fueron seleccionadas para suministrar las estimaciones de tiempo, con el propósito de minimizar la dispersión de los datos de entrada, que se originarían con personas encuestadas que tuvieran falta de conocimientos de cómo se ejecutarán las tareas y de las dificultades que pueden en ocurrir en dicha ejecución.

En el siguiente gráfico se establecen las duraciones obtenidas por estimación, en los diferentes análisis de sensibilización de variables y métodos analíticos de planificación y control de proyectos, así como también la duración real obtenida en el montaje de sección formación máquina papelera crescent former N° 5.

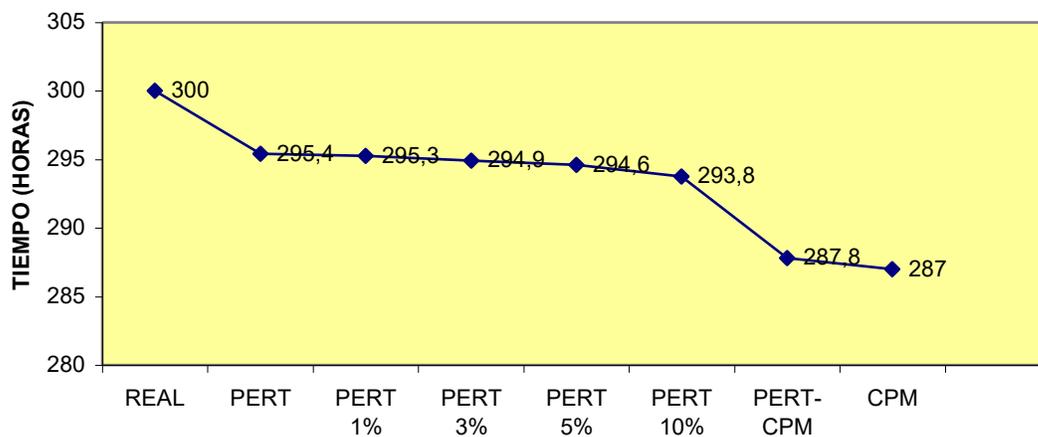


Figura N° 157. **Comparación de las duraciones estimadas a partir de los análisis y el tiempo real de ejecución del proyecto.**

Se puede apreciar que el método PERT, es el método que se aproxima más al tiempo real de duración del proyecto. Este método resulta ser el más adecuado para la estimación del tiempo probable de ejecución de proyectos de instalaciones de secciones o montajes parciales de maquinarias papeleras, como es el caso del montaje de la sección de formación crescent former de la máquina papeleras N° 5 en Papeles Venezolanos C.A., ya que dentro de su análisis el método PERT se caracteriza por considerar el factor incertidumbre, que puede influir enormemente en la determinación del tiempo de ejecución de proyectos, que siendo montajes parciales tienen que contemplar conexión de partes de equipos a instalar (por lo general nuevos) y equipos instalados (existentes), adaptación de partes mecánicas y eléctricas, entre otras actividades que en muchos casos requieren la revisión detallada en el sitio e involucran esperar el momento más apropiado (como es el caso de la operación de las máquinas papeleras), una parada o detención total de toda la instalación, para tener acceso a revisar como son las condiciones de piezas existentes y tomar la decisión de reposición, modificación o permanencia, para las nuevas condiciones y tiempo de prueba hasta la siguiente parada, todo esto aporta incertidumbre para la planificación anticipada y posterior estimación del tiempo de ejecución del trabajo.

Del análisis de sensibilidad del método PERT se puede concluir lo siguiente:

- Al ampliar y disminuir los tiempos de montaje optimista y pesimista, efectivamente se logra disminuir la dispersión de los datos y por ende la desviación estándar. Por lo tanto, el cálculo de la probabilidad de que los trabajos se completen en un tiempo de ejecución determinado, a medida que la desviación estándar de las variables de entrada es menor, la probabilidad de que el evento ocurra se hace mayor.

% Variación	$\sigma^2$ Promedio	te (hrs) PERT	$\sigma_{te}$	Plazo (hrs) CPM	Z	P(287hr) %	Plazo (hrs) REAL	Z	P(300hr) %
0%	4.5	295.4	10.7	287	-0.79	21.5%	300	0.43	66.6%
1%	4.0	295.3	10	287	-0.83	20.3%	300	0.47	68.1%
3%	2.9	294.9	8.6	287	-0.92	17.9%	300	0.59	72.2%
5%	2.0	294.6	7.2	287	-1.06	14.5%	300	0.75	77.3%
10%	0.7	293.8	3.7	287	-1.84	3.3%	300	1.68	95.4%

**Tabla N° 29. Probabilidad de término del proyecto en tiempo 287 días y tiempo 300 días, ante cambios en la dispersión 0%, 1%, 3%, 5%, 10% (sensibilización de variables)**

Se puede observar en la tabla como al aumentar el porcentaje de variación de los tiempos optimistas y pesimistas en un 0%, 1%, 3%, 5% y 10%, tal cual como se procedió en el capítulo anterior, la posibilidad de que el proyecto se ejecute en un plazo menor a 300 horas se hace mayor, mientras la posibilidad de que el proyecto se ejecute en un plazo menor a 287 horas se hace menor.

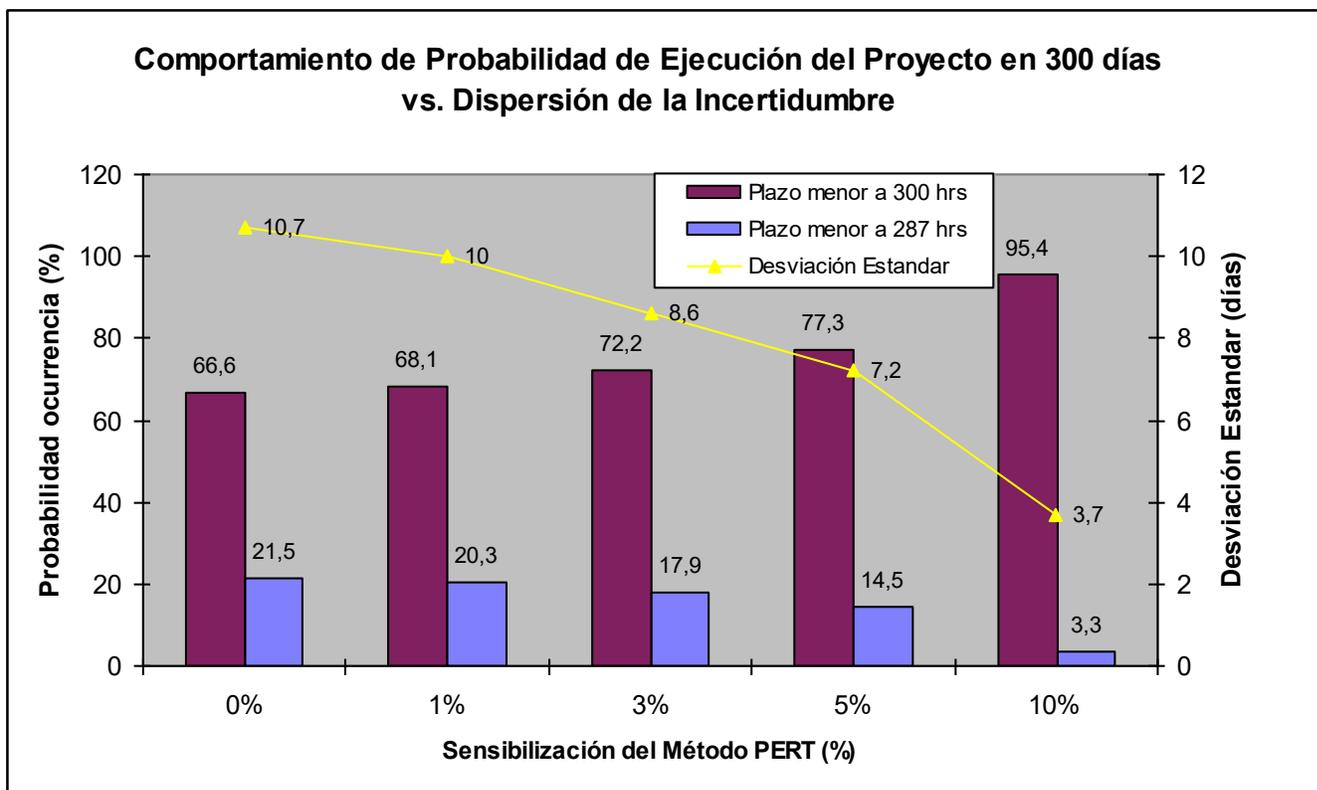


Figura N° 158. Probabilidad de ejecución del proyecto obtenida a través del Método PERT, dependiendo de la sensibilización de los tiempos: optimista y pesimista (incertidumbre)

Este aumento en la probabilidad, simplemente se debe a que los datos fueron optimizados al disminuir la dispersión. Es decir, mientras menos variabilidad de los datos o menos dispersión, el resultado de la proyección será más segura de poder alcanzar, y por lo tanto para la proyección de alcanzar la meta de terminar el proyecto antes de 300 horas en comparación con las 295.4 hrs se hace mayor. En el caso de la proyección de alcanzar la meta de terminar el proyecto en menos de 287 hrs ocurre lo contrario, porque al disminuir la dispersión se hace menos probable que sea posible terminar el proyecto en menos de 287 horas y la probabilidad se hace menor.

- A medida que los valores del tiempo optimista y tiempo pesimista se acercan al tiempo más probable, disminuye la dispersión de los datos, y el resultado tiende acercarse al resultado que se obtendría al emplear el método CPM. Esto indican que existe muy poca incertidumbre

en la apreciación de la variabilidad del tiempo de ejecución que se supone puede ocurrir por parte del personal de planificación.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

## Capítulo VII. Conclusiones

### 7.1. Comentarios

La aplicación de técnicas analíticas de planeación como el Método de Ruta Crítica (CPM) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT) fueron fundamentales para el éxito del proyecto, consiguiendo con ambas una aproximación a los tiempos reales de ejecución, aunque una sola de ellas predijo correctamente la ruta crítica.

Esta planeación detallada permitió programar y controlar un Gantt general de actividades, donde el manejo de recursos materiales, humanos y herramientas fue bien combinado bajo las planificaciones hechas. El haber identificado correctamente las actividades principales, secuencias de ejecución y estimaciones de tiempos acertadas por personas conocedoras, son importantes para la confiabilidad de los resultados.

Con el desarrollo del método CPM la duración total del proyecto de 287 horas, tuvo una diferencia de -13 horas (4,3 %) en comparación al tiempo real de ejecución de 300 horas, sin haber podido determinar la ruta crítica; la combinación de la metodología PERT-CPM obtuvo una duración estimada de 287,8 horas, tuvo una diferencia de -12,2 horas (4,0 %) con determinación de la ruta crítica; y la técnica PERT predijo una duración de 295,4 horas, tuvo una diferencia de -4,6 horas (1,5 %) con determinación de la ruta crítica. Esta cercanía al resultado real y la determinación de las actividades críticas en que se tenía que poner más control, nos conducen a afirmar que la Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT) es la técnica de planeación más apropiada para proyectos de Reforma de una Máquina Papelera.

Es importante resaltar que esta técnica brindará mayor confiabilidad, a medida que las estimaciones de los tiempos estén en manos de personas con suficiente experiencia y conocimientos de las condiciones como se ejecutarán los trabajos (herramientas, materiales, características climáticas y experticia del personal involucrado, entre otras variables) para plantear posibles escenarios optimistas y pesimistas, introduciendo así la incertidumbre que viene a ser un factor importante a tener en cuenta en la planeación de proyectos de carácter único y no se cuenta con condiciones de repetitibilidad favorable a métodos determinísticos y donde las situaciones esperadas puedan estar afectada por incertidumbres de diversas índoles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, W. (2000). *Redes y PERT / CPM Método del camino crítico*. [Documento en línea:] Disponible: <http://www.monografias.com> [Consulta: 2012: Noviembre 15]

Alvarado, E. (2003). *Análisis de la instalación y operación de los Equipos del Sistema Automatizado de las Estaciones de bombeo del Oleoducto Transecuatoriano*. Trabajo de grado de Especialización no publicado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

Arias, F (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología*. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.

Britt, K (1965). *Handbook of Pulp and Paper Technology*. Reinhold Publishing Corporation, Second Printing. New York, EE.UU.

Companys, R. (1983). *Planificación de Proyectos; Métodos PERT, Roy, CPM y Derivados*. Tercera Edición, México, Editorial Limusa – Wiley S.A.

Gutiérrez, M. (2009). *Rediseño de procesos del sistema de planificación y control de la Producción de la industria de ingeniería-bajo-pedido basado en las Tecnologías de la Información*. Trabajo de grado de Doctorado no publicado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid.

Historia del Papel. [Papelnet.cl](http://www.papelnet.cl) [en internet] .

[http://www.papelnet.cl/papel/historia\\_papel.htm](http://www.papelnet.cl/papel/historia_papel.htm)

Kerlinger, F (2002). *Investigación del Comportamiento*. Métodos de Investigación. Editorial McGraw-Hill. México.

Lewis, J (2004). *Las Claves de la Gestión de Proyectos*. Editorial Gestión 2000. Barcelona, España.

Montaño, A (1972). *Iniciación al Método del Camino Crítico*. Editorial Trillas, S.A. México. D.F. México.

Moskowitz, H, y Gordon, W (1982). *Investigación de Operaciones*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México.

Parella, S, y Martins, F. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. FEDEUPEL.

Peña, R. (2000). *Gestión de proyectos*. [Documento en línea:] Disponible: <http://www.monografias.com> [Consulta: 2012: Noviembre 25].

García, S. (2001). *Introducción a la fabricación de pulpa y papel*. Maracay: Asociación Venezolana de Técnicos en Celulosa y Papel (AVTCP).

Pomares, J (1987). *Planificación Gráfica de Obras*. Quinta Edición, Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.

Pujado, J. (2004). *Montaje Industrial: De la mano del crecimiento del país*. Revista Técnica de la Construcción. Marzo de 2004, pp 6-12.

Rivas, I (1995). *Técnicas de documentación de Investigación I*. Universidad Nacional Abierta. Caracas, Venezuela.

Rubio, M. (1992). *Una aproximación a la economía de la construcción*. La Habana: Centro de Materiales de la Construcción.

Santana, G (2002). *Introducción a la Programación y Control de Obras de Construcción*. Editorial del Norte. La Serena, Chile.

Smith, B (1982). *Pulp and Paper Manufacture Volume 7: Paper Machine Operations*. 3ra Edición. TAPPI. Montreal, Canada.

Taha, H (1989). *Una Introducción a la Investigación de Operaciones*. Ediciones Alfaomega, S.A. México. D.F. México.

Troya, P (1996). *Análisis de las modificaciones planteadas para el cierre de los circuitos de agua en la máquina papelera N°2 en MANPA Molino*. Informe de Pasantías no publicado, Instituto Universitario de Tecnología Antonio José de Sucre. Maracay.

Wagner, G. (1989). *Los Sistemas de Planificación CPM y PERT Aplicados a la Construcción*. Segunda Edición. Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

## ANEXOS

**ANEXO A.  
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS  
DE TIEMPOS ESTIMADOS OPTIMISTAS, MAS  
PROBABLES Y PESIMISTA PARA LAS ACTIVIDADES  
PRINCIPALES DEL PROYECTO DE REFORMA DE  
MÁQUINA PAPELERA**

ANEXO A-1.  
ENTREVISTADO: ING. WILSON VIVAS.  
GERENTE DE PLANIFICACIÓN.  
DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.

ANEXO A-2.  
ENTREVISTADO: ING. OSCAR VIVAS.  
SUPERINTENDENTE PROYECTOS MECÁNICOS.  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.

ANEXO A-3.  
ENTREVISTADO: ING. JOSÉ RAMOS.  
SUPERINTENDENTE PROYECTOS ELÉCTRICOS.  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.

ANEXO A-4.  
ENTREVISTADO: ING. RICARDO MARTÍN.  
REPRESENTANTE REGIONAL.  
INGENIERÍA Y PROYECTOS.  
VOITH PAPER COMPANY.

ANEXO B.  
TABLA DISTRIBUCIÓN NORMAL.

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0010	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0014	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0020	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0027	.0026	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0037	.0036	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9980	.9981	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

**ANEXO A-1.  
ENTREVISTADO: ING. WILSON VIVAS.  
GERENTE DE PLANIFICACIÓN.  
DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.**

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: WILSON VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	02			
2	REFUERZOS EN LOSA	24			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	02		X	
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	02			X
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	02		X	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	02	X		
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	01		X	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	02			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	06			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	05		X	
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	07		X	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	04		X	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	06			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	04			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	04			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	02	X		
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	02		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	00			X
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	00			X
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	02			
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	01			X
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	07		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	10			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	05		X	
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	02			
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	01			X
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	08		X	
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	32			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	22			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	04			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	09			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	06			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	13			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	05		X	
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	08			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	03			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	08			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	34			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	22			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	44			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	12			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	14			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: <u>WILSON VIVAS</u> . Fecha: <u>19/01/2009</u>		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	70			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	23			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	11			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	67			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	96			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	24			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	46			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	38			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	62			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	50			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	90			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	23			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	12			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	11			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	07		X	
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	14			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	36			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	12			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	20			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180			
70	INSTALACION DRIVE	26			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	58			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	28			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	18			
76	COMISIONAMIENTO				

ING. Wilson Vivas  
Gerente de Planificación de Mantenimiento  
Depto de Planificación de Mantenimiento

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas			Duración		
Entrevistado: WILSON VIVAS . Fecha: 19/01/2009			Unidad (horas)	Fracción (min)	
Id	Nombre		15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	03			
2	REFUERZOS EN LOSA	26			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	03			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	03			
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	03		X	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	02		X	
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	02		X	X
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	03			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	07			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	07			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	08		X	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	05		X	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	07		X	
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	05			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	04		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	03			
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	02		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01		X	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01		X	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	02		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02			X
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	08		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	06			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	02			X
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	02			
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	09			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	38			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	28			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	04		X	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	17			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	07			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	14			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	25			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	06			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	21			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	16			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	07			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	16			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	25			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	37			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	48			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	17			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	17			

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Guicas		Duración			
Entrevistado: WILSON VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	Unidad (horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	80			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	30			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	11		X	
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	32			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	65			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	114			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	46			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	70			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	54			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	107			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	34			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	40			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	42			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	09			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	30			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	38			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	17			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	21			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	209			
70	INSTALACION DRIVE	29			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	65			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUÍMICOS PM5	33			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	228			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	27			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papeira**

Entrevistador: Hobmer Cuicas Entrevistado: <u>WILSON VIVAS</u> . Fecha: <u>19/01/2009</u>		Duración			
		Unidad (horas)	Fracción (min)		
Id	Nombre		15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	04		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	32			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	06			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	05			
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	04		X	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	03		X	
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	03			
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	04			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	09			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	09			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	09			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	06		X	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	08			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	07			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	05		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	05			
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	03		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	02			
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	02			
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	03		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	03			
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	09		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	13			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	08			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	04			
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	03		X	
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	46			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	32			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	06			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	18			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	12			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	16			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	29			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	08			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	25			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	78			
38	PREALINEACION Y NIVELACION PLANCHA BASE	09			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACION Y NIVELACION	18			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	29			
41	PERFORACION EN LOSAS Y TANQUES	40			
42	CONSTRUCCION BASE CANTILEVERS	26			
43	CONSTRUCCION AREA QUIMICOS	50			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	18			
45	MONTAJE TUBERIA QUIMICOS	18			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: WILSON VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	87			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	32			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	12			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	36			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	66			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	130			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	60			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	48			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	72			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	58			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	130			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	36			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	46			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	15			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	44			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	20			
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	11			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	38			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	32			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	39			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	20			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	29			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	240			
70	INSTALACION DRIVE	44			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	74			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	34			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	36			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	248			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	28			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**ANEXO A-2.  
ENTREVISTADO: ING. OSCAR VIVAS.  
SUPERINTENDENTE PROYECTOS MECÁNICOS.  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.**

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	02			
2	REFUERZOS EN LOSA	18			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	02			X
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	02			
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	02			X
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	03			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	01			X
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	02			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	06			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	05		X	
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	06			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	09			X
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	07			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	09			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	09		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	02		X	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	02		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	00		X	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	00		X	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	01		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02			
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	06			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	10			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	09			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	01			X
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	02			
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	08			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	24			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	18			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	09		X	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	11			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	06			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	20			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	09			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	10			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	07			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	09			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	07			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	20			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	32			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	18			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	36			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	14			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	14			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	72			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	18			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	08			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	26			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	56			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	80			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	24			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	44			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	36			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	56			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	40			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	82			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	18			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	36			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	14			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	38			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	11			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	07			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	14			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	30			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	10			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXION ELECTRICA-NEUMATICA	190			
70	INSTALACION DRIVE	30			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	44			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	22			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	150			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	28			
76	COMISIONAMIENTO				

Ing. Oscar Vivas  
 Sptte. Proyectos Mecánicos  
 Dpto. Ingeniería Paveca.

**Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Duración			
		Unidad (horas)	Fracción (min)		
Id	Nombre		15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	03			
2	REFUERZOS EN LOSA	20			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	03		X	
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	03		X	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	03		XX	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	03		XX	
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	02			X
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	03			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	07			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	07			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	07		XX	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	05		XXX	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	08		XX	
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	05			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	06			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	03	X		
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	03		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01	XX		
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01	XX		
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	03		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02			X
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	07			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	12			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	06			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	02			XX
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	02			XX
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	09			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	34			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	23			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	06			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	19			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	07			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	12			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	25			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	06			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	19			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	20			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	07			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	20			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	25			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	41			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	23			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	38			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	18			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15			

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	91			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	25			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	08		X	
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	30			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	61			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	104			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	56			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	48			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	66			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	44			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	99			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	30			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	40			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17			
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	09			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	30			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	32			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	18			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	26			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	229			
70	INSTALACION DRIVE	37			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	51			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	30			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	176			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	39			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Duración			
		Unidad (horas)	Fracción (min)		
Id	Nombre		15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	04			
2	REFUERZOS EN LOSA	26			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	05			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	05			
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	04		X	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	04		X	
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	03			
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	04		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	09			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	09			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	09			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	06		X	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	09			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	07			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	07			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	05		X	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	04		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01		X	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01		X	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	04		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	03			
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	09			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	13			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	08			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	04			
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	04			
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	39			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	32			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	08			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	20			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	10			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	14			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	29			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	08			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	23			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	22			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	09			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	22			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	29			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	44			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	26			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	40			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	20			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: OSCAR VIVAS . Fecha: 19/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	Unidad (horas)	Fracción (min)		
			15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	98			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	28			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	09			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	36			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	62			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	110			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	58			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	50			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	48			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	110			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	32			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	48			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	17			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	42			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	18			
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	11			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	28			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	32			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	35			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	20			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	34			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	260			
70	INSTALACION DRIVE	52			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	62			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	38			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	36			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	198			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	40			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**ANEXO A-3.  
ENTREVISTADO: ING. JOSÉ RAMOS.  
SUPERINTENDENTE PROYECTOS ELÉCTRICOS.  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA.  
PAPELES VENEZOLANOS S.A.**

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: JOSE RAMOS . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(hcras)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	03		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	16			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	04	X		
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	03			
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	02			X
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	02			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	01	X		
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	02		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	09			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGÁ FRONTAL	05			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	08		X	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	04			X
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	09			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	05			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	03		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	02			X
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	02		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01			
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01			
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	02		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	01			X
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	08		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	13			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	06			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	01			X
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	01			X
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10		X	
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	38			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	29			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	03		X	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	09			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	09			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	10			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	16			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	06			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	14			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	09			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	05			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	09			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	16			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	42			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	52			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	18			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	14			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: José Ramos . Fecha: 20/01/09		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	76			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	26			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	08			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	30			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	58			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	90			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	30			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	50			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	38			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	58			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	58			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	88			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	26			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	38			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	17			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	32			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	11			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	09		X	
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	26			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	28			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	40			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	09			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	22			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	180			
70	INSTALACION DRIVE	26			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	36			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	22			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	29			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	200			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	26			
76	COMISIONAMIENTO				

*Juan A*

SUPERINTENDENTE DE PROYECTOS

AREA ELECTRICA.

DPTO. DE INGENIERIA - PAVECH

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: JOSÉ RAMOS . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	04		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	18			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	05			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	03		XX	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	03		XX	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	03			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	02			
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	03		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	10			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	06		XX	
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	10		XX	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	05		XX	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	10		XX	
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	06			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	05			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	03		X	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	03			
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01			XX
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01			XX
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	03			
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02			
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	09		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	15			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	07			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	02			
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	02			X
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	12			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	46			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	31			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	05			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	15			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	10			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	07			
36	EJECUCIÓN NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	23			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	20			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	10			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	20			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	53			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	30			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	54			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	22			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	15			

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: JOSE RAMOS . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	90			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	34			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	09			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	35			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	63			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	109			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	32			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	66			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	49			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	68			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	60			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	105			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	37			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	40			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	19			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	34			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	17			
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	12			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	32			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	36			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	42			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	15			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	23			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	209			
70	INSTALACION DRIVE	33			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	47			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	31			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	30			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	239			
75	PRUEBAS ELÉCTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	33			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: JOSE RAMOS . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	06			
2	REFUERZOS EN LOSA	23			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	07			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	05		X	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	06			
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	04			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	02		X	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	05		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	12			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	08			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	12			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	08			
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	07			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	06			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	06		X	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	04			
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	02		X	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	02		X	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	04		X	
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02		X	
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	11			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	16			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	09			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	03		X	
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	04			
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	13			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	33			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	38			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	08			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	16			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	14			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	13			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	27			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	09			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	27			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	22			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	12			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	22			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	27			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	32			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	56			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	24			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	16			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: JOSÉ RAMOS . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	95			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	36			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	70			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	40			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	120			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	34			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	68			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	50			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	70			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	64			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	120			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	40			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	48			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	20			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	36			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	18			
63	MONTAJE Y ACOPLE RODILLO FORMADOR	14			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	34			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	38			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	44			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	16			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	31			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	240			
70	INSTALACION DRIVE	48			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	58			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	32			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	34			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	258			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	34			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**ANEXO A-4.  
ENTREVISTADO: ING. RICARDO MARTÍN.  
REPRESENTANTE REGIONAL.  
INGENIERÍA Y PROYECTOS.  
VOITH PAPER COMPANY.**

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	02		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	22			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	02		X	
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	02	X		
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	02			
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	02			X
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	01		X	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	03		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	07			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	06			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	08			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	04			
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	06			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	05			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	04			
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	03		X	
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	02		X	
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	00			X
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	00			X
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	02			
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	01		X	
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	08			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	11			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	01		X	
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	01		X	
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	01		X	
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	09			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	34			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	24			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	04			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	11			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	07			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	10			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	18			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	04		X	
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	12			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	08			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	04			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	08			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	18			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	36			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	24			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	48			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	12			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	18			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Optimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	70			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	25			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	09			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	28			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	64			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	94			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	26			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	52			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	32			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	64			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	52			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	97			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	25			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	32			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	13			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	42			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	15			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	08			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	16			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	20			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	30			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	09			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	25			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	170			
70	INSTALACION DRIVE	30			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	54			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	24			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	32			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	250			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	30			
76	COMISIONAMIENTO				

  
 UOITH PAPER  
 AGENTE REGIONAL  
 INGENIERIA y Proyectos  
 RICARDO E. MARTINS

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	03		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	24			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	04		X	
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	02		X	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	03		X	
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	03			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	02		X	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	04		X	
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	08			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	07		X	
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	09		X	
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	05		X	
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	07		X	
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PECHO	06			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	04		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	04	X		
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	03			
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	01		X	
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	01		X	
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	03			
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	02		X	
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	09			
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	13			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	05			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	02		X	
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	02		X	
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	10			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	42			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	30			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	04		X	
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	17			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	08			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	11			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	23			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	05			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	17			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	24			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	08			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	24			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	23			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	41			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	27			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	52			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	15			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	21			

Instrumento de Recolección de Datos: Tiempos más Probable de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	99			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	31			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	11			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	31			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	71			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	113			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	28			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	60			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	41			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	76			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	58			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	109			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	35			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	34			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	15			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	44			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	21			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	10			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	28			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	24			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	32			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	14			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	26			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	189			
70	INSTALACION DRIVE	33			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	69			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	34			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	34			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	269			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	41			
76	COMISIONAMIENTO	0			

**Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados  
para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera**

Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
1	DETENCION DE MAQUINA	05		X	
2	REFUERZOS EN LOSA	31			
3	DESMONTAJE SISTEMA DE QUIMICOS	06			
4	DESMONTAJE PASILLO Y ESCALERA TRANSVERSAL	04		X	
5	DESMONTAJE RODILLO PECHO	05			
6	DESMONTAJE TUBO CONO DISTRIBUIDOR	04			
7	DESMONTAJE TUBERÍA DE APROXIMACIÓN	03		X	
8	DESMONTAJE SISTEMA LEVANTAMIENTO RODILLO PECHO	06			
9	DEMOLICION DE MURO SILO AGUA BLANCA	10			
10	DESMONTAJE PARTE SUPERIOR VIGA FRONTAL	10			
11	DESMONTAJE PARTE INTERMEDIA CAJA FORMACION	10			
12	DESMONTAJE PARTE INFERIOR CAJA FORMACION	07			
13	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	08			
14	DESMONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO PÉCHO	07			
15	DESMONTAJE ELEMENTOS DESAGUADORES	05		X	
16	DESMONTAJE DE RODILLO GUIA	07			
17	DESMONTAJE DE REGADERAS	04			
18	DESMONTAJE RODILLO TENSOR	02			
19	DESMONTAJE RODILLO REGULADOR	02			
20	DESMONTAJE MECANISMO TENSOR TELA	04			
21	DESMONTAJE BANDEJA RECOLECCION AGUA BLANCA	03		X	
22	DESMONTAJE VIGAS LONGITUDINALES	10		X	
23	DESMONTAJE VIGAS CANTILEVER	14			
24	DESMONTAJE DE RODILLOS FIELTRO	07			
25	DESMONTAJE DE BANDEJAS RECOLECTORAS	04		X	
26	DESMONTAJE SOPORTES FIELTRO	04		X	
27	DESMONTAJE DUCTO COLECTOR AGUA	11			
28	DESMONTAJE TUBERIAS PERIFERICAS	52			
29	DESMONTAJE TUBERIA BAJA PRESION	34			
30	DESMONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	06			
31	DESMONTAJE TUBERIAS INTERFERENCIAS	18			
32	DEMOLICION BASE CAJA FORMACION	12			
33	DEMOLICION ACCIONAMIENTO RODILLO COUCH	13			
34	RETIRAR PLACAS FUNDACION EXISTENTES	27			
35	MONTAJE DE PLANCHA BASE	07			
36	EJECUCION NUEVOS AGUJEROS VIGA HORMIGON	21			
37	AJUSTE DE LOS PERNOS DE ANCLAJE	26			
38	PREALINEACION Y NIVELACIÓN PLANCHA BASE	10			
39	COLOCACION DE RIELES, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN	26			
40	ENCOFRADO Y VACIADO DE GROUT	27			
41	PERFORACIÓN EN LOSAS Y TANQUES	44			
42	CONSTRUCCIÓN BASE CANTILEVERS	28			
43	CONSTRUCCIÓN AREA QUÍMICOS	54			
44	ACABADOS EN TANQUES Y LOSAS	18			
45	MONTAJE TUBERÍA QUÍMICOS	22			

Instrumento de Recolección de Datos de: Tiempos Pesimistas de ejecución estimados para las Actividades principales del Proyecto de Reforma de Máquina Papelera					
Entrevistador: Hobmer Cuicas		Duración			
Entrevistado: RICARDO MARTIN . Fecha: 20/01/2009		Unidad	Fracción (min)		
Id	Nombre	(horas)	15	30	45
46	MONTAJE TUBERIA CANALON CON VALVULAS	100			
47	MONTAJE TUBERIA DUCHAS	32			
48	MONTAJE TUBERIA ALTA PRESION	13			
49	MONTAJE TUBERIAS PERIFERICOS	32			
50	MONTAJE TUBERIA APROXIMACION Y RECIRCULACION	72			
51	INSTALACION SISTEMA PASE HOJA	120			
52	ACTUALIZACION BOMBAS CIRCUITOS AGUA	30			
53	INSTALACION SISTEMA QUÍMICOS	62			
54	MODIFICACIONES SISTEMAS PERIFERICOS	44			
55	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO FORMADOR	78			
56	MONTAJE ACCIONAMIENTO RODILLO GUIA	62			
57	MONTAJE CANALON AGUA BLANCA	120			
58	MONTAJE CICLON AGUA BLANCA	36			
59	MONTAJE DE RODILLOS SECCION FIELTRO	42			
60	MONTAJE MONOBLOQUE ESTRUCTURAL Y VIGAS CANTILEVER	16			
61	MONTAJE DE RODILLOS SECCION TELA	46			
62	MONTAJE VIGAS CANTILEVER	24			
63	MONTAJE Y ACOPLA RODILLO FORMADOR	12			
64	MONTAJE CANTILEVER Y VIGAS LONGITUDINALES FIELTRO	30			
65	MONTAJE CAJA FORMACION Y PASILLOS	26			
66	MONTAJE AJUSTE REGADERAS	34			
67	MONTAJE TUBERIA FINAL CAJA ALIMENTACION	16			
68	DESMONTAJE Y DESCONEXION DE EQUIPOS	34			
69	INSTALACION, CABLEADO Y CONEXIÓN ELECTRICA-NEUMATICA	220			
70	INSTALACION DRIVE	48			
71	INSTALACION SISTEMA PASE DE HOJA	78			
72	INSTALACION ELÉCTRICA QUIMICOS PM5	40			
73	CABLEADO CAMBIO DE MOTOR 855-275	38			
74	ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL PM5	288			
75	PRUEBAS ELECTRICAS-INSTRUMENTACIÓN	42			
76	COMISIONAMIENTO	0			