



SEDE PALMIRA  
 Coordinación de Programa  
 Programa Académico de Ingeniería Industrial

**ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO**

FECHA DE ELABORACIÓN		
DÍA	MES	AÑO
02	07	2013

**JURADO CONFORMADO POR LOS PROFESORES:**  
 GAVIRIA C. JENNY FABIANA Y FLOREZ OMAR JULIÁN

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO:** CUADROS ALVARO JULIO

**ASESOR:**

**EVALUADOR:** GAVIRIA C. JENNY FABIANA Y FLOREZ OMAR JULIÁN

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PARADAS DE PLANTA EN UNA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE.

**ESTUDIANTES:** MARULANDA JACOBO ANGELICA MARIA CÒD 200556500  
 MORENO CEDIEL FREDDY DANIEL CÒD. 200472582

**EVALUACIÓN:**

APROBADO: Regístrese esta calificación (letras) cuatro punto cero nueve (4,09) ≈ 4,1

NO APROBADO: \_\_\_\_\_

APROBADO PERO SUJETO A RECOMENDACIONES: El estudiante debe acoger las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el Director del Trabajo.

Requiere  No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es de: \_\_\_\_\_



Aprobado por: <i>[Signature]</i> DIRECTOR	Aprobado por:  ASESOR
---	-----------------------------

Aprobado por: <i>[Signature]</i> JURADO	Aprobado por: <i>[Signature]</i> JURADO
---	---

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PARADAS DE PLANTA EN UNA  
PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE

ANGÉLICA MARÍA MARULANDA JACOBO  
FREDDY DANIEL MORENO CEDIEL

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PALMIRA  
2013

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PARADAS DE PLANTA EN UNA  
PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE

ANGÉLICA MARÍA MARULANDA JACOBO  
FREDDY DANIEL MORENO CEDIEL

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Industrial

Director  
ING. ALVARO JULIO CUADROS MSc.  
UNIVERSIDAD DEL VALLE

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PALMIRA  
2013

## ABREVIACIONES

- **ISO:** Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).
- **PMI:** Instituto de Administración de Proyectos (Project Management Institute).
- **TOC:** Teoría de restricciones (Top Of Casing).
- **TPM:** Mantenimiento productivo total (total productive maintenance).
- **CT:** Calidad Total.
- **AHP:** Proceso de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process).
- **SAP:** Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de datos.
- **Mnto:** Mantenimiento.
- **EDT:** Estructura de descomposición de trabajo.
- **HSE:** Higiene, seguridad y medio ambiente (health, safety and environment).
- **ICB:** IPMA Competence Baseline (Internacional Project Management Association).

- **OCDE:** Organización de cooperación y desarrollo económico.
- **ACIEM:** Asociación colombiana de ingenieros.
- **QFD:** Despliegue de la función calidad.
- **TPM:** Mantenimiento productivo total.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I – EL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
1. Planteamiento del problema.....	12
1.1. Antecedentes relacionados con el tema y el proyecto de grado....	12
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación.....	18
<b>CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. Bases teóricas de la Gerencia de Proyectos.....	21
2.1.1. Definición de proyecto.....	21
2.1.2. Dirección de Proyectos.....	22
2.2. Bases teóricas de la Gerencia de Mantenimiento.....	26
2.2.1. Tipos de mantenimiento.....	29
Mantenimiento correctivo.....	31
Mantenimiento preventivo.....	32
2.2.2. El plan de mantenimiento.....	33
2.3. Bases teóricas de la Gerencia de Proyectos de paradas de planta.....	34
2.3.1. Paradas de Planta – Mantenimiento Programado.....	35
2.3.2. Objetivos y metas del mantenimiento con parada de planta.....	36
2.4. Estado del arte gestión de proyectos y paradas de planta.....	36

<b><i>CAPÍTULO III. MODELOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE PARADA DE PLANTA.....</i></b>	<b>47</b>
3.1. Comparación de modelos de parada de planta.....	47
3.2. Comparación de metodologías de gestión de proyectos y evaluación del tipo de modelo a seguir.....	52
<b><i>CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL MODELO DE PROPUESTA PARA PARADA DE PLANTA DE LA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE.....</i></b>	<b>57</b>
4.1. Estado actual de la gestión de parada de planta (encuesta).....	57
4.2. Planificación (mediano plazo).....	62
4.3. Programación (corto plazo).....	76
4.4. Gestión logística (pre-parada).....	79
4.5. Ejecución (parada).....	80
4.6. Evaluación final y cierre (post-parada).....	81
4.7. Recomendaciones (lecciones aprendidas).....	82
<b><i>CAPÍTULO V. APLICACIÓN DEL MODELO DE PROPUESTA PARA PARADA DE PLANTA DE LA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE.....</i></b>	<b>83</b>
<b><i>CONCLUSIONES.....</i></b>	<b>117</b>
<b><i>BIBLIOGRAFÍA.....</i></b>	<b>119</b>
<b><i>ANEXOS.....</i></b>	<b>125</b>

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso de producción de Bioetanol.....	13
Ilustración 2. Comportamiento parada de planta año 2009. ....	15
Ilustración 3. Comportamiento parada de planta año 2010.....	15
Ilustración 4. Comportamiento parada de planta año 2011.....	16
Ilustración 5. Integración procesos de gestión. ....	21
Ilustración 6. Áreas de conocimiento en la gestión de proyectos según PMI.....	23
Ilustración 7. Sistema típico de mantenimiento.....	27
Ilustración 8. Evolución de las estrategias de mantenimiento. ....	28
Ilustración 9. Tipos de mantenimiento.....	30
Ilustración 10. Clasificación del mantenimiento.....	30
Ilustración 11. Tipos de estrategias de mantenimiento.....	33
Ilustración 12. GESTIÓN, resultado de lo que más valora la Dirección de la empresa.....	37
Ilustración 13. Modelo parada de planta ISAGEN.....	47
Ilustración 14. Modelo de gestión de parada de planta.....	48
Ilustración 15. Proceso de gestión de parada.....	51
Ilustración 16. Modelo propuesto de gestión de parada de planta.....	57
Ilustración 17. Mapa de riesgo del proyecto.....	67
Ilustración 18. Resultado gestión durante ciclo de vida del proyecto.....	85
Ilustración 19. Resultado estado del proceso de gestión.....	86
Ilustración 20. Resultados finales encuesta estado actual gestión de parada de planta. ....	87
Ilustración 21. Organigrama Parada de Planta de alcohol carburante.....	89
Ilustración 22. EDT parada de planta de alcohol carburante.....	101
Ilustración 23. Presentación de interface de criterios y alternativas.....	104



Ilustración 24. Resultados comparación pareada de criterios.....	103
Ilustración 25. Resultados para selección de alternativas.....	103
Ilustración 26. Presentación del plan de gestión de recursos y necesidades.	107
Ilustración 27. Resultados plan de riesgos para la parada.....	107
Ilustración 28. Resultados del cronograma.....	111
Ilustración 29. Curva S. Comportamiento del proyecto.....	113
Ilustración 30. Comparación pareada frecuencia de fallos vs. Detección de fallos.....	142
Ilustración 31. Comparación pareada alternativas con criterio Frecuencia de fallos.....	142
Ilustración 32. Comparación pareada alternativas con criterio Severidad de Fallos.....	143
Ilustración 33. Comparación pareada alternativas con criterio Severidad de Fallos.....	143
Ilustración 34. Comparación pareada Fermentación vs. Destilación.....	144
Ilustración 35. Resultado comparación pareada.....	144
Ilustración 36. Resultados evaluación criterios frecuencia de fallos.....	145
Ilustración 37. Resultados evaluación criterios detección de fallos.....	145
Ilustración 38. Resultados evaluación criterios severidad de fallos.....	146
Ilustración 39. Resultados evaluación criterios costo de fallos.....	146
Ilustración 40. Cronograma de actividades para la parada de planta.....	148

## TABLAS

Tabla 1. Pérdida de ventas por retraso en arranque de la planta.....	16
Tabla 2. Guía para gestión de proyectos según IPMA.....	26
Tabla 3. Escala fundamental de comparación por pares.....	74
Tabla 4. Resultados finales encuesta estado actual gestión de parada de planta.....	86
Tabla 5. Interacción en la gestión de cambios.....	89
Tabla 6. Proceso general de gestión de cambios.....	90
Tabla 7. Plan de contingencia ante solicitudes de cambio urgentes.....	90
Tabla 8. Matriz definición de los elementos de comunicación de la parada.....	98
Tabla 9. Control de necesidades de adquisiciones primarias.....	98
Tabla 10. Involucrados para análisis AHP.....	102
Tabla 11. Resumen lista de tareas del cronograma.....	106
Tabla 12. Ejemplos Formato listado necesidades de personal para la parada de planta.....	107
Tabla 13. Presupuesto parada de planta.....	109
Tabla 14. Resultados indicadores de gestión de la parada.....	113
Tabla 15. Resultados promedio técnica de valor ganado.....	114
Tabla 16. Plan de gestión de costos.....	126
Tabla 17. Escala para criterio de Frecuencia de Fallos.....	127
Tabla 18. Escala para criterio Detección de Fallos.....	127
Tabla 19. Escala para criterio Severidad de Fallos.....	128
Tabla 20. Escala para criterio Costos de Fallos.....	128
Tabla 21. Indicadores generales parada de planta.....	131
Tabla 22. Indicadores del método del valor ganado.....	133
Tabla 23. Análisis de resultados del método del valor ganado.....	133
Tabla 24. Identificación general de tareas de gestión de parada de planta.....	134

Tabla 25. Conocimiento de áreas y tiempos de parada.....	135
Tabla 26. Información de gestión de recursos.....	136
Tabla 27. Preparación de parada.....	137
Tabla 28. Evaluación de costos.....	138
Tabla 29. Efectividad del mantenimiento actual.....	139
Tabla 30. Listado guía de riesgos.....	141
Tabla 31. Plan de riesgos para la parada planta de alcohol carburante.....	147

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto en el ámbito nacional como mundial, las empresas evolucionan a un ritmo cada vez más veloz gracias a procesos más globalizados, generando la necesidad de adaptarse a las nuevas necesidades del entorno para mantenerse dentro de un cambio constante. Para esto, las empresas están adoptando las estrategias más convenientes para obtener una eficiente producción. Todo ello ha conllevado la sucesiva aparición de nuevos y mejores sistemas de gestión, buscando los mejores resultados de sus sistemas productivos.

De este modo, un sistema productivo debe proporcionar beneficios a través de los resultados esperados (ganancias, productos, servicios), mediante herramientas y procesos de los cuales se espera el cumplimiento efectivo de la función para la cual fueron diseñados o aplicados, alcanzando la máxima disponibilidad y seguridad, al menor costo posible. De esta forma se hace evidente la necesidad de sostener adecuadamente dichos procesos y esto se puede lograr si se toman las acciones de mantenimiento apropiadas. Por esto los procesos de sostenibilidad empresarial han evolucionado paralelamente con un mundo más globalizado y tecnológico.

Centrándose en el caso de las plantas de producción, según John Moubray (2000), el mantenimiento ocupa el segundo lugar o en algunos casos el primero, en costos operativos. Por estos costos elevados, y por lo que significa económicamente una máquina o equipo sin trabajar se han desarrollado nuevas técnicas, métodos o herramientas para minimizar los impactos por averías durante los procesos productivos.

Una de estas técnicas de optimización de la gestión del mantenimiento está enfocada en el problema del control de paradas, en donde se desenvuelve un conjunto de necesidades principales para incrementar la confiabilidad y la normalidad de algún proceso, bajo el concepto de la minimización de interrupciones futuras por averías o paros no programados (Cuatrecasas, 2011).

El proceso gerencial de mantenimiento con paradas de plantas, es un proceso de negocios que consiste en un conjunto definido de eventos y actividades que son practicadas consecuentemente para producir un resultado deseado. El propósito es proporcionar un método gerencial para todos los eventos y actividades de mantenimiento con paradas de plantas, mediante el uso de lineamientos y procedimientos establecidos.

La metodología para administrar el mantenimiento con paradas de plantas, se presenta bajo un modelo de gerencia o estándar de gestión de proyectos. Para ello se emplean herramientas y lineamientos, que conducen a la reducción de costos y el tiempo de ejecución e incrementa el nivel de confiabilidad y la disponibilidad de las instalaciones.

El propósito de este estudio es investigar distintas metodologías para la gestión de proyectos de paradas de plantas y generar un modelo de parada para una planta de alcohol carburante. Teniendo como base que el modelo a desarrollar es de suma importancia para los futuros procesos de paradas de planta en la compañía, y que para este caso de estudio actualmente este proceso no se desarrolla bajo ningún estándar de gestión, en este trabajo de grado se pretende presentar una investigación que presente un enfoque sistemático, que conduzca a prácticas y resultados consistentes para el caso en mención.

## ***CAPÍTULO I – EL PROBLEMA***

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A través de las últimas décadas, la industria moderna se ha visto influenciada por avances en temas como la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, por ende, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento de la misma.

En este sentido, el mantenimiento es un área medular dentro de las industrias ya que está sujeto a mejoras continuas y cambios constantes en la búsqueda de reducir costos y mejorar la productividad, con el fin de obtener una continuidad en los procesos de operaciones y minimizar las pérdidas (humanas, de producción, de insumos, de ventas, etc.) por fallos o averías.

#### **1.1. Antecedentes relacionados con el tema y el proyecto de grado**

La planta de alcohol carburante se dedica a la producción de alcohol carburante (Bioetanol). El proceso básico de producción se realiza por medio de procesos de fermentación por microorganismos y transformaciones químicas, los cuales se describen de manera general en la ilustración 1.

La planta de alcohol carburante es una planta bioquímica con capacidad de producir 250,000 litros de alcohol por día, por lo que está compuesta de una gran cantidad de equipos (bombas, motores, tuberías, válvulas, etc.) que son vitales para el proceso productivo, lo que indica que la disponibilidad de estos es un factor de alta prioridad para la empresa.

## Flow Diagram for Ethyl Alcohol Production

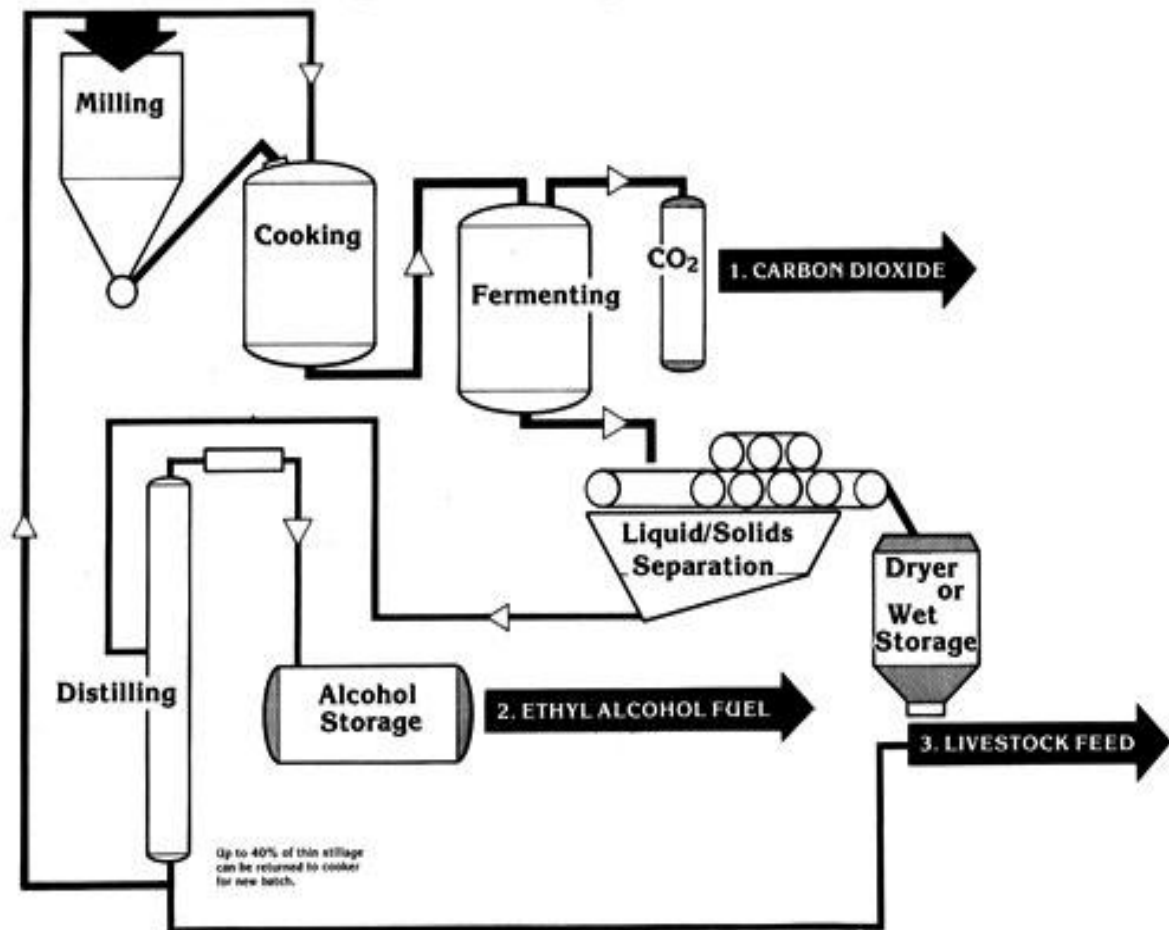


Ilustración 1. Proceso de producción de Bioetanol. Fuente:

<http://www.journeytoforever.org/es/biocombustibles/manual-etanol-madre-tierra/manual-etanol-1.cgi>

Para lograr esto, el mantenimiento es tomado como un factor clave que afecta al funcionamiento de la empresa, por lo que puede concluirse que tiene una relación directa con los resultados de la compañía.

En la planta de alcohol carburante se busca desarrollar y hacer uso de las mejores prácticas de mantenimiento, y requiere implementar un plan integral de trabajo para la gestión de paradas de planta, enfocados en el análisis y cumplimiento de las diferentes etapas de trabajo de cada proyecto de parada de planta, orientado a mantener los estándares en seguridad.

Durante las paradas de planta la empresa se ha encontrado con una serie de inconvenientes relacionados con la planeación y control del mantenimiento programado; lo cual afecta el cumplimiento de sus labores y por consecuencia, incrementa los costos por exceso de días de parada, además de estar retrasando la producción. En consecuencia, se ha detallado que las paradas realizadas en los años anteriores han generado complicaciones relacionadas con demoras en los tiempos programados para el arranque de la planta, generando sobrecostos en la planeación desarrollada para tal proyecto.

Cabe anotar que la planeación de este tipo de actividad se realiza mediante una reunión con el equipo de producción donde se lista las actividades requeridas para mantenimiento, el planeador de mantenimiento las incluye en una hoja electrónica donde registra la duración de actividades, nombre del equipo y responsable de ejecución; esto se realiza por la experiencia de los casos pasados en los que han desarrollado alguna parada de la planta.

Actualmente el departamento de mantenimiento de la planta de alcohol carburante, desarrolla esta actividad soportada en la experiencia y el potencial humano como eje principal para desarrollar esta labor.

De igual manera las necesidades de mantenimiento diario están regidas bajo el sistema SAP, donde se generan los avisos que dan paso a la creación de las órdenes de trabajo de mantenimiento de la planta. Por medio de este sistema, se lleva el control del mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo.

Esto ha conllevado a que, según información suministrada por la empresa, se tengan problemas en relación con la planeación a las paradas anuales de mantenimiento:



- Pérdida, desperdicio o falta de materiales durante paradas.
- Problemas de alistamiento para arranque de planta.
- Mala coordinación de labores con contratistas, lo que genera pérdida de tiempo por espera de inicio de labores de subcontratos de mantenimiento.
- No se cumplen todas las operaciones programadas en la parada.
- Exceso de costos por ejecución versus los costos planeados.
- Problemas de secuenciación de actividades.

Por otro lado, se logró identificar el comportamiento durante el desarrollo de las paradas en los años 2009, 2010, y 2011.

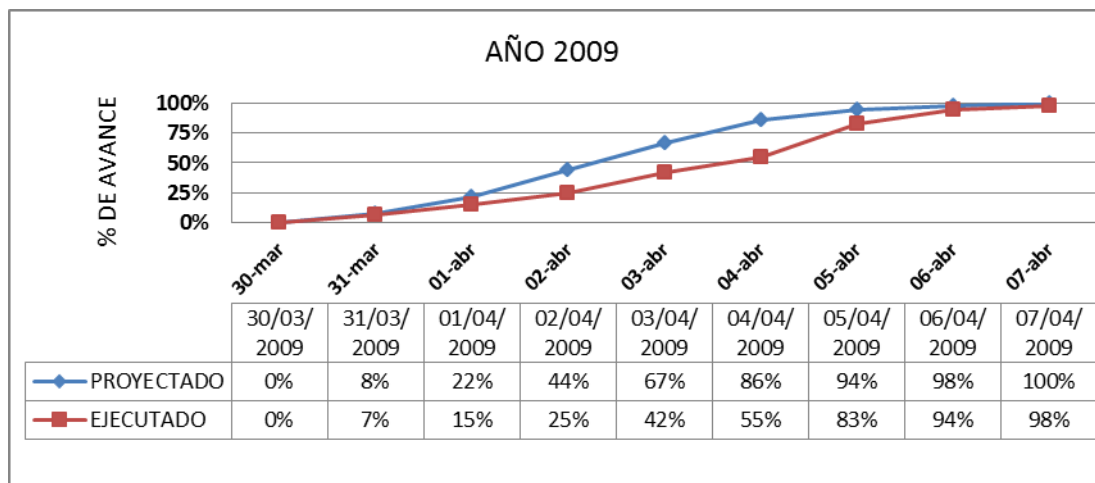


Ilustración 2. Comportamiento parada de planta año 2009. Fuente: Planta de Alcohol Carburante

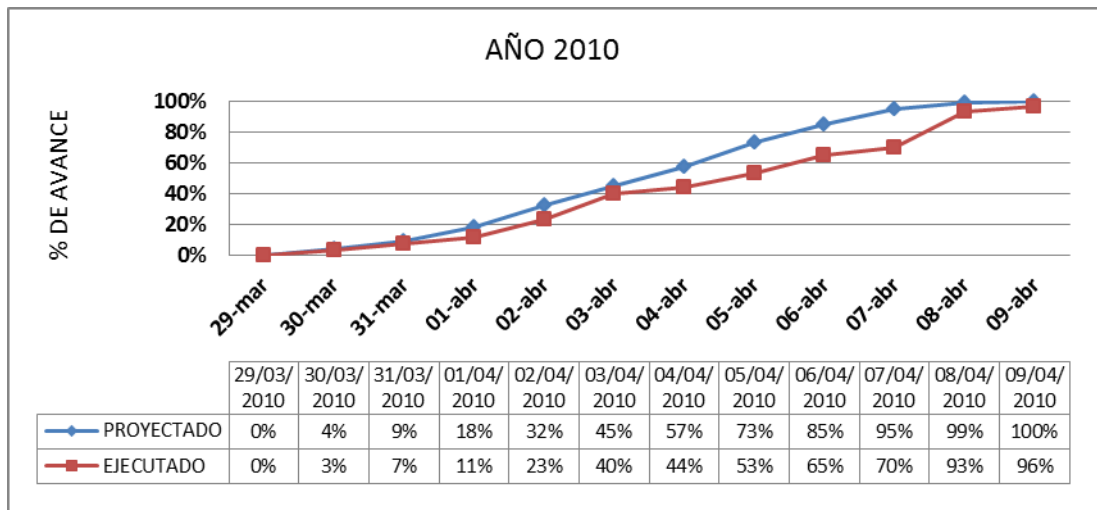


Ilustración 3. Comportamiento parada de planta año 2010. Fuente: Planta de Alcohol Carburante

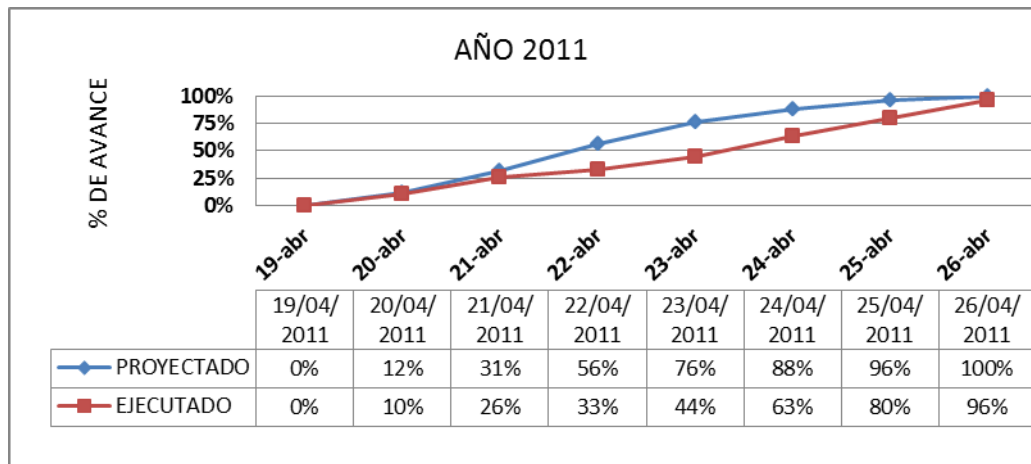


Ilustración 4. Comportamiento parada de planta año 2011. Fuente: Planta de Alcohol Carburante

En las ilustraciones 2, 3 y 4, se puede concluir que comúnmente el tiempo de desarrollo de las actividades proyectadas se alejan de las ejecutadas en el proyecto, por lo que al acercarse la finalización de la parada se inyectan más recursos para intentar alcanzar la meta, haciendo que se incrementen los costos planeados del proyecto. Cabe anotar que el seguimiento registrado en estos gráficos se realizó tomando en cuenta el porcentaje de avance en cuanto a la cantidad de tareas diarias de mantenimiento programado.

Por otro lado, en la tabla 1 se pueden identificar las pérdidas en ventas por las horas de retraso para arranque de la planta, esto en relación a la capacidad promedio de producción de alcohol carburante diario (250,000 litros/día). Hay que aclarar que la planta de alcohol carburante trabaja de manera continua y que la venta del alcohol que se produce está asegurada.

<b>AÑO</b>	<b>HORAS DE RETRASO</b>	<b>PRECIO DE VENTA (pesos/litro)</b>	<b>PÉRDIDA TOTAL DE COSTO OPORTUNIDAD EN VENTA (pesos)</b>
2009	9	1.500	<b>140.625.000</b>
2010	11	1.850	<b>211.979.167</b>
2011	11	2.250	<b>257.812.500</b>

Tabla 1. Pérdida de ventas por retraso en arranque de la planta. Fuente: Planta de Alcohol Carburante (Caso de estudio)

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Elaborar una metodología para la planificación y control de proyectos de paradas para plantas de alcohol carburante.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Definir los factores que afectan las tareas de mantenimiento en una planta de alcohol carburante basado en técnicas usadas para su administración.
- Investigar distintos modelos de gestión de paradas de planta a partir de fuentes secundarias.
- Evaluar el estado actual del procedimiento de planificación de mantenimiento de parada de planta de la planta de alcohol carburante.
- Definir indicadores de gestión de proyecto de paradas de planta.
- Desarrollar una propuesta para la planeación de la parada de planta de la planta de alcohol carburante y la toma de decisiones de este tipo de proyectos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Cualquier sistema organizacional funciona por el desempeño del trabajo en sus operaciones, por lo que las empresas realizan estudios que tratan de optimizar y administrar sus recursos para obtener un bien y/o servicio. Por ello el estado o funcionamiento del trabajo representa la dinámica de la empresa, ya que este representa un factor primordial para aumentar su productividad.

Por esta razón, las organizaciones buscan mantener el buen estado de su infraestructura. Así que, el estudio del mantenimiento es un factor clave para obtener una continuidad del proceso y contribuir al alcance de los objetivos corporativos, creando una oportunidad de mejora y tomándolo como una inversión. Una decisión en este campo puede ser considerada de mayor importancia en la reducción de costos y mejoramiento de productos.

En el caso de las plantas de producción, la creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad han obligado a los fabricantes a adoptar la automatización. Según Duffua (2007), esto ha dado lugar a inversiones muy altas en equipo. Así que, para alcanzar las tasas de rendimiento de la inversión fijada, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en ese estado sin que se den paros de trabajo y/o reparaciones costosas.

En este sentido, para asegurar la confiabilidad de los equipos y por ende la producción, se debe ver la gestión de mantenimiento de forma íntegra. En este caso, una buena gestión de proyecto juega un papel clave en la identificación de esos aspectos, y por medio de modelos y/o estándares establecidos actualmente (guías de proyectos) se puede lograr esto.

De esta manera, en este caso, se presenta la importancia de la gestión del mantenimiento para mejorar los resultados obtenidos durante una parada de planta, siendo este el proyecto más importante desarrollado por la empresa para efectos de mantenimiento general. Así que, una correcta programación y gestión de este tipo de proyectos ejecutados por la empresa, tendrán un impacto positivo en la eficiencia de las actividades de mantenimiento en la parada, además que se generarán estándares para los indicadores de control de proyecto. Realizar un buen control de proyecto de las actividades de mantenimiento que se ejecutan durante la parada, permitirá tener un buen manejo de los costos de mantenimiento y por ende la utilidad no se verá afectada. Por esto, se cuenta con un apoyo de la alta gerencia de la empresa quienes ven los resultados del proyecto como agentes que incrementarán la eficiencia de las actividades de mantenimiento, ya que se podrá integrar las conclusiones del proyecto a otros niveles estratégicos para la planeación.

Por otro lado, tomando en cuenta que el mejoramiento continuo es un factor clave de éxito de cualquier organización y considerando que el mantenimiento es un punto importante y susceptible de mejora, se planteó la posibilidad de implementar los principios de la gerencia de proyectos que han demostrado, ser herramientas eficaces para el logro de objetivos dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad, para contribuir a potenciar las oportunidades que existen en la gestión de mantenimiento cuando se desarrollan esfuerzos, que requieren planificación, ejecución y control, así como la implicación del recurso humano como factor clave de éxito.

En conclusión, este caso de estudio se pretende brindar una base sólida para implementar un modelo de gestión de proyecto para el caso de parada en una planta de alcohol carburante.

## ***CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO***

La continua evolución de las técnicas de gestión del mantenimiento se han presentado en respuesta a las evoluciones tecnológicas, lo que ha permitido tener un mejor conocimiento acerca del comportamiento de los activos físicos o equipos, así como los análisis probabilísticos de modos de fallas que hasta hace unos años eran prácticamente desconocidos, esto según el modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos, Rivas García Eulises David (2006).

Para el caso especial de las plantas que basan su proceso en tecnologías de punta, como compañías petroquímicas (Ilustración 1), la gestión de mantenimiento toma una gran importancia ya que tienen un alto nivel de dependencia de sus equipos, máquinas y procesos, impulsando así el desarrollo de mejores formas de evitar fallas con consecuencias altamente negativas para el negocio y asegurar la confiabilidad de las operaciones, todo esto basado en los fundamentos teóricos más adecuados existentes en la actualidad.

El soporte teórico de este caso de estudio está básicamente fundamentado en los principios de la gerencia de proyectos y la gestión del mantenimiento en paradas de planta. Estos elementos claves servirán para desarrollar el modelo de gestión de paradas de planta en una planta de alcohol carburante. Como se presenta en la ilustración 5, en este proyecto de grado se pretende abordar el estudio desde la evaluación individual de cada rama de gestión (gestión de proyectos y la gestión de mantenimiento), hasta la integración y posterior presentación del modelo de este caso de estudio de parada de planta.

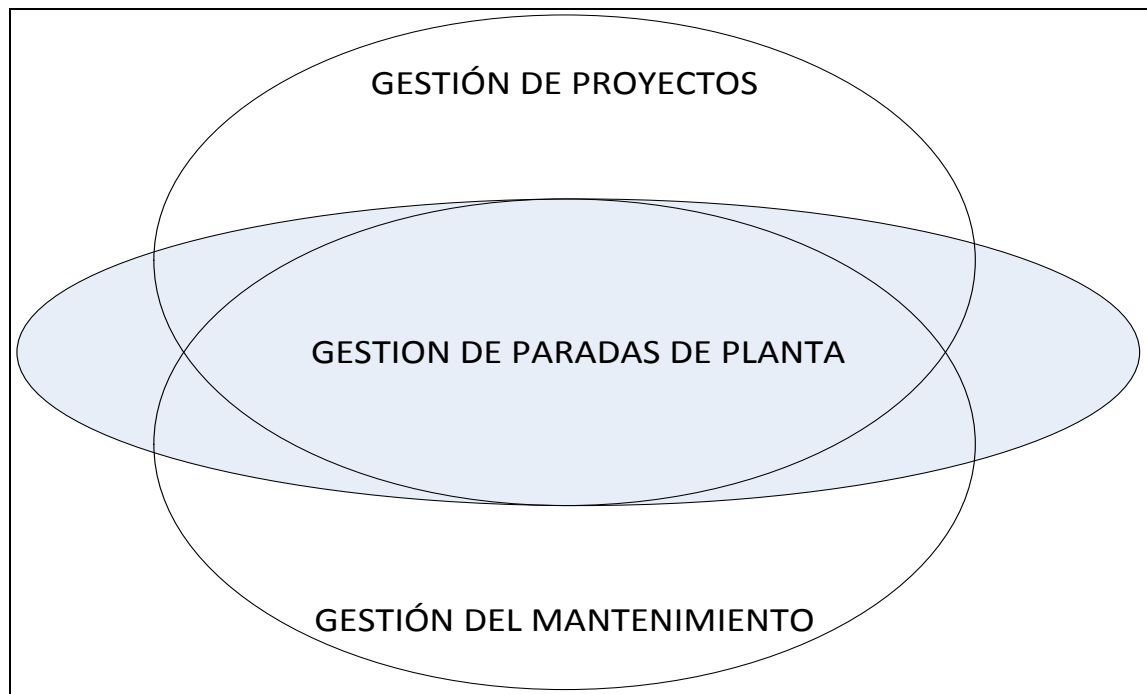


Ilustración 5. Integración procesos de gestión. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, para el desarrollo de este capítulo, es preciso exponer un conjunto de conceptos básicos que caracterizan a estas filosofías de gerencia. En este sentido se presentará la siguiente metodología teórica:

- Fundamentos teóricos de la gerencia de proyectos
- Fundamentos teóricos de la gerencia del mantenimiento
- Fundamentos teóricos de la gerencia de proyectos de paradas de planta
- Estado del arte gestión de proyectos y paradas de planta

## 2.1. Bases teóricas de la gerencia de proyectos

En cuanto al contexto de la gerencia de proyectos, su teoría soporte es basada en todo el desarrollo y crecimiento productivo que han usado las empresas a través del tiempo, mediante la puesta en práctica de un conjunto de herramientas en



todos los ámbitos donde se requiere realizar esfuerzos coordinados y optimizar el uso de recursos para lograr objetivos deseados en un tiempo determinado.

### **2.1.1. Definición de proyecto**

Lo primero que hay que definir es el concepto de “proyecto”, aunque existen muchas definiciones, hay que aclarar que la gran mayoría apuntan al mismo concepto sistémico que ofrece la aplicación de dicha palabra.

Una definición aceptada es dada por el PMI (Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos), en el PMBOK definen un proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto, calidades establecidas previamente y un lapso de tiempo predefinido. De esta forma la actividad de realizar una parada de planta está alineada en el mismo concepto de proyecto dado por el PMI, ya que se realiza en lapso de tiempo limitado bajo unos objetivos deseados, por lo que es posible asociar la guía o PMBOK con las necesidades de este caso de estudio.

### **2.1.2. Dirección de Proyectos**

Según el PMI es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de dirección de proyectos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. El director del proyecto es la persona responsable de alcanzar los objetivos del proyecto.

Por otra parte, es posible describir las fases o ciclo de vida de los proyectos de una forma muy general dividiéndolo en 3 partes:

- a) Fase de arranque (preparación y preliminares).
- b) Fases Intermedias (planeación, programación y ejecución de actividades).
- c) Fase de terminación (cierre y actividades de post-proyecto –mejoras y seguimiento-).

La clasificación anteriormente expuesta queda muy corta para encontrar y definir estrategias para cada tipo de proyectos. Por esto, diferentes autores y organismos han dado una mejor forma al ciclo de proyectos, haciendo especial énfasis en las indicaciones para realizar la planeación de todo el proyecto. Entre los cuales podemos encontrar:

- a. **PMBOK:** Es el estándar de gestión de proyectos del PMI. De esta forma el PMI, (que es una de las principales organizaciones dedicadas a la gestión de proyectos), descompone los componentes de los proyectos en cinco procesos: Inicio, planificación, ejecución, control y cierre. En términos prácticos, el PMI describe estas actividades como esfuerzos continuos donde se llevan a cabo actividades de manera secuencial con y en ocasiones afines entre sí, sirviendo como elemento base el periodo de tiempo dado, permitiendo utilizarlo en función de los recursos disponibles. En la ilustración 6 podemos identificar las fases para definir los procesos de dirección de proyectos según el PMBOK (2008) del PMI.

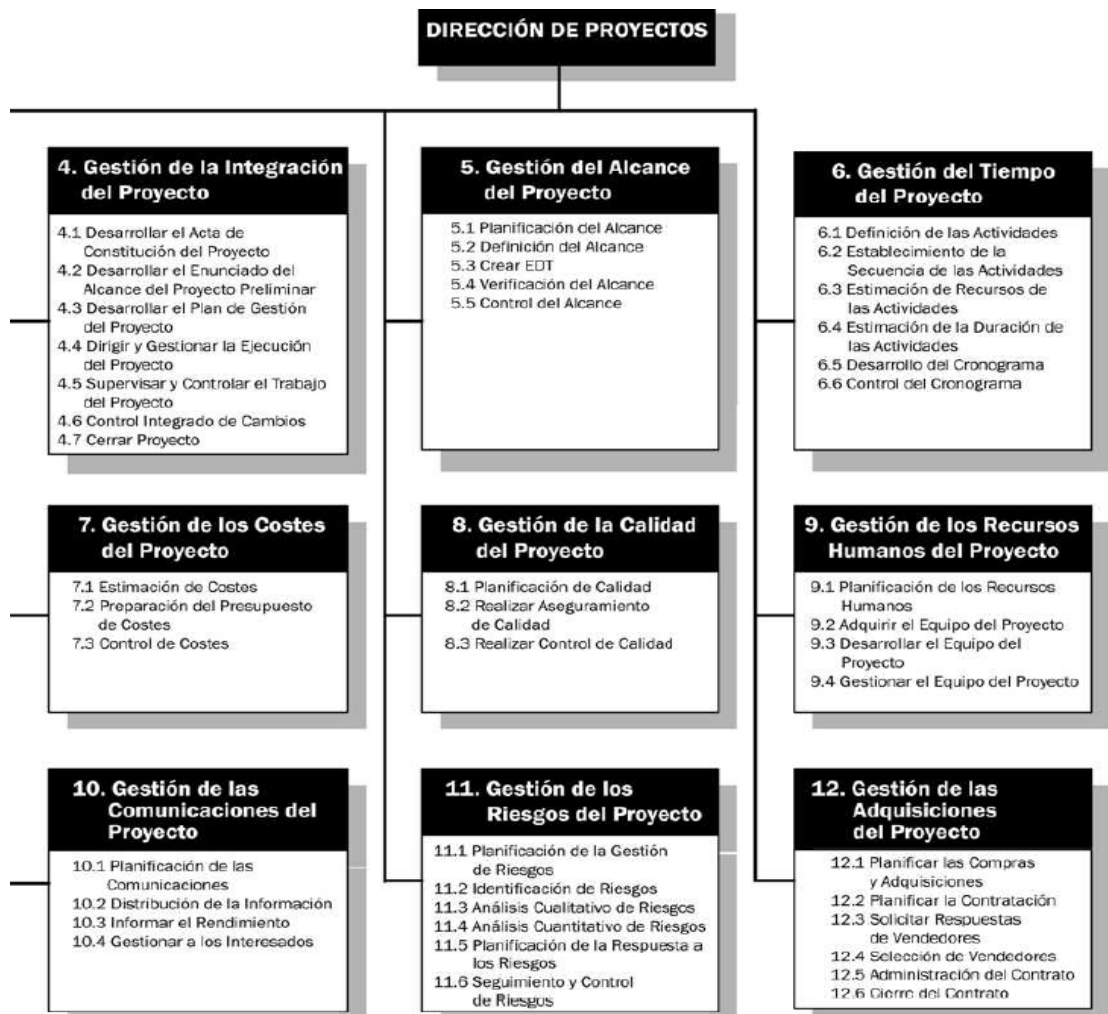


Ilustración 6. Áreas de conocimiento en la gestión de proyectos según PMI. Fuente: PMBOK (2008).

- b. La norma ISO 10006 (ISO 10006:2003):** Define las directrices para la calidad en dirección de proyectos. Fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 176 – Gestión de calidad y aseguramiento de la calidad -, Subcomité SC 2 – Sistemas de Calidad -. ISO 10006 es una norma de calidad que lleva como título: “Gestión de la Calidad – Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos”.

Este estándar se basa en los procesos clave para gestionar un proyecto, que atendiendo a la norma son:

- Proceso estratégico: Sirve para planificar el establecimiento, la implementación y el mantenimiento.
- Procesos relacionados con los recursos: Se realizará la planificación y control de recursos.
- Procesos relativos al personal: Se definirá la estructura organizativa con su asignación de recursos y responsabilidades.
- Procesos relacionados con la interdependencia.
- Procesos relacionados con el alcance.
- Procesos relativos al tiempo.
- Procesos relacionados con el costo.
- Procesos relacionados con la comunicación.
- Procesos relacionados con el riesgo.
- Procesos relacionados con compras.

La norma centra sus esfuerzos en definir los procesos a realizar para garantizar la calidad de los proyectos, pero no define las técnicas a usar en cada caso, dejándolo a voluntad del equipo de proyecto.

**c. ICB (IPMA Competence Baseline):** Por su parte, el ICB es el estándar de IPMA (Internacional Project Management Association) para la competencia en la dirección de proyectos. ICB (IPMA Competence Baseline) es la metodología que se usa en el sistema de certificación de cuatro niveles IPMA. Es un estándar muy útil para los profesionales y los stakeholders. Establece el conocimiento y la experiencia que se espera de los gestores de proyectos, programas y carpetas de proyectos. ICB contiene los términos básicos, tareas, habilidades, funciones, procesos, métodos, técnicas y herramientas que se deben usar, tanto teórica como prácticamente, para una buena gestión de proyectos.

El objetivo fundamental de ICB es estandarizar y reducir las tareas básicas necesarias para completar un proyecto de la forma más efectiva y eficiente. Además, las directrices ICB se usan para certificar y evaluar las capacidades necesarias de los gestores de proyectos de acuerdo con cuatro niveles de certificación.

En cuanto a IPMA, busca mantener una línea guía que se describe en la tabla 2:

<b>Elementos técnicos de competencia</b>	<b>Elementos conductuales competencia</b>	<b>Los elementos contextuales competencia</b>
1.01 Éxito de la gestión del proyecto	2.01 Liderazgo	3.01 Orientación del proyecto
1.02 Las partes interesadas	2.02 Compromiso y motivación	3.02 Programa de orientación
1.03 Requisitos del proyecto y objetivos	2.03 Autocontrol	3.03 Cartera de orientación
1.04 Riesgo y oportunidad	2.04 Asertividad	3.04 Proyectos, programas e implementación de portafolios
1.05 Calidad	2.05 Relajación	3.05 Organización permanente
1.06 Organización del proyecto	2.06 Apertura	3.06 Negocios
1.07 Trabajo en equipo	2.07 Creatividad	3.07 Sistemas, productos y tecnología
1.08 Resolución de problemas	2.08 Orientación hacia los resultados	3.08 Gestión del personal
1.09 Estructuras del proyecto	2.09 Eficiencia	3.09 Salud, seguridad física, seguridad integral y medio ambiente
1.10 Alcance y entregables	2.10 Consulta	3.10 Finanzas
1.11 Hora y fases del proyecto	2.11 Negociación	3.11 Legal
1.12 Recursos	2.12 Conflictos y crisis	
1.13 Costo y financiamiento	2.13 Fiabilidad	
1.14 Adquisiciones y contratos	2.14 Valores apreciación	

1.15 Cambios	2.15 Ética
1.16 Control y reportes	
1.17 Información y documentación	
1.18 Comunicación	
1.19 Puesta en marcha	
1.20 Cierre	

Tabla 2. Guía para gestión de proyectos según IPMA. Fuente: <http://ipma.ch/>

Lo descrito en las bases teóricas permite evidenciar la interrelación entre la gestión de mantenimiento y la gestión de proyectos, dando como resultado su aplicación en proyectos de paradas de planta.

## 2.2. Bases teóricas de la Gerencia de Mantenimiento

El mantenimiento se puede expresar como un sistema, donde existen unas entradas, se realizan ciertos procesos de transformación, y por último se obtiene una salida o un resultado esperado, en este sentido Duffuaa (2007) concentra y resume de una manera completa un sistema típico de mantenimiento (ver ilustración 7).



Ilustración 7. Sistema típico de mantenimiento. Fuente: Duffuaa (2007)

Dounce (1998) define mantenimiento como el objetivo de garantizar la continuidad del servicio dentro de los límites de calidad prefijados que están suministrando los recursos de la empresa.

Según los archivos tomados en el congreso de la OCDE citado por Baldín (1982), se entiende por mantenimiento, a la función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos.

Por otro lado, Torres (2005) lo define como conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la

menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

González (2005), establece que el mantenimiento es asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

Para concluir es aceptable decir que mantenimiento es el conjunto de procedimientos, actividades y medidas que permite mantener o asegurar la continuidad y el funcionamiento óptimo de dispositivos, objetos y sistemas bajo ciertos parámetros establecidos.

A través del tiempo, el mantenimiento en las industrias ha venido evolucionando de acuerdo al avance de la tecnología y las necesidades industriales. En general, Amendola (2006) distingue cuatro generaciones en la evolución del mantenimiento (ver ilustración 8). Cabe resaltar que en la cuarta generación, se da especial énfasis en la necesidad de las mejores prácticas para la gestión de proyectos de mantenimiento.



Ilustración 8. Evolución de las estrategias de mantenimiento. Fuente: Gestión de proyectos de activos industriales.



Según Rabelo (1997), en las últimas décadas a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, aumentan la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, **se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción**, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta la dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo como fundamental en desplazamiento del correctivo.

En cuanto a la gerencia de mantenimiento, Prando (1996) se refiere a la aplicación sistemática de un conjunto de conocimientos, habilidades y herramientas, fundamentadas en la planificación, ejecución y control para lograr el máximo rendimiento y aprovechamiento de los activos de una empresa y contribuir al logro de los objetivos de la misma con el mínimo costo y máxima calidad y seguridad.

De igual manera describe que los tres mayores retos en la gerencia del mantenimiento son:

- Minimizar los costos de adquisición de activos físicos
- Minimizar los costos de mantenimiento de los activos físicos
- Asegurar que los activos físicos continúen rindiendo satisfactoriamente

Para lograr estos retos, se debe concebir la gerencia del mantenimiento en términos de rendimiento para la planta, por lo que asociado a lo descrito por Lindley, R, Keith, M. (2001), las actividades de mantenimiento estén enmarcadas en un contexto bien definido y con una misión determinada dentro de las organizaciones las cuales influyen determinadamente en la productividad de las mismas.

### 2.2.1. Tipos de mantenimiento

Para tener una mayor claridad acerca del mantenimiento de paradas de planta, se presentan a continuación algunas clasificaciones de acuerdo a algunos autores, de los tipos de mantenimiento, se busca tener y delimitar un enfoque específico al tema de paradas que permita diferenciar su adecuada aplicación.

En la ilustración 9, se puede apreciar cuatro tipos de mantenimiento, según Campbell y Jardine (2001) estas técnicas persiguen asegurar la eficacia y la disponibilidad de los activos físicos, bajo ciertas modalidades de gestión, que le dan un enfoque distinto a fin de hacer exitosa la función.

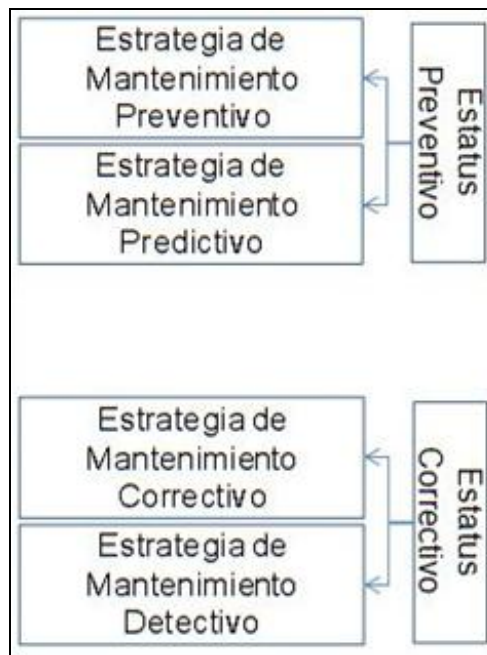


Ilustración 9. Tipos de mantenimiento. Fuente: Campbell y Jardine (2001), elaboración propia.

Torres (2005) en la ilustración 10, presenta una clasificación del mantenimiento de acuerdo a la norma de la Asociación Francesa de Normalización “AFNOR NF X 60-010”.

## Tipos de mantenimiento( Según las normas AFNOR X 60010 Y 60011)



Ilustración 10. Clasificación del mantenimiento. Fuente: Torres (2005)

### Mantenimiento correctivo

Es la actividad humana desarrollada en los bienes físicos de una empresa, cuando, a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada para la que fueron diseñados, debido al mal estado de la maquinaria. En la mayoría de los casos, si se deja que la máquina llegue hasta el punto de avería, pueden resultar necesarias reparaciones largas, costosas y revisiones de mucho tiempo.

Por lo tanto, los trabajos que deben llevarse a cabo tienen por finalidad la recuperación inmediata de la calidad del servicio, es decir, que esta se coloca dentro de las especificaciones esperadas, ya sea que para tal efecto se hagan arreglos provisionales o definitivos.

Este tipo de mantenimiento se subdivide en dos ramas: Correctivo contingente y Correctivo programable

- **Correctivo contingente:** se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y se tiene que actuar de manera emergente y bajo un plan contingente. Tiene por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicios, el personal de mantenimiento debe efectuar trabajos indispensables, evitando hacer otro trabajo adicional, que quite tiempo para volverla a poner en funcionamiento con una adecuada fiabilidad, y por lo tanto al ejecutar estos trabajos se reduzcan las pérdidas.
- **El mantenimiento correctivo programable:** se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o máquinas que están proporcionando un servicio trivial y este, aunque necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas, de esta forma, pueden compaginarse estos trabajos con los programas de mantenimiento o preservación.

### **Mantenimiento preventivo**

Se define como la actividad humana desarrollada en los bienes físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicios que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos. O como describe Torres (2005), el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos. Con esta definición se concluye que toda labor de mantenimiento realizada en los bienes físicos de la fábrica, sin que dejen de ofrecerla calidad de servicio esperada, deben catalogarse como de mantenimiento preventivo.

Este tipo de **mantenimiento siempre es programable**, por lo cual para su realización se traza un plan para determinar las intervenciones sistemáticas de mantenimiento y reparación con el fin de evitar las averías; existen cuatro tipos definidos:

- **Predictivo:** para este tipo de mantenimiento el ingeniero analiza las condiciones del equipo mientras este se encuentra funcionando y busca el intervalo más apropiado para repararlo.
- **Periódico:** Es un procedimiento en cual se brinda atención a los bienes de manera rutinaria, dada una fecha específica en un intervalo de tiempo (mensual, trimestral, anual, etc.)
- **Progresivo:** Este tipo de mantenimiento consiste en atender el recurso por partes, progresando en su atención cada vez que se tiene tiempo ocioso en éste.
- **Técnico.** Es una combinación de los criterios para mantenimiento periódico y progresivo.

Para resumir estos tipos de mantenimiento, se puede verificar que en la ilustración 11, Andreani (2005), propone una clasificación más generalizada de mantenimiento usados en la actualidad.

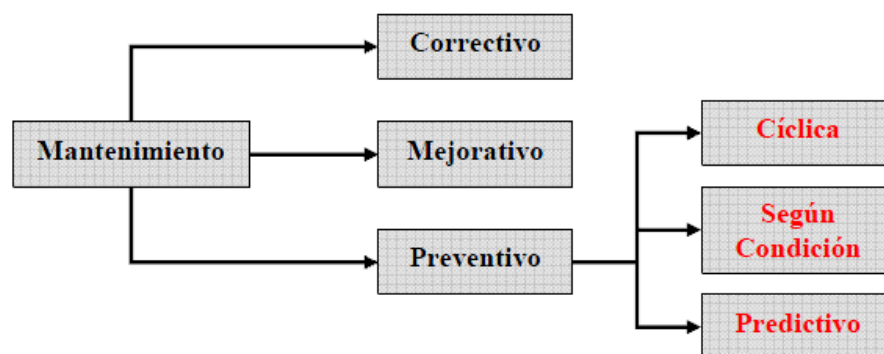


Ilustración 11. Tipos de estrategias de mantenimiento. Fuente: Andreani (2005)

En síntesis, para llevar a cabo de manera ordenada y sistemática alguna de estas acciones o tipologías de mantenimiento, se requiere una visión organizada de negocio, en el que se mantenga una relación entre los recursos, la administración, la planificación y control. Por esto, es necesario incluir el concepto de plan de mantenimiento para paradas de planta ya que es la base fundamental para el logro exitoso de los objetivos propuestos.

### **2.2.2. El plan de mantenimiento**

Para gestionar las estrategias del mantenimiento en parada de planta, las actividades se deben direccionar en un plan predefinido. Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas.

Newbrough (2002), establece que son tres las áreas de planeación para el mantenimiento. La primera abarca la planeación a largo plazo de las necesidades de mantenimiento y se encuentra vinculada con los pronósticos de las ventas y la producción. Del mismo modo, los planes a corto o mediano plazo, que integran la segunda área, comprenden lapsos de aproximadamente un año y se preparan bajo la supervisión directa de los gerentes del departamento de mantenimiento, entre estos se puede incluir: los presupuestos, la mayoría de las reparaciones de importancia y todo el mantenimiento a gran escala. Finalmente, la tercera área comprende planes inmediatos o programados de la función de mantenimiento y viene a ser una planeación específica de trabajo de mantenimiento, esta clase de previsión se elabora por técnicos del grupo de control de mantenimiento.

Por este motivo, la parada de planta se debe concebir enmarcada en un plan de mantenimiento programado, ya que permite controlar de una manera más efectiva

cada una de las actividades necesarias para mantener los activos de la compañía en buenas condiciones.

Tanto la gestión de proyectos como la gestión de mantenimiento están fundamentadas por herramientas, técnicas, conocimientos y mejores prácticas que se llevan a cabo de manera sistematizada en la búsqueda de alcanzar los objetivos de manera exitosa. Por último, para este proyecto de grado es necesario presentar los conceptos asociados a la gestión de paradas de planta.

### **2.3. Bases teóricas de la Gerencia de Proyectos de paradas de planta.**

Según Chris Thomas (1994), la necesidad de parar grupos o unidades de equipos de planta ha sido siempre una característica de la industria de proceso continuo. Esta necesidad seguirá siendo más exigente mientras las regulaciones legales, garantía de calidad y regulaciones de seguridad, continúen imponiendo nuevos procedimientos en los patrones de trabajo. Junto con el avance profesional de tecnología, y ahora operando a un nivel de complejidad que demanda una cultura de mantenimiento. Las paradas de planta hacen parte importante en este proceso de evolución.

#### **2.3.1. Paradas de Planta – Mantenimiento Programado**

El mantenimiento con paro de la planta es un mantenimiento periódico en el que las plantas se paran para permitir inspecciones, reparaciones, reemplazos y reparaciones generales que sólo pueden efectuarse cuando los activos (instalaciones de la planta) se dejan fuera de servicio. Duffua (2007), describe que durante el mantenimiento con paro de la planta, se realizan los siguientes tipos de trabajo:

- Trabajo en equipo que no puede hacerse a menos que se pare toda la planta.
- Trabajo que puede hacerse mientras el equipo está en operación, pero que requiere un periodo de mantenimiento largo y un gran número de personal.
- Trabajo para corregir defectos que se señalaron durante la operación pero que no pudieron ser reparados.

Las paradas de planta se consideran como proceso de mantenimiento programado. En un principio se presentó solo como un concepto del mantenimiento preventivo, con frecuencias predeterminadas y del mantenimiento correctivo, destinado a la modificación o mejoramiento de equipos e instalaciones.

El mantenimiento programado ha venido adoptando diferentes métodos y desarrollando técnicas cada vez más complejas y precisas. Se pasa así por las técnicas de inspección, los sistemas de monitoreo, y se desarrollan una gran cantidad de técnicas que se denominan predictivas y proactivas. Otros factores se suman a este desarrollo:

- El compromiso de cuidar la seguridad, la salud y el medio ambiente.
- La condición de la máquina vs la calidad del producto.
- La reducción de costos.
- El mejoramiento de la calidad y productividad.
- El compromiso de mantener la calidad y las entregas oportunas.
- La necesidad de alcanzar niveles de excelencia en todas las actividades, incluyendo al mantenimiento industrial, debido a la globalización.

Aparecen, además, otros conceptos tales como:

- Reemplazos igual por igual vs modificaciones y mejoras.
- Mantenimiento en línea, mediante redundancia de equipos (stand-by).
- Monitoreos a condición; sistemas expertos; gestión en base a riesgo.



- Análisis de modos de fallo y consecuencias.

### **2.3.2. Objetivos y metas del mantenimiento con parada de planta**

El autor Duffua (2007), define que el objetivo general del mantenimiento con paro de la planta es hacer que todo el equipo opere de manera correcta y segura a fin de aumentar al máximo la capacidad de producción. En este sentido se busca planificar, ejecutar y mantener cada parada de planta, siguiendo un proceso de dirección preestablecido, en función del tiempo, y dentro de un presupuesto para facilitar una operación confiable de los equipos. Las metas determinan y miden el resultado del objetivo. En este caso, el objetivo es planificar, programar, ejecutar y manejar la parada de planta con eficacia y eficiencia.

### **2.4. Estado del arte de la gestión de proyectos y paradas de planta**

Para definir una correcta metodología para el desarrollo del modelo del proyecto, es importante revisar herramientas y aspectos estratégicos que establezcan un punto de referencia en el análisis del caso. A continuación se presentan algunos documentos e investigaciones que son relevantes para la investigación del tema:

- La investigación sobre de la incursión del mantenimiento en Colombia desarrollada por ACIEM (2008), aporta un panorama del tema con respecto a tres aspectos: Gestión, costos y formación. Como resultado se logró evidenciar que en Colombia el mantenimiento está participando activamente de las tendencias mundiales en temas como: el énfasis en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), el interés por aumentar los estándares de calidad, la conciencia ambiental, el control de costos, la tercerización u outsourcing, la gestión por competencias, entre otros, lo que le ha dado un nuevo dinamismo al tema del mantenimiento en nuestro país. Esta revisión realizada por ACIEM, permite observar y determinar algunos lineamientos específicos para

desarrollar una propuesta idónea en el contexto colombiano para una correcta planeación de mantenimiento. A continuación se presentan los resultados de la fase de gestión como tema asociado al presente proyecto de grado:

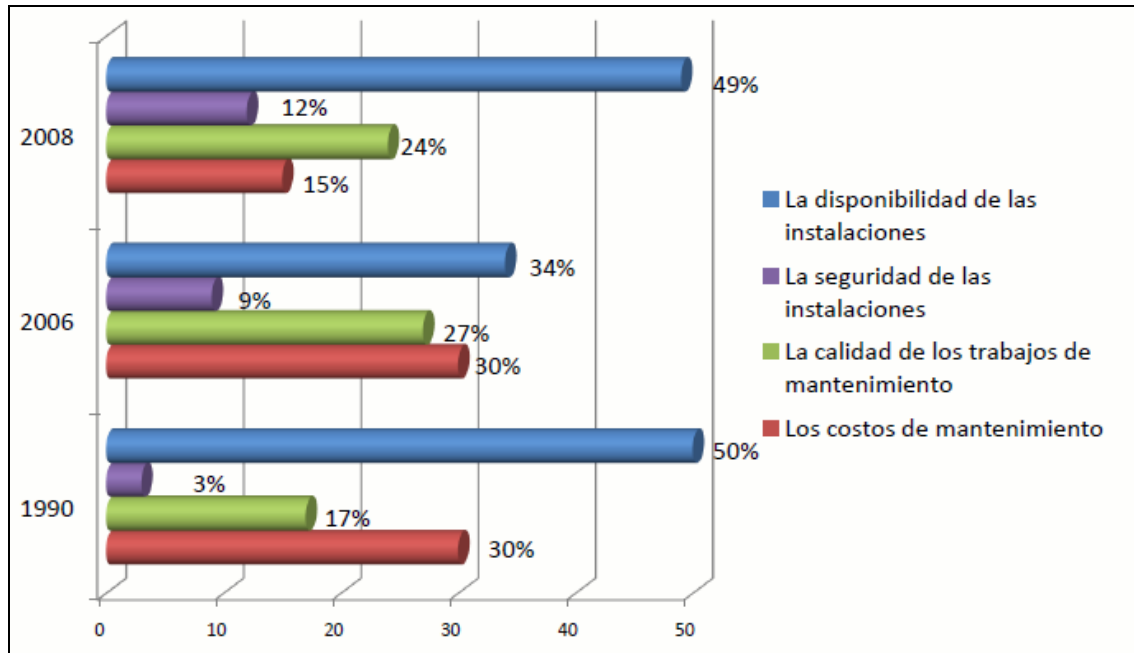


Ilustración 12. GESTIÓN, resultado de lo que más valora la Dirección de la empresa. Fuente: Artículo ACIEM

- El artículo “***Application of the reliability in the Project optimization of chemical plants stoppages***, Amendola (2010)”, permite afirmar y evidenciar que existe una marcada brecha en los costos asociados a proyectos de optimización de mantenimiento mayor en plantas químicas. Gran parte de esta brecha se debe a que los costos relacionados con la ejecución del mantenimiento y la duración de los proyectos de parada de planta son variables dependientes del alcance de los trabajos que se definen.

Además permite afirmar que “en los proyectos de paradas de plantas químicas para mantenimiento hay campos muy grises en la toma de decisiones, los cuales se deben analizar en equipos de trabajo para realizar la toma de decisión en grupo con la ayuda de los métodos multicriterio. Así que, las aplicaciones de los métodos

multicriterio permiten que el decisor se pueda asesorar por expertos utilizando herramientas como AHP en la toma de decisiones” (Saaty, Aragonés, et al 1999).

- En la publicación ofrecida por Sabioncello (2002), “**¿Nuestras plantillas Excel alcanzan para administrar nuestro mantenimiento?**”, habla del uso de técnicas de mantenimiento integral, donde se define que una herramienta evaluada para administrar el mantenimiento debe contener las funcionalidades para administrar también otras actividades, como por ejemplo abastecimiento. Este artículo permite tener una referencia más clara acerca de los métodos para desarrollar el control y la programación en el mantenimiento y aclara que la pérdida de eficiencia de plantillas de datos como Excel justifica de sobremanera la búsqueda de soluciones más integradas y modernas para la compañía.

- En el estudio “**Plant maintenance management practices in automobile industries: A retrospective and literatura review**”, Mahesh Pophaley, Ram Krishna (2010) se describe el estado actual de las prácticas de gestión de mantenimiento de planta, con base en estudios realizados en diferentes países y publicado en diversas revistas en los últimos dos decenios. El análisis de este artículo de investigación permite revisar las últimas técnicas que se han desarrollado a través de los años para optimizar la función de mantenimiento, como por ejemplo el desarrollo de estrategias de mantenimiento adecuadas, JIT en el mantenimiento, la gestión de mantenimiento del sistema de información y su puesta en práctica, la evaluación comparativa en el mantenimiento, la aplicación de AHP en el mantenimiento, la fiabilidad en la gestión del mantenimiento, la aplicación de MCDM en el mantenimiento, factor de mantenimiento y humanos, el mantenimiento y QFD y lo más importante la aplicación de TPM.

- En el artículo “**Cómo Incrementar la Competitividad del Negocio mediante Estrategias para Gerenciar el Mantenimiento**, Cáceres María (2004)”, se presenta la filosofía de mantenimiento de clase mundial, agrupando una serie de

estrategias en cuatro aspectos principales llamados: confiabilidad de equipos, confiabilidad de los procesos, confiabilidad del talento y confiabilidad del valor. La revisión de este documento fundamenta la importancia de establecer estrategias de mantenimiento para incrementar la competitividad de los negocios.

Por otro lado el artículo sustenta la idea de que para incrementar la competitividad de los negocios es importante establecer estrategias de mantenimiento visto de manera íntegra con aspectos financieros, con integridad mecánica de los equipos, mejores prácticas y el aseguramiento efectivo del aprovechamiento del capital intelectual.

- El proyecto de grado “***Diseño de una parada de planta para la empresa talleres y montajes industriales, c.a. (Tamoj)***”, de Casinelli, Krystell (2008), presenta como objetivo principal diseñar una parada de planta. El aporte de esta tesis le da una guía al desarrollo de este trabajo. Aunque el fundamento del proyecto de grado de CASINELLI está más enfocado a la programación que a la planificación, con la consulta de este documento se identifica un esquema metodológico comparable en cuanto a paradas de planta, estructurado de la siguiente forma:

1. Lista De Trabajo (Worklist)
2. Número de trabajadores y de horas hombres para realizar el mantenimiento
3. Cálculo del costo de las horas hombres requeridas
4. Herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento
5. Listado de repuestos y materiales en función del requerimiento para el mantenimiento y de aquellos que son estratégicos para los equipos
6. Cálculo de los costos de las herramientas, repuestos y materiales necesarios para ejecutar la parada de planta
7. Tiempo de ejecución para realizar la actividad

8. Cálculo de los costos del mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas, equipos e instalaciones
  9. Impacto económico para la empresa
- Por su parte en la tesis **“Diseño del Plan de Mantenimiento Programado de la Primera Etapa del Sistema de Producción Criogénica de una Planta de Separación de Gases del aire”**, Acosta Lino (2010) propone una metodología para realizar el levantamiento de información al gestionar una parada de planta. El enfoque a revisar en esta tesis es la búsqueda de la optimización del mantenimiento desde la etapa de la planeación.

En esta tesis, se propuso implementar una metodología para seleccionar los equipos a los cuales se les programará el mantenimiento. Esto se logró por medio de la priorización de las diferentes categorías de equipos, los cuales estaban diferenciados en tres tipos, críticos, importantes y normales.

Por otra parte, de esta tesis de grado se logra tomar referencia la metodología para evaluar la importancia del mantenimiento programado versus los costos por paradas prolongadas o fuera del tiempo planificado. Mediante la evaluación del costo de implementación versus el costo de operación del plan de mantenimiento preventivo, el autor logra concluir que la inversión a realizarse en este tipo de trabajo es altamente recuperable para la empresa, y se justifica plenamente el desarrollo del programa de mantenimiento para los equipos evaluados en la misma, ya que los costos por parada de producción son excesivamente elevados en comparación los del plan de mantenimiento. Esta relación se logró mediante las siguientes formulas:

$$Cf = (Vh - CVh)$$

Dónde:

Cf = Costo horario de falla

Vh = Ingreso por venta.

CVh = Costo variable horario.

- La tesis de grado **“Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón”**, Pesántez Huerta (2007), permite indagar las técnicas existentes para realizar análisis de criticidad de equipos. Con este proyecto se logró identificar la metodología para definir los equipos más críticos para generar una clasificación de necesidades de mantenimiento. El proceso metodológico usado en este proyecto se basó en:

1. Descripción del proceso productivo
2. Identificación de los subsistemas
3. Definición del tipo de estructura del sistema
4. Calculo de frecuencia y de fallos
5. Determinación de la matriz de criticidad

- De la tesis de grado **“Análisis y propuesta de un sistema de mantención para planta de cueros (curtiembre talca s.a.)”**, por Rocco Christian (2006), se toma como guía el método usado para evaluar la gestión del mantenimiento que se realizó en una empresa. Se destaca la aplicación de un análisis situacional respecto a la forma de cómo se están ejecutando las labores de mantenimiento, lo cual se basó en la aplicación de una auditoría interna para cada uno de los procedimientos asociados a las distintas actividades de mantención desarrolladas en las áreas que componen la empresa y que inciden de una u otra forma en este procedimiento. El modelo de auditoría se efectuó bajo seis parámetros:

1. Identificación y caracterización de la empresa
2. Criticidad de las rutas de inspección
3. Manejo de la información sobre los equipos
4. Estado del Mantenimiento actual

5. Antecedentes de los costos de mantención
6. Efectividad de la mantención actual

Los resultados de esta técnica permitieron conocer las falencias marcadas, además de determinar las fortalezas y debilidades que presenta el actual sistema en cuanto a la gestión del mantenimiento, dando pie para generar el plan de mantenimiento. Por otro lado se logró detectar un inadecuado control y manejo de los costos relacionados a los insumos asociados a los trabajos de mantención.

- Del aporte en la investigación suministrado por el proyecto de grado **“Actualización e implementación del plan de administración del mantenimiento programado en una industria de aceites y grasas vegetales”**, Cadena Hernández (2010), se referencia la técnica usada para la jerarquización del sistema y equipos de planta. Para lograr esto se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- El tiempo de duración en el proceso para obtener el producto deseado.
- El porcentaje de utilización del sistema en un tiempo determinado.
- La capacidad de producción del sistema.
- Los riesgos de seguridad del personal.

Estos criterios permiten tener una guía para la clasificación del sistema del presente proyecto de grado y justificar la necesidad de priorizar las actividades para mantenimiento programado en cada área.

- Por otro lado, el apunte de gestión de mantenimiento desarrollado por ACIEM llamado: **“Reglas de oro para las paradas de planta”**, presentado por Ortiz Plata (2010), aporta a este proyecto una guía en cuanto al desarrollo del modelo de gestión, este apunte presenta cinco pasos generales, que hacen parte de una parada de planta. Estos pasos incluyen:

1. Identificación del proceso de parada de planta
2. Planeación
3. Programación
4. Alistamiento y Logística
5. Ejecución, cierre y evaluación

- El artículo “***Diseño de paradas de planta usando prácticas de la gerencia de proyectos Caso ISAGEN S.A E.S.P***”, por Acosta Arboleda (2011). Este trabajo que ganó el tercer puesto en el Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento, otorgado en el marco del Congreso Internacional de Mantenimiento 2011 presenta en su documento la metodología de trabajo de Isagén S.A., para la planificación, programación, seguimiento y control de las paradas de planta de sus centrales de generación de energía. Este artículo será una fuente comparable del proceso metodológico a evaluar en el diseño del modelo de parada de planta caso planta de alcohol carburante. En este artículo se habla que una parada de planta gira en torno a seis aspectos:

1. Plan largo plazo
2. Planificación
3. Programación
4. Evaluación y cierre
5. Ejecución
6. Gestión de bienes y servicios

- El artículo “***Application of the tools of taking multicriteria Decisions to the management and administration of Projects in stoppages of chemical plants processes***”, de Amendola (2003), le aporta a este caso de estudio una noción de la aplicación de la herramienta AHP multicriterio más adecuada en la gestión de parada de planta. En este artículo Amendola afirma que la aplicación de técnicas



de toma de decisión multicriterio discretos supone una nueva forma de mejorar los procesos de decisión, facilita el consenso ya que organiza los procesos de forma estructurada y, en definitiva, se mejoran dichos procesos. Además, Amendola define que el proceso de gestión de una parada de planta está enmarcado en los siguientes aspectos:

1. Planificar: el marco referencial para evaluar las necesidades del proyecto de parada de planta, identificar riesgos, definir retos y oportunidades y decidir las acciones basadas en un conjunto de valores compartidos.
  2. Definir: realizar una evaluación de nivel de preparación de la parada a fin de evitar problemas durante la ejecución de los trabajos. Existen dos áreas principales de acción: la dirección y gestión del proyecto y la toma de decisiones.
  3. Asignar: probar los controles en la dirección y gestión del proyecto, desarrollo de los procedimientos, programas de ejecución y responsabilidades en el seguimiento a la planificación, utilización de los recursos, coordinación de los trabajos para una efectiva toma de decisiones.
  4. Controlar: lista de planificación, programación de eventos, comunicación, monitorización, cierre.
- La metodología de gestión de paradas de plantas presentada en el artículo ***“Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de procesos”***, por Amendola, será una fuente comparativa entre los distintos modelos de gestión investigados en este trabajo de grado. Con este artículo Amendola busca combinar y examinar los modelos de ciclo de vida del proyecto e incorporar una metodología para la gestión de proyectos de paradas de planta de procesos aplicando administración de proyectos, además afirma que con esta metodología basada en las mejores prácticas permite obtener ahorros considerables y contribuye a establecer una forma estructurada de ayuda en la

etapa de planificación del proyecto. En este artículo, Amendola concluye que esta metodología basada en las mejores prácticas permite obtener ahorros considerables y contribuye a establecer una forma estructurada de ayuda en la etapa de planificación del proyecto. El desarrollo de esta metodología se presenta en el capítulo 3.

- En el apunte **“Parada general unidad topping u200 – gerencia general refinería Barrancabermeja”**, Zapata, Roa, Becerra, Matute, Monsalve, (Ecopetrol S.A. 2011), presenta las premisas de una parada de planta. Este artículo será una guía para el establecimiento de políticas en las diferentes fases del proceso de parada.

Este artículo presenta la metodología usada en un proyecto de parada de planta, la cual gira en torno a necesidades claves del modelo que son:

1. Reunión de Inicio en la cual se establecen las premisas y se asigna un líder
2. Cuestionamiento del alcance del trabajo por un grupo multidisciplinario con evaluación del riesgo
3. Adjudicación de los contratos
4. Un plan de ejecución integrado detallado
5. Ejecución como un proceso eficiente e integrado
6. Una revisión al finalizar para recopilar lecciones aprendidas y realizar una adecuada retroalimentación

- El artículo **“Certificaciones a la gestión de proyectos. IPMA, PMI, ISPI Y APM GROUP”**, por Valledor Luis, De la Fuente David, (2010), y el artículo **“Examinando los procesos de la Dirección de proyectos – ISO vs PMI”**, por Varas (2005), permitirán presentar y comparar las guías actuales para el desarrollo de proyectos. Estos artículos presentan y comparan las bases metodológicas de cada uno de los más importantes organismos encargados de la generación de guías o modelos de gestión de proyecto. Se logra concluir que las

certificaciones más interesantes son IPMA y PMI, siendo, por prestigio internacional, esta última la más recomendable.

En síntesis, para desarrollar a cabo de manera ordenada y consecuente algunas de estas acciones, se requiere la elección de algún enfoque de aplicación para el modelo de gestión, aunque según la revisión literaria puede ser de diversos tipos, todas poseen componentes comunes como: recursos, administración, planificación y control. Tanto la gestión de proyectos como la gestión de mantenimiento están fundamentadas por herramientas, técnicas, conocimientos y mejores prácticas que se llevan a cabo de manera ordenada en la búsqueda de alcanzar los objetivos de manera exitosa en el ámbito de la calidad, el tiempo y el costo.

### **CAPÍTULO III. MODELOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE PARADA DE PLANTA**

#### **3.1. Comparación de modelos de parada de planta.**

- Artículo: Diseño de paradas de planta usando prácticas de la gerencia de proyectos Caso ISAGEN S.A E.S.P



Ilustración 13. Modelo parada de planta ISAGEN. Fuente: Autor artículo.

<b>Diseño de paradas de planta usando prácticas de la gerencia de proyectos Caso ISAGEN S.A E.S.P</b>		
Por: Acosta Jorge		Año: 2011
Este documento presenta la metodología de trabajo que ISAGEN S.A, en su interés por incorporar mejores prácticas, ha diseñado para la planificación, programación, seguimiento y control de las paradas de planta de sus centrales de generación de energía. La metodología se adapta al esquema de trabajo existente en la empresa, pero incorpora algunas prácticas y procesos que la Gerencia de Proyectos ofrece y cuya implementación permite obtener mejores resultados en la gestión del mantenimiento.		
<b>2.1 Fase de Planificación</b>	2.1.1 Definición de preliminares	Estructura del equipo de trabajo
		Premisas de trabajo
		Fechas límite para cada fase
		Estructura para control de cambios
		Presupuesto disponible
	2.1.2 Plan de gestión	Gestión del alcance
		Gestión de tiempos
		Gestión de costos
		Gestión de calidad
		Gestión de las comunicaciones
Gestión de riesgos		
Gestión de adquisiciones		
2.1.3 Definición de alcance		
2.1.4 Elaboración EDT		
<b>2.2 Fase de Programación</b>	2.2.1 Cronograma	
	2.2.2 Recursos y materiales	
	2.2.3 Plan de riesgos	
	2.2.4 Presupuesto	
	2.2.5 Calidad	
<b>2.3 Fase Gestión de bienes y servicios</b>		
<b>2.4 Ejecución</b>		
<b>2.5 Evaluación y cierre</b>		

- Artículo: metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de procesos.

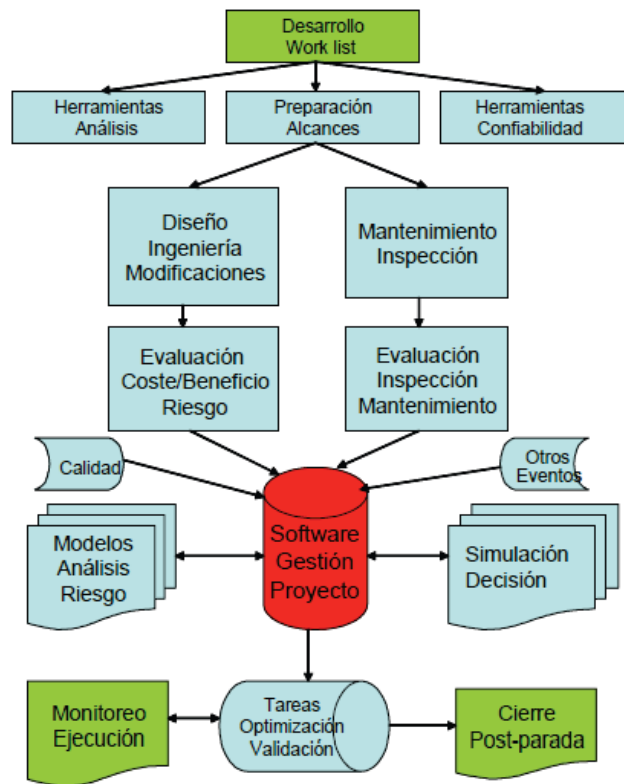


Ilustración 14. Modelo de gestión de parada de planta. Fuente: artículo de la Semana Asset Management (2010)

Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de procesos	
Por: Amendola, Luis	Año: 2010
El objetivo de este artículo es examinar los modelos de ciclo de vida del proyecto e incorporar una metodología para la gestión de proyectos de paradas de planta de procesos aplicando Project Management.	
<b>1. Establecimiento de bases metodológicas iniciales</b>	Programación
	Medios Informáticos (Software)
	Riesgos
	Objetivos y Metas
	Medidas de seguridad
	Necesidades de entrenamiento
	Puntos de pre-parada
<b>2. Desarrollo de la worklist</b>	Necesidades de personal temporal o subcontratos
	Priorización de documentos para facilitar la planificación
<b>3. Estructura de descomposición del proyecto EDP</b>	Dividir el Alcance de Trabajo en componentes pequeños
	Utilizar una asignación de responsabilidades
	Establecer un mecanismo de la distribución de trabajo y datos del proyecto

<b>4. Estrategia de ejecución</b>	Establecer controles del plazo
	Definición de flujo del proceso
	Situación de los equipos críticos del proceso
	Alcance de ejecución de trabajo
<b>5. Control de costos y presupuesto de la parada de planta</b>	Establecerse procedimientos y pautas de costos
	Adherencia de los costos con la identificación del alcance
	Control del presupuesto y los costos en cada unidad.
<b>6. Post-parada de planta</b>	Desmovilización de contratistas.
	Limpieza post-parada de las unidades.
	Resolución y desecho de material en exceso.
	Reportes históricos de reparación e inspección.
	Actualización de la base de datos históricos de la parada de planta.
	Movilización de contratistas de post-parada.
	Cuentas de parada de planta congeladas.
	Informe final de costos publicados.
	Lecciones aprendidas y recomendaciones para futuro
	Preparación del Informe final de la parada de planta.
<b>7. Medidas del funcionamiento o desempeño</b>	Duración: días/año.
	Costos Totales: Tanto para la parada como para el mantenimiento general
	costos de la parada de planta
	Frecuencia
	Previsibilidad: Real contra horas planificadas de trabajo, duración y costos.
	Seguridad: Indicadores de accidentes.
	Incidentes del Arranque: Días perdidos debido al retrabajo.
	Paradas no Programada: Días perdidos por año durante el funcionamiento.
	Disponibilidad Mecánica: Tiempo disponible como porcentaje.
	Trabajo Adicional: Real contra contingencia.

- Tesis: Diseño de una parada de planta para la empresa talleres y montajes industriales, C.A. (TAMOI)

<b>Diseño de una parada de planta para la empresa talleres y montajes industriales, C.A. (TAMOI)</b>	
Por: Casinelli, Krystell - Universidad Nacional Experimental Politécnica	Año: 2008
Los resultados obtenidos indican el número de días de trabajo que se requieren para realizar la parada de planta y el costo total para llevar a cabo dicho objetivo, esto con la intención de aumentar la vida útil de las maquinarias y equipos, incrementar los porcentajes de disponibilidad, disminuir el número de fallas y crear en el taller un ambiente más seguro.	
<b>1. Crear lista de trabajo (worklist)</b>	1.1. lista de trabajo con el tiempo

	total por maquinaria
	1.2. lista de trabajo con el tiempo desglosado por cada actividad
<b>2. Determinar número de trabajadores y de horas hombres que se requieren para realizar el mantenimiento</b>	
<b>3. Cálculo del costo de las horas hombres requeridas</b>	
<b>4. Describir herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento</b>	
<b>5. Listado de repuestos y materiales en función del requerimiento para el mantenimiento</b>	
<b>6. Cálculo de los costos de las herramientas, repuestos y materiales necesarios para ejecutar la parada de planta</b>	
<b>7. Tiempo de ejecución para realizar la actividad</b>	
<b>8. Cálculo de los costos del mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas, equipos e instalaciones</b>	
<b>9. Impacto económico para la empresa</b>	

- Tesis elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón

<b>Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón</b>	
Por: Pesántez, Álvaro - ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	Año: 2007
Este estudio está orientado a realizar un análisis de la situación actual de la empresa, comenzando por conocer su proceso productivo. Seguidamente, establecer cuál es la etapa de mayor importancia y cuáles son los equipos involucrados considerados como críticos; para de esta manera realizar un plan de mantenimiento de los mismos.	
<b>1. Determinación de los Equipos Críticos. Definición de las Variables a Utilizar</b>	1.1. Descripción del Proceso Productivo
	1.2. Identificación de los Subsistemas
	1.3. Definición del Tipo de Estructura del Sistema
	1.4. Cálculo de Frecuencias, Fallos y criticidad
	1.5. Cálculo de la Matriz de Criticidad
<b>2. Descripción de las Rutinas de Mantenimiento sobre la Base de los Manuales de Mantenimiento según los Fabricantes de cada uno de los Equipos Críticos</b>	2.1. Revisión de características, y procedimientos de mantenimiento y limpieza
<b>3. Establecimiento de las Frecuencias de Mantenimiento Según los Recursos Propios o Externos</b>	3.1. Definición de actividades de mnto (inspección, limpieza, reemplazo, mnto general)



y/o las Recomendaciones de los Fabricantes. <b>Determinación de las Recurrencias de Mantenimiento Preventivo y los Programas de Inspecciones (Predictivo)</b>	3.2. Determinación de periodos y Tipos de Mantenimiento
<b>4. Elaboración del Plan Anual de Mantenimiento Predictivo y Preventivo de los Equipos de Mayor Criticidad</b>	4.1. Establecimiento de Rutinas de Mantenimiento
	4.2. Manejo y almacenamiento de materiales

- Apunte: Parada general Unidad Topping U200 – Gerencia General Refinería Barrancabermeja

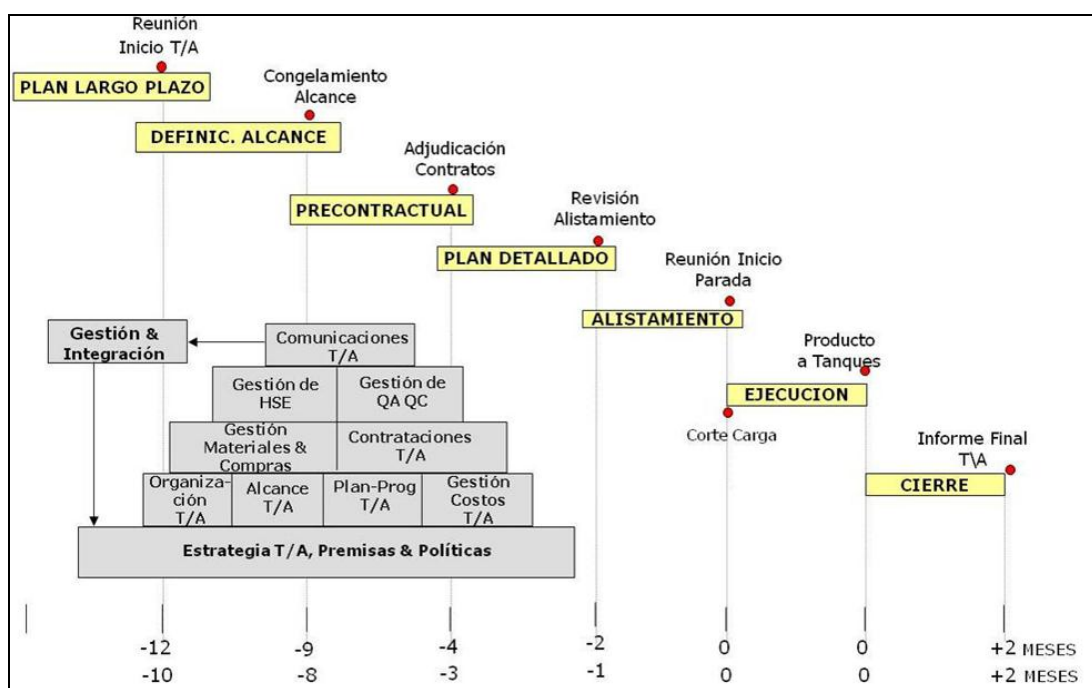


Ilustración 15. Proceso de gestión de parada. Fuente: Parada General Unidad Topping U200 (2008)

<b>Parada General Unidad Topping U200 – Gerencia General Refinería Barrancabermeja</b>	
Por: Zapata, Roa, Becerra, Duque, Monsalve. Ecopetrol S.A	Año: 2008
Las premisas establecidas para la parada fueron: Cero accidentes incapacitantes, Cero incendios y explosiones, Cero accidentes ambientales, aseguramiento de la calidad, duración mínima y garantizar la corrida y disponibilidad mecánica de la unidad.	
<b>1. Plan largo plazo - Descripción de premisas</b>	1.1. Políticas de seguridad industrial (HSE)
	1.2. Fecha y duración de la parada
	1.3. Definición inicial del alcance (presupuestos)
	1.4. Políticas de calidad
	1.5. Definición de hitos generales o entregables solicitados

	1.6. Personal necesario
	1.7. Políticas de contratación y compras
<b>2. Definición del alcance (congelamiento del alcance)</b>	2.1. Definición de costos asociados a intervención de equipos
	2.2. Evaluación de riesgos
	2.3. Definición del equilibrio de costos e integridad operativa
<b>3. Gestión precontractual (adjudicación de contratos)</b>	3.1. Plan de contrataciones
	3.2. Plan de compras y suministros
<b>4. Plan detallado (revisión alistamiento)</b>	4.1. Diseño de EDT / ruta crítica
	4.2. Plan integral de HSE
	4.3. Plan de calidad y programación
<b>5. Alistamiento (reunión inicio de parada)</b>	5.1. Logística para disposición de suministros y materiales
	5.2. Alistamiento para ingreso de personal (interno y contratista)
	5.3. Presentación de formatos y sistemas (permisos)
	5.4. Definición de sistema de desocupación y de parada
<b>6. Ejecución</b>	6.1. Desarrollo del plan
<b>7. Cierre de la parada</b>	7.1. Plan de arranque
	7.2. Análisis de resultados
	7.3. Documentación de lecciones aprendidas

### 3.2. Comparación de metodologías de gestión de proyectos y Evaluación del tipo de modelo a seguir

En cuanto a los organismos generadores de estándares de gestión de proyectos, se presentan los más importantes expuestos en la revisión bibliográfica del presente proyecto.

- Artículo: Certificaciones a la gestión de proyectos. IPMA, PMI, ISPI Y APM GROUP

<b>Certificaciones a la gestión de proyectos. IPMA, PMI, ISPI Y APM GROUP</b>	
Por: Valledor, de la Fuente	Año: 2010
En primer lugar se realiza una descripción detallada de dichas asociaciones para posteriormente explicar cuáles son los procedimientos necesarios para obtener su certificación. Por último, se concluye indicando los criterios a seguir para la selección de una u otra certificación.	
<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>IPMA (International Project Management Association)</b>	Es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1965 por un grupo de personas que crearon un foro para la gestión de proyectos. Representa a más de 50 asociaciones repartidas

		<p>por más de 40 países. Publicaciones de gestión de proyectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PM Practice.</li> <li>- Project Management Perspectivas.</li> <li>- ICB (IPMA Competence Baseline).</li> <li>- NewsLetter.</li> </ul>
<b>PMI (Project Management Institute)</b>		<p>Es una organización internacional sin ánimo de lucro fundada en el año 1969 en EEUU. El PMI tiene su sede central en Pensilvania (USA), y posee representaciones, denominadas "Capítulos", en distintas ciudades y países. Actualmente, existen más de 250 capítulos repartidos por todo el mundo.</p> <p>El objetivo principal de este Instituto, es establecer los estándares de la Dirección de Proyectos. Actividades más importantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Formular estándares profesionales.</li> <li>2) Generar conocimiento a través de la investigación</li> <li>3) Promover la Gestión de Proyectos como profesión, a través de sus programas de certificación.</li> </ol>
<b>ISPI (International Society for Performance Improvement)</b>		<p>Fue fundada en 1962, y es la Sociedad Internacional para el Mejoramiento del Desempeño. Se dedica a mejorar la productividad y el rendimiento en el trabajo. ISPI representa a los profesionales de la mejora del rendimiento en los Estados Unidos, Canadá, y otros 40 países. La misión de ISPI es desarrollar y reconocer la competencia de los miembros y promover el uso de la Tecnología del Rendimiento Humano</p>
<p><b>APM Group:</b> es una entidad especializada en la acreditación y certificación de las organizaciones, procesos y personas, dentro de una gama de industrias y disciplinas de gestión. Su principal mercado se encuentra en el Reino Unido aunque también posee oficinas en otros países. Ofrece diferentes tipos de certificaciones, entre las que se destacan en este artículo PRINCE2 y PMD Pro por estar enfocadas a la certificación en la gestión de proyectos.</p>	<b>PRINCE2</b>	<p>Fue creado en 1989 por la CCTA (Computadora Central y la Agencia de Telecomunicaciones), adoptando posteriormente el nombre de la OGC (Oficina Gubernamental de Comercio). Desde entonces, en el Reino Unido es un estándar para la gestión de proyectos de TI. Originalmente, PRINCE fue basado en PROMPT, un método de gestión de proyectos creado por Simfact Systems Ltd. en 1975. PROMPT fue adoptado por CCTA en 1979 como el estándar que se utilizará para todos los proyectos de sistemas de información del Gobierno. En un principio, esta metodología se desarrolló para proyectos de TI, aunque en la actualidad, permite abarcar la administración, control y organización de un proyecto.</p>
	<b>PMD Pro</b>	<p>El Proyecto de Gestión para el Desarrollo (PMD Pro) es una certificación que ha sido desarrollada por expertos de varias organizaciones no gubernamentales. Estas organizaciones se han comprometido a mejorar la utilización de los recursos confiados a su desarrollo, asistencia y proyectos de conservación. El propósito de las organizaciones en el sector del desarrollo internacional es casi exclusivamente para realizar los proyectos.</p>

PMI e IPMA describen los requisitos previos y las exigencias de un proyecto analizando las técnicas empleadas. Por otro lado, PRINCE2 presta atención a los procesos y a la organización del proyecto. En caso de trabajar en Gran Bretaña, será imprescindible poseer la certificación PRINCE2. De lo contrario, las certificaciones más interesantes son IPMA y PMI, siendo, por prestigio internacional, esta última la más recomendable.

Teniendo en cuenta esta conclusión del artículo, cabe hacer una revisión de la propuesta desarrollada por ISO en cuanto a gestión de proyectos. El siguiente artículo permite revisar y comparar la metodología ISO versus la del PMI.

- Artículo: Examinando los procesos de la Dirección de proyectos

<b>Examinando los procesos de la Dirección de proyectos</b>		
Por: Marinka Varas Parra		Año: 2005
La finalidad del estudio es discutir las dos guías de las buenas prácticas más conocidas para la Dirección y Gestión de proyectos, Project Management Body of Knowledge (Guía PM BOK), y la ISO 10006:2003, cuyo título es "Sistema de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos", entregando una visión amplia de los contenidos que se deben considerar para servir de apoyo a los Directores de Proyectos.		
	<b>PMBOK</b>	<b>ISO 10006</b>
<b>Proceso</b>	No existen	Proceso Estratégico
<b>Proceso interdependencia</b>	Carta autorización proyecto Declaración preliminar alcance Desarrollo del plan de gestión del proyecto Dirección y ejecución del proyecto. Monitoreo y control de proyecto. Control integrado de cambio Cierre del proyecto	Inicio del proyecto y desarrollo del plan de gestión del proyecto. Gestión de las interacciones. Gestión de los cambios. Cierre del proceso y del proyecto
<b>Procesos del alcance</b>	Planificación del alcance Definición del Alcance Crear WBS Verificación Del alcance Control del alcance	Desarrollo del concepto Desarrollo y control de alcance Definición de las actividades Control de las actividades
<b>Procesos de tiempo</b>	Definición de actividades	Planificación de las dependencias entre las actividades.

	<p>Secuencia de actividades Estimación de recursos por actividad</p> <p>Estimación de duración por actividad</p> <p>Desarrollo de tiempo</p> <p>Control de tiempo</p>	<p>Estimación de la duración.</p> <p>Desarrollo del programa.</p> <p>Control del programa</p>
<b>Procesos de costos</b>	<p>Estimación costo</p> <p>Presupuesto costo</p> <p>Control de costos</p>	<p>Estimación de los costos</p> <p>Elaboración del presupuesto.</p> <p>Control de Costos.</p>
<b>Procesos recursos humanos</b>	<p>Planificación de recursos humanos</p> <p>Equipo del proyecto</p> <p>Desarrollo del equipo de proyecto</p> <p>Gestión de equipo de proyecto</p>	<p>Establecimiento de la estructura organizativa del proyecto</p> <p>Asignación del personal.</p> <p>Desarrollo del equipo.</p>
<b>Procesos de comunicaciones</b>	<p>Planificación de comunicaciones</p> <p>Distribución de información</p> <p>Reporte de funcionamiento</p> <p>Gestión de grupos de interés</p>	<p>Planificación de la comunicación</p> <p>Gestión de la información</p> <p>Control de la comunicación</p>
<b>Procesos de riesgos</b>	<p>Planificación de la gestión de riesgos</p> <p>Identificación de los riesgos</p> <p>Análisis cuantitativo de riesgos</p> <p>Análisis cualitativo de riesgos</p> <p>Planificación de la respuesta al riesgo</p> <p>Control de riesgo</p>	<p>Identificación de los riesgos</p> <p>Evaluación de los riesgos</p> <p>Tratamiento de los riesgos</p> <p>Control de los riesgos</p>
<b>Procesos de abastecimiento</b>	<p>Planificación del abastecimiento</p> <p>Plan de contratos</p> <p>Petición de la oferta</p> <p>Respuesta selección de oferta</p> <p>Administración del contrato</p> <p>Cierre del contrato</p>	<p>Planificación y control de la compra</p> <p>Documentación de los requisitos de las compras.</p> <p>Evaluación de los proveedores</p> <p>Contratación</p> <p>Control del contrato</p>
<b>Procesos de calidad</b>	<p>Planificación de la Calidad</p> <p>Aseguramiento de la Calidad</p> <p>Control de la Calidad</p>	<p>Incluye procesos relacionados con la mejora continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora, Medición y análisis,,</li> <li>- Medición y análisis</li> <li>- Mejora continua por parte de la organización originaria</li> <li>- Mejora continua por parte de la organización encargada del proyecto</li> </ul>

El conocimiento contenido en el PMBOK e ISO 10006 son herramientas necesarias e imprescindibles para la gestión de proyectos. Existe duplicación entre ellos pero también diferencias. Por tanto la mejor guía para la gerencia de proyectos es aplicar una combinación de los estándares de la ISO 10006 y de las pautas de PMBOK. Esto buscando una relación entre calidad y funcionalidad de los dos organismos, además que por la similitudes encontradas en las dos propuestas, es posible generar un modelo flexible que se adapte al proyecto de parada de planta.

Al gestionar un proyecto, la ISO 10006 proporciona pautas claras a seguir para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad. Sin embargo, la gestión de un proyecto que usa el PMBOK es un desafío, si no tiene el compromiso integral de la gerencia. Un proyecto puede utilizar muchos de los elementos del PMBOK pero no asegurar que sus procesos son de calidad. A su vez se puede incurrir en desear una óptima calidad y no tener en cuenta el costo económico que esta pueda tener. La familiarización con estas dos guías de buenas prácticas será una ayuda y una garantía de éxito, siempre que los directores y los equipos del proyecto las conozcan en profundidad y las apliquen con un criterio acertado.

## **CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL MODELO DE PROPUESTA PARA PARADA DE PLANTA DE LA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE**

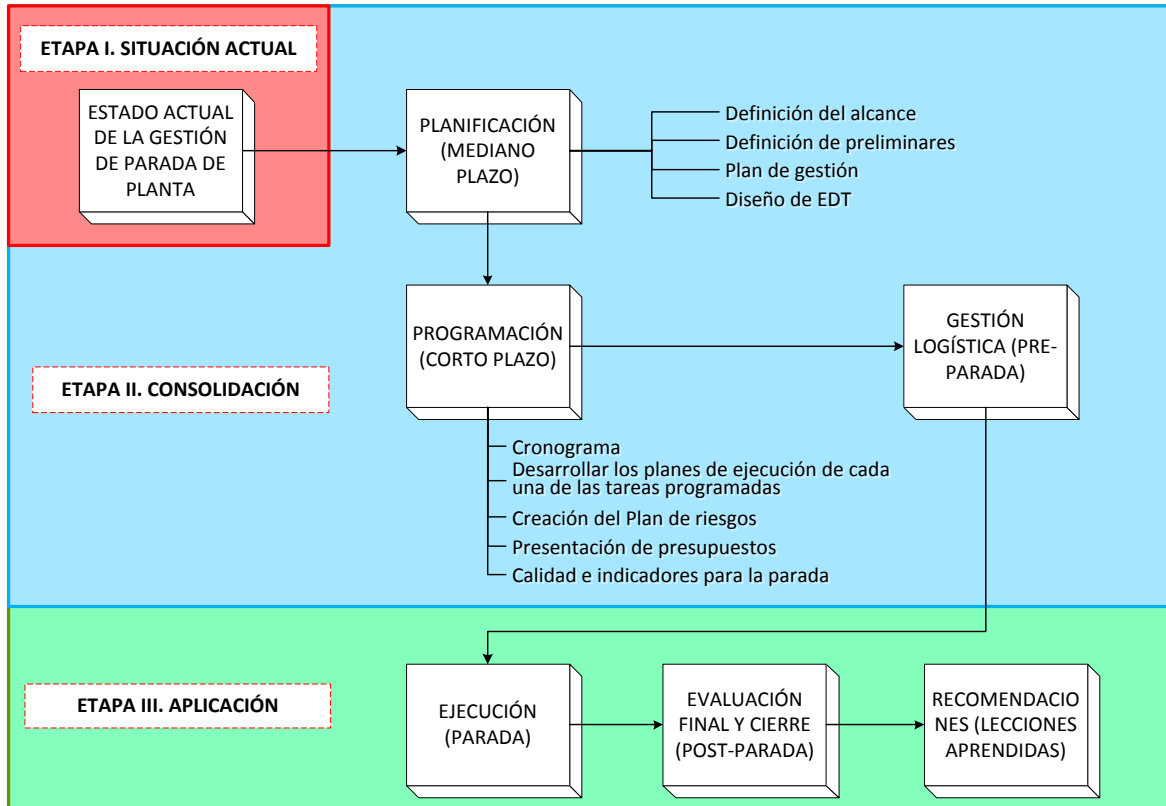


Ilustración 16. Modelo propuesto de gestión de parada de planta. Fuente: Elaboración propia.

### **4.1. Estado actual de la gestión de parada de planta (Encuesta)**

En primera instancia es necesario conocer a qué nivel de desarrollo y conocimiento se encuentra el proceso de gestión de paradas en la Planta de Alcohol Carburante del caso de estudio. Para esto se propone una encuesta que permita revelar las capacidades del equipo responsable de este proceso. En general, se indagaron cinco instancias del proceso de parada de planta: Planeación y Organización, Programación, Alistamiento y Logística, Ejecución, y Control. Esta evaluación permite tener una idea de los puntos fuertes y débiles del

proceso de gestión de mantenimiento programado, para así determinar en qué pasos del modelo se deben tener mayor cuidado o prioridad.

### **Método de preparación y evaluación de la encuesta**

Se desarrolla un cuestionario con una serie de preguntas sectorizadas. Este cuestionario es diligenciado por las personas encargadas de los procesos de dirección de la parada de planta. A cada pregunta realizada se le asigna una nota dependiendo de la situación en que se encuentre la sección en cuestión.

La asignación del valor de los puntajes será dado por:

- **1** (Ninguna): No se realiza ninguna acción, o es un aspecto con deficiencias muy marcadas.
- **3** (Parcialmente): Se realizan algunas labores o actividades, de forma regular, o sin ningún control.
- **5** (Todas): Las actividades se hacen de manera consciente y de acuerdo a parámetros controlados, o del mismo modo, se considera un aspecto bien implementado.
- **N/A**: No aplica. Se considera que la pregunta no tiene que ver con el aspecto evaluado, o la persona encuestada no está en capacidad de conocer o evaluar dicho aspecto.

Lo que se pretende con esta encuesta es evaluar el estado actual del proceso de gestión de la parada de planta en cuanto a la intervención y la impresión que tienen las distintas personas que participan en dicho proceso.

Las preguntas son separadas en el ciclo genérico de una parada de planta:



- **Planeación y organización:** Esta se refiere a las actividades generales o iniciales del proceso del proyecto de parada de planta. Ocurre la generación de los hitos y/u objetivos principales de la parada de planta.
- **Programación:** Se pretende relacionar las actividades de planeación con las instrucciones de distribución de recursos.
- **Alistamiento y logística:** Se refiere a todas las actividades de preparación para iniciar actividades de la parada. Además de los procesos de intervención con agentes externos necesarios en dicho proyecto.
- **Ejecución:** Este hito pretende evaluar el desarrollo de las actividades durante ejecución de las actividades programadas en la parada.
- **Control:** Son todas aquellas actividades que se pueden generar para tener un control o conocimiento de lo que realiza. Se considera que un aspecto es controlado cuando queda en existencia alguna evidencia de ello.

Estas etapas, son cruzadas con los factores a evaluar para el proceso de gestión de parada, que a su vez son agrupados en preguntas divididas en 6 secciones:

- **Sección A. Identificación general de tareas de gestión de parada de planta:** Pretende definir las preguntas en cuanto a las bases principales de las tareas de gestión del proyecto. Se busca saber en qué nivel de conocimiento se encuentra la preparación de objetivos y metas.
- **Sección B. Conocimiento de áreas y tiempos de parada:** Se busca evaluar la veracidad de la información usada para evaluar las zonas de la planta, además de los tiempos necesarios y esperados en la evaluación de cada ámbito en las etapas propuestas del proyecto.
- **Sección C. Información de gestión de recursos:** Las preguntas se enfocan en el conocimiento de los encuestados en cuanto a la gestión de los recursos presentes durante el proceso de parada.
- **Sección D. Preparación:** Se refiere a las preguntas relacionadas con las capacidades del equipo en cuanto a procesos de prealistamiento.

- **Sección E. Evaluación de costos:** Se busca evaluar los conocimientos de los procesos relacionados a la evaluación de costos en las distintas etapas del proyecto.
- **Sección F. Efectividad del mantenimiento actual:** Estas preguntas están encaminadas hacia la percepción del encuestado de los resultados obtenidos en las distintas etapas del proceso de gestión de la parada de planta.

Cabe aclarar que esta encuesta agrupada en los cuestionarios anteriormente expuestos, fue orientada hacia el conocimiento de los procesos de gestión de la parada de planta, y que no se pretende cuestionar el desarrollo de la misma en cuanto a procesos técnicos de mantenimiento relativos a mecánica, electrónica, etc.

Después de obtener los resultados del cuestionario se registran en celdas del programa Microsoft Excel, para generar un resumen de las preguntas realizadas.

Los **Criterios para resumir resultados de la encuesta** son:

- Los resultados son presentados como promedios de los puntos seleccionados por los encuestados en cada categoría de preguntas.
- Si 3 o más de los 4 encuestados responden al mismo grupo y categoría de pregunta como N/A (no aplica), se consideró que la pregunta no hace parte de la evaluación, de lo contrario se promedia con las respuestas numéricas de los demás encuestados.
- El resultado de los promedios en cada etapa de sección se redondeó al entero impar (1, 3, o 5) más cercano, esto se realiza buscando que los resultados obtenidos de cada etapa del proceso de gestión evaluada se pueda percibir como una evaluación 1: Ninguna, 3: Parcialmente, y 5: Todas.
- El enfoque del grupo de preguntas depende de la etapa del proceso de gestión evaluado.

- El resultado final de los promedios obtenidos en cada categoría se presentó incluyendo dos decimales, ya que en los resultados finales se busca obtener parámetros cuantitativos para comparar la percepción de las diferentes etapas del proceso de gestión.

## **ETAPAS DE LA PARADA DE PLANTA**

Después de obtener el diagnóstico inicial de la gestión de mantenimiento en paradas de planta de la Planta de alcohol carburante, se procede con las etapas para el trámite de la misma. Las etapas identificadas para el desarrollo de un proyecto de este tipo fueron:

- Planificación
  - Largo Plazo (12 meses): Comprende actividades de planificación de tipo estratégico de la parada. Estas gestiones son desarrolladas por los gerentes de producción y mantenimiento de la compañía y se generan de acuerdo a políticas y especificaciones ya definidas (No hace parte del alcance de este proyecto de grado).
  - Mediano Plazo (6 meses): Estas actividades son diseñadas con el fin de dar una orientación clara al proceso de parada de planta.
- Programación (corto plazo): Se presentan las actividades de manera puntual y detallada en cuanto a procesos como asignación de tiempos, costos y suministros.
- Gestión Logística (Pre-Parada).
- Ejecución (Parada).
- Evaluación final y cierre (Post-Parada).
- Recomendaciones (lecciones aprendidas).

## 4.2. Planificación (mediano plazo)

En esta fase se pretende presentar y diseñar la estructura básica de todo el trabajo a realizar en una parada de planta, en este caso la Planta de alcohol carburante. Se busca que exista un consenso general de las partes interesadas acerca del desarrollo del proyecto, por lo que en este punto se tendrá como resultado las actas o formularios de lo que se busca con este proyecto. Toda esta fase gira en torno a las preguntas que se deben generar el equipo de proyecto (qué, quién, cómo, cuándo y dónde). En esta fase se incluyen las siguientes actividades: definición de preliminares, planes de gestión, la definición del alcance del trabajo, la estructura de descomposición de trabajos (EDT) y la definición de la criticidad de equipos.

### **Definición de preliminares:**

Esta fase es la que interrelaciona inicialmente al departamento de producción y al departamento de mantenimiento. Se definen las premisas generales del proyecto de parada de planta que permitirán generar un panorama más claro para gestionar el mismo.

En esta fase se determina:

- **Misión del proyecto:** resume el propósito del proyecto y es el objetivo final definido por el equipo del proyecto.
- **Objetivos:** De acuerdo a la visión del proyecto de la parada, se define una lista de objetivos generales a ser alcanzados por el proyecto. Cada objetivo debe ser específico, medible, alcanzable, realista y de duración determinada.

- **Visión del alcance:** En el alcance del proyecto se define los límites formales del proyecto, describiendo cómo el negocio se modifica o altera por la entrega del proyecto.
  
- **Estructura del equipo de trabajo:**
  - Definición de interesados (stakeholders)
  - Diseño de Organigrama de la parada de planta – Relaciones jerárquicas en el proyecto.
  
- **Premisas de trabajo:**
  - Roles y responsabilidades
  - Premisas de seguridad industrial (HSE): Condiciones y exigencias de seguridad que deben cumplir los involucrados en el proceso
  
- **Estructura para control de cambios:** El resultado es la jerarquía que tiene el proyecto para la toma de decisiones y el procedimiento a seguir cuando se requiera alguna modificación en el alcance. Igualmente se define los registros y documentos que se deben tramitar para garantizar una adecuada implementación de los cambios aprobados.
  
- **Presupuesto esperado:** Se define el presupuesto básico con el cual espera contar el equipo para realizar el trabajo. Este presupuesto se basa en la experiencia del líder de proyecto con otras paradas de planta. Como es de esperar, de acuerdo a las necesidades del actual proyecto se define un presupuesto más detallado en las siguientes fases del modelo de gestión, de acuerdo a la definición del plan de gestión de costos.

- **Entregables y Fechas límite para cada fase:** Se describen y si es posible se detallan los entregables, ya sea un producto o un servicio que se debe entregar durante o al finalizar el proyecto, además de las fechas esperadas para la ejecución y entrega de informes.

Al final se genera un informe con copia a cada una de las partes, y a partir del mismo se concertó una fecha de reunión para empezar a diseñar el plan de gestión.

### **Planes de gestión:**

En esta etapa se pretende generar los tópicos acerca del cómo se realizan las actividades del proyecto a través de su programación, ejecución y control. Básicamente se presentan las necesidades del proyecto para su posterior ejecución.

- **Gestión de alcance:** En reunión las partes interesadas tendrán en cuenta aspectos para el alcance como: trabajos principales en la parada, cuáles serán los aspectos e insumos a considerar en la definición, tipos de compras y contratos, se identifican las amenazas y oportunidades básicas del proyecto.
- **Gestión de calidad:** En esta sección se detallan los documentos, normas y reglamentos internos que deben cumplirse en el desarrollo del trabajo. Se definen los criterios de aceptación o rechazo del trabajo de mantenimiento mayor y sus aspectos a evaluar. Finalmente se establecen los índices de desempeño de la parada de planta, las listas de chequeo, formatos o registros que se deben diligenciar como soporte.
- **Gestión de tiempo:** Se establecen los siguientes parámetros:

- Horarios y jornadas de trabajo
  - Los criterios para la asignación de tiempo a las distintas actividades de mantenimiento.
  - También se define la forma en la que se hace el seguimiento y control del tiempo y los límites de alarma o tiempo de imprevistos que se deben tener en caso de encontrar desviaciones en los tiempos de ejecución.
- 
- **Gestión de costos:** En esta etapa se define la forma en la que se miden y controlan los costos de la parada de la Planta de Alcohol Carburante., se genera un acuerdo entre el departamento de producción y el departamento de mantenimiento. Todo esto comprendido en un informe donde se establece el costo general de la parada con base al alcance predefinido, la desviación máxima de costos, y se define el método de costo más apropiado según el caso o actividad de mantenimiento.
  
  - Para realizar un correcto control de los costos de este tipo de proyectos, se utiliza como herramienta el valor ganado el cual se define según el PMBOK (2008) como un método que se utiliza comúnmente para la medición del desempeño. Integra las mediciones del alcance del proyecto, costo y cronograma para ayudar al equipo de dirección del proyecto a evaluar y medir el desempeño y el avance del proyecto. En la tabla 16 (Anexo A), se describen en detalle los componentes de esta área del conocimiento según el PMBOK (PMI, 2008).
  
  - **Gestión de riesgos:** En esta parte del plan de gestión, se establece el esquema de trabajo que se tendrá para identificar y valorar los riesgos y para diseñar los planes de respuesta correspondientes. Igualmente se presenta la metodología que se seguirá para todo el análisis, se detallan las categorías

de riesgos que deben ser analizadas y los criterios de valoración para las escalas de probabilidad de impacto.

Para este caso de estudio, matemáticamente el riesgo se expresa como la multiplicación de la probabilidad (o frecuencia) de un evento por las consecuencias del mismo. Cabe aclarar que en ingeniería el riesgo está generalmente asociado a consecuencias negativas:

Fórmula 1:  $R = P \times C$

Para la evaluación de los riesgos potenciales de la parada de la Planta de alcohol carburante., se asignan los valores de las probabilidades como BAJA (B), MEDIA (M), ALTA (A) y las consecuencias de los eventos como LEVE (L), MODERADO (M), GRAVE (G). De este modo el valor del riesgo de un evento será evaluado de la siguiente forma (BAJO (B), MEDIO (M), CRÍTICO (C)):

- |                    |       |                    |         |
|--------------------|-------|--------------------|---------|
| • $B \times L = B$ | BAJO  | • $M \times G = C$ | CRÍTICO |
| • $B \times M = M$ | MEDIO | • $A \times L = C$ | CRÍTICO |
| • $B \times G = M$ | MEDIO | • $A \times M = C$ | CRÍTICO |
| • $M \times L = B$ | BAJO  | • $A \times G = C$ | CRÍTICO |
| • $M \times M = M$ | MEDIO |                    |         |

A partir de esta clasificación de riesgos, se diseña la lista de riesgos o posibles eventos que puedan afectar la parada de planta. Esta lista de riesgos se consigna en un mapa de riesgos similar al de la ilustración 17, el cual sirve para identificar gráficamente y de forma rápida los riesgos que deben ser atendidos con planes de mitigación y contingencia específicos según sea el caso. Finalmente, se establece también la forma en la que se



realiza el seguimiento a los riesgos del proyecto para garantizar que se incluyan todos los que se vayan detectando y para garantizar que los planes de mitigación y contingencia que se diseñen sigan siendo efectivos.

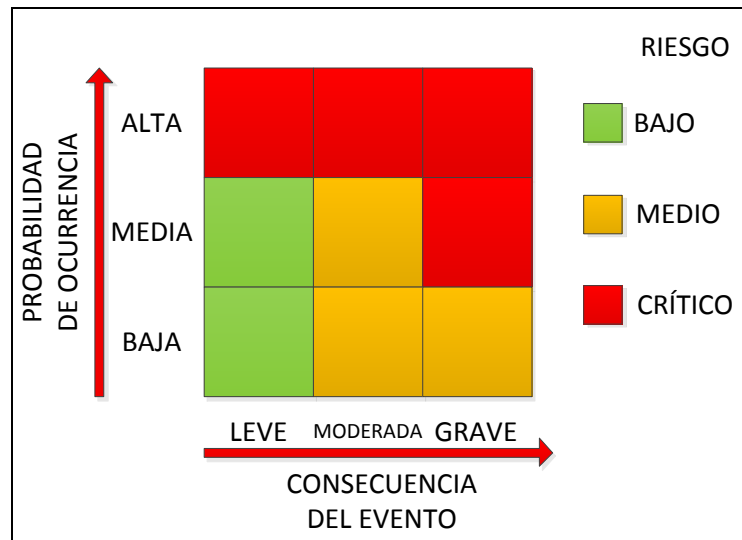


Ilustración 17. Mapa de riesgo del proyecto. Fuente: elaboración propia

Este esquema metodológico del riesgo se basa en el hecho de que los posibles eventos a tomar en cuenta no han sucedido aún o no se tiene registro histórico del mismo, además que permite tener una mejor visión y un mejor control de aquellos agentes que pueden afectar el proyecto de parada de planta. Cabe notar que el resultado de la operación de la Fórmula 1 se diseñó tomando en cuenta las restricciones y políticas aceptadas por la Planta de alcohol carburante.

- Gestión de comunicaciones, roles y responsabilidades:** En esta instancia del plan de la parada de la Planta de alcohol carburante., se establecen los distintos elementos comunicacionales que tiene el proyecto, su formato, registro, periodicidad, responsable y receptores. También se establece el cronograma de reuniones del proyecto, es decir, cuáles reuniones se tendrán, quiénes serán los participantes y cuál será el tiempo de entrega del

informe. Al tiempo se define cuáles son los roles de los distintos participantes de la gestión de la parada de planta.

- **Gestión de adquisiciones:** Esta actividad tiene por objetivo definir las distintas necesidades en cuanto a suministros de materiales, proveedores de servicios, determinación de compras y contratos que requiere la parada.

Finalmente se establecen las distintas fechas en las cuales se hará seguimiento y control para garantizar suministros y poder tomar correcciones oportunas en caso de ser requeridas. En esta etapa se generan las necesidades básicas para preparar la parada, se busca prever necesidades inmediatas y básicas para dar inicio a labores. El estudio de estas necesidades se detalla en la fase de gestión logística.

#### **Definición del alcance:**

Lo que se trata de concertar en esta fase es la definición de las condiciones que se buscan para el mantenimiento mayor, se trata de aterrizar o dar un soporte definitivo al alcance inicial planteado en la etapa del plan de gestión.

Este paso se ha considerado como parte esencial de la fase de planificación. La definición del alcance adopta los lineamientos establecidos en el plan de gestión y lleva al equipo de trabajo a identificar los entregables y los paquetes de trabajo que tendrá la parada de la Planta de alcohol carburante, los cuales serán usados posteriormente para generar la estructura de descomposición de trabajo (EDT).

#### **Diseño de EDT:**

Para obtener un elemento comunicacional y a la vez una herramienta útil para el control y seguimiento, se elabora una estructura de desglose de los trabajos o

EDT. Esta actividad se desarrolla tomando en cuenta las necesidades expuestas por el jefe de producción y el líder de parada, de esta forma se presenta de una manera general las necesidades de mantenimiento que se desarrollan durante la parada.

Según lo descrito por Amendola (2006), en su artículo “Mitigar los Riesgos en la Gestión de Paradas de Planta EDP”, la EDT es una división natural del proyecto para llegar al producto o productos finales con la finalidad de:

- Identificar y definir el trabajo a desarrollar.
- Identificar los centros responsables de estos trabajos.
- Concretar la estructura que contempla desde los objetivos estratégicos hasta la base de división de los mismos, mediante la integración de la organización, planificación y control de los trabajos que se desarrollan.

El diseño de la EDT de la Planta de alcohol carburante, se realiza en una reunión donde se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de zonas de la planta a las cuales se les realiza trabajos de mantenimiento.
- Descripción de los tipos de actividad a realizar (Tarea mecánica, eléctrica, instrumentación, o de limpieza general) y razones por las que se debe hacer.
- Determinación de los hitos por zona de la Planta de alcohol carburante y las fechas críticas.
- Definición de actividades que realizan los departamentos o áreas que están implicados en el plan de mantenimiento.

En este sentido, se debe aclarar que dentro del proceso de gestión del mantenimiento, y de acuerdo a las tareas descritas anteriormente para la elaboración del EDT de la parada de planta de la Planta de alcohol carburante.,

surge un factor de alto impacto con respecto a la toma de decisiones y que está relacionado con las necesidades de mantenimiento en una planta que usa cientos de recursos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, etc., para su funcionamiento, en otras palabras, se tienen que tomar decisiones que permitan orientar los recursos financieros, humanos y tecnológicos, con el fin de poder desarrollar los planes de mantenimiento de la parada en los distintos equipos que participan en los procesos de producción. Esta situación no es sencilla de resolver, ya que existen una gran cantidad de factores involucrados que generan una gran incertidumbre.

De acuerdo a lo anterior, se debe contar con una lista de trabajos o worklist previamente establecida. Esto se realiza a través de las órdenes de trabajos de mantenimiento programadas por los operadores de la planta a través de la plataforma o software de gestión de trabajos. Dichas órdenes de trabajo deben ser jerarquizadas para lograr una mayor eficiencia en la toma de decisiones y el uso del tiempo programado para la parada de mantenimiento. El escenario planteado es propicio para que se tomen decisiones con una alta incertidumbre, por tal motivo, se propone el uso de la técnica de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), con el fin de poder jerarquizar de forma cuantitativa los activos a partir de criterios relacionados con mantenimiento. De esta forma, se busca establecer cuáles son los equipos y zonas más críticas, y cuáles deben ser atendidos con mayor prioridad durante la parada de planta.

Respecto a las técnicas de decisión multicriterio en proyectos de parada de planta, Amendola (2003) en su artículo "Application of the tools of taking multicriteria Decisions to the management and administration of Projects in stoppages of chemical plants processes", detalla la importancia y la utilidad de esta metodología para tomar decisiones de tipo discreto. También clasifica de forma general los métodos de decisión y describe su uso particular.

### **Análisis Jerárquico de Procesos (Criticidad de áreas):**

En este caso de estudio se emplea la metodología AHP (Analytic hierarchy process) o análisis jerárquico de procesos que puede ayudar a disminuir dicha incertidumbre y a optimizar el proceso de toma de decisiones asociado con la distribución efectiva de los recursos a ser manejados por el equipo de mantenimiento.

El Proceso de Análisis Jerárquico, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales. Básicamente, la jerarquización del problema de decisión multicriterio discreto se realiza bajo la concepción de tres niveles:

- Nivel 1. Objetivo fundamental.
- Nivel 2. Criterios.
- Nivel 3. Alternativas.

Antes de aplicar la metodología de jerarquización de procesos, se debe identificar los equipos y zonas a las cuales se les realizará trabajos de mantenimiento durante la parada de planta. Para esto, se hará uso del worklist u órdenes de trabajo presentado por el equipo de mantenimiento en la plataforma o software de mantenimiento.

Una vez que se ha completado el worklist, se procede a realizar un análisis de los resultados buscando identificar cuáles son las zonas de la planta en las que se ejecutarán los trabajos de mantenimiento.

El modelo propuesto para jerarquización de los activos, se basa en el proceso de evaluación del riesgo propuesto por Woodhouse (2000). Cabe resaltar que el

término riesgo se define como la posibilidad de ocurrencia de un evento que puede generar consecuencias sobre los humanos, el ambiente y las instalaciones.

El modelo AHP basado en el riesgo busca jerarquizar por su importancia los equipos de una instalación sobre los cuales se van a dirigir recursos de mantenimiento (humanos, económicos y tecnológicos). Como resultado, el método propuesto genera una lista de equipos críticos en función de los factores básicos de riesgo a ser evaluados durante la parada de planta.

### **Niveles a ser evaluados en el Análisis Jerárquico de Procesos:**

Como se dijo anteriormente, el problema de jerarquización AHP se realiza en tres niveles, a continuación se describirá generalmente dichos aspectos.

- **Nivel 1. Definición del Objetivo Principal**

Descripción del objetivo fundamental del proceso de jerarquización (Zonas de mayor impacto durante la parada de planta).

- **Nivel 2. Definición de los Criterios de evaluación.**

La evaluación de los riesgos de un proyecto de mantenimiento fue tomada de la base teórica del proceso propuesto por (Woodhouse, 2000). Este modelo AHP, propone jerarquizar los sistemas evaluando criterios relacionados con los fallos de los sistemas con:

- **Frecuencia de Ocurrencia de fallos:** Este criterio es evaluado en función de la ocurrencia o número de fallos por período de tiempo (ver tabla 17 Anexo B). Para la definición del nivel de frecuencia de fallos en cada alternativa a ser evaluada, se necesita hacer uso de información del

historial de fallos de cada área, en cuanto la cantidad de fallos presentes en un lapso de tiempo.

- **Detección de fallos:** La detección de fallos está relacionada con los sistemas de protección, control y alerta disponibles para detectar de forma segura la ocurrencia de los eventos de fallos. Para la definición del nivel de detección de fallos de cada alternativa a ser evaluado se necesita recopilar información sobre aspectos de instrumentación, control y protección existentes en cada uno de los sistemas a ser evaluados. En el Anexo B (Tabla 18) se presentan los diferentes niveles de detección de fallos disponibles.
  
- **Severidad de los fallos:** El criterio de severidad de fallos está relacionado con el impacto de los fallos sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones. Para la definición del criterio de severidad de fallos, es necesario conocer cuáles son los efectos que pueden traer consigo los fallos una vez que estos ocurren dentro de un contexto operacional específico. En el Anexo B (tabla 19) se presentan los diferentes niveles de severidad de fallos disponibles.
  
- **Costos de los fallos:** El criterio de costos de fallos está relacionado con las posibles consecuencias económicas de los fallos sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones. Para la definición del criterio de severidad de fallos, es necesario estimar cuales son los costos que pueden traer consigo los fallos una vez que estos ocurren dentro de un contexto operacional específico. En el Anexo B (tabla 20) se presentan los diferentes niveles de severidad de fallos disponibles.

La importancia entre cada uno de los criterios se calcula a partir de una comparación cualitativa entre criterios. La actividad de comparación pareada se

realiza en una reunión de trabajo en la cual se involucra el equipo de trabajo interesado y que más experiencia tenga en este tipo de proyecto. Esta comparación busca superar la limitación en la capacidad de procesamiento y priorización de varias actividades al tiempo, para lo que Saaty (1986) propone realizar las comparaciones por parejas entre los distintos elementos, ya que el cerebro humano está perfectamente adaptado a las comparaciones de dos elementos entre sí y para ello plantea la escala descrita en la tabla 3.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedio entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes: Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Tabla 3. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1986)

- **Nivel 3. Descripción de las alternativas a ser jerarquizadas.**

Por medio de la lista llamada worklist (lista de trabajo), se logra evidenciar todas las tareas de mantenimiento actuales y pendientes. Esta información es condensada y resumida en grupos que representan las diferentes zonas involucradas en temas de mantenimiento. La técnica AHP permite al equipo de trabajo de mantenimiento decidir y hacer énfasis a aquellas zonas que tendrán un



mayor impacto en cuanto a programar y orientar los esfuerzos en el diseño del cronograma de trabajo durante la parada de planta.

### **Evaluar las alternativas para cada uno de los criterios seleccionados**

Paso 2. La evaluación de cada criterio es obtenida de forma cuantitativa, definiendo un proceso racional basado en una serie de factores ponderados que permiten estimar cada criterio por cada alternativa a jerarquizar. De forma particular, cada criterio es dividido en varias clases a las cuales se les asigna diferentes niveles de criticidad (intervalo del 1 al 10). Las puntuaciones para cada criterio se asignan de forma cuantitativa en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento, operaciones, procesos y seguridad. Una breve descripción del método de evaluación de los criterios se presenta a continuación.

### **Análisis de datos y resultados**

Para el análisis de los datos se eligió la herramienta Expert Choice 11 versión de prueba. Expert Choice es un software creado para la toma de decisiones, basado en el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), este software asiste al analista de decisiones por medio de la organización de la información en un modelo jerárquico, el cuál comprende de un objetivo, escenarios posibles, criterios y alternativas a elegir. Usando una comparación pareada, evalúa el grado de importancia de los criterios, las preferencias de las distintas alternativas y escenarios, sintetizando todas estas comparaciones con el fin de encontrar la mejor decisión posible. Está destinado para reuniones grupales de toma de decisiones, donde pueda haber diversos intercambios y/o diferencia de ideas.

Bajo estos parámetros se describe el sistema de la parada de planta de la Planta de alcohol carburante en el EDT. A partir de este se puede diseñar la programación de actividades de la parada.

### 4.3. Programación (corto plazo)

Los principales objetivos son:

- Generación de cronograma de actividades
- Desarrollar los planes de ejecución de cada una de las tareas programadas.
  - Necesidad de materiales, insumos y repuestos.
  - Requerimientos de mano de obra y equipos.
- Creación del plan de riesgos
- Presentación de presupuestos
- Plan de calidad e indicadores
  
- **Cronograma de actividades**

Es una programación específica de las actividades de mantenimiento en el tiempo. En esta fase se realiza la construcción del cronograma detallado de actividades. Esto implica desglosar los entregables y paquetes de trabajo que hayan sido definidos en el alcance, asignar los tiempos de ejecución según los lineamientos establecidos en el plan de gestión de tiempos y la lista de trabajos e identificar y asignar los recursos de trabajo que se vayan considerando necesarios. Para este caso de estudio se ha definido como práctica segura (alcance del cronograma) la elaboración de un solo cronograma que integre toda la parada de planta, independiente de las especialidades que vayan a participar en los trabajos.

La elaboración del cronograma entrega como resultado la secuencia de trabajo, la identificación definitiva de la ruta crítica, los tiempos de duración de las actividades y el listado del recurso humano requerido para el trabajo.

- **Desarrollar los planes de ejecución de cada una de las tareas programadas.**

- Necesidad de materiales, insumos y repuestos: el líder o encargado de la parada genera esta lista de necesidades de acuerdo a los avisos o worklist preparados previamente.
- Requerimientos de mano de obra: De acuerdo al tiempo establecido en cada una de las tareas del worklist se evalúa las necesidades de programación de recurso humano de personal propio, de personal contratista de apoyo a mantenimiento, así como servicios externos (contratos), materiales, repuestos, apoyo de otros equipos del proceso.

- **Creación del Plan de riesgos**

Aplicando la metodología especificada en el plan de gestión de riesgos, en la fase de programación el grupo de trabajo debe construir el panorama de riesgos con su respectivo plan de respuesta. Es importante que sea abordado en paralelo con la identificación de recursos y con la construcción del presupuesto porque los planes de mitigación y contingencia generalmente exigen recursos y actividades adicionales que no se logran evidenciar en el análisis y valoración económica de las actividades propias de la parada. Es decir, habrá actividades en el cronograma y en el presupuesto que se tendrán que hacer, no cómo exigencias de los entregables definidos, sino cómo exigencias del plan de riesgos.

El panorama de riesgos consolidado se convierte en un documento que entra a revisión en cada una de las reuniones de seguimiento que se acuerdan en el plan de comunicaciones definido en la fase de planificación.

- **Presentación de presupuestos**

La elaboración del presupuesto detallado es el producto de la valoración específica que se haga a cada una de las actividades del cronograma, incluidas todas aquellas que tengan que ver con los planes de mitigación y contingencia que se desprenden del panorama de riesgos.

El presupuesto resultante se compara con el presupuesto disponible determinado en los preliminares de la fase de planificación. Esta comparación sirve para la toma de las primeras decisiones que tendrán que hacerse sobre el alcance de la parada y el esquema de trabajo propuesto.

Toda modificación que surja de este análisis comparativo, se hará siguiendo el procedimiento de control de cambios determinado en la fase de planificación.

- **Plan de calidad e indicadores para la parada**

En la elaboración del plan de gestión de calidad en la fase de planificación, se crean algunos documentos que se requieren para garantizar una adecuada ejecución de la parada de la planta. En esta fase de programación, se deben elaborar y gestionar la aprobación de los registros, formatos y demás documentos asociados a los estándares de calidad de la empresa que hayan sido previamente solicitados.

Además se definen los indicadores de desempeño para hacer seguimiento al plan de ejecución de la parada (ver Anexo C, tabla 21).

Los indicadores finales para el proyecto de la parada de planta están enfocados hacia:

- **Efectividad:** Los indicadores asociados a esta área permiten ver el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, además mide la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento del plan del proyecto de mantenimiento mayor.
- **Rendimiento:** Esta área está relacionada a la gestión del recurso humano asociada al mantenimiento.
- **Costos:** Esta área mide los gastos asociados a la gestión de mantenimiento, cómo son distribuidos los mismos y si están orientados a mejorar la eficiencia de la empresa. La gestión de costos se desarrolla en torno a la técnica de valor ganado.
- **Seguridad:** Estos indicadores determinan los aspectos de trabajo seguro en la función de mantenimiento.

Por otro lado para el control de costos se utiliza la técnica de valor ganado, la cual permite verificar en un lapso de tiempo determinado el cumplimiento del proyecto en cuanto a los costos versus tiempo. El seguimiento y análisis de la información queda consignado en una gráfica de curva S, de tal manera que se tomen acciones correctivas en el momento que se suceda algún desfase del proyecto. En el Anexo C (tabla 21), se presentan los indicadores necesarios para esta fase.

#### **4.4. Gestión Logística (Pre-Parada)**

La fase gestión logística comienza una vez se consolidan y aprueban el listado de materiales y servicios requeridos, el listado de personal propio/externo y el listado de requerimientos de apoyo (u otro tipo de requerimiento) a otros equipos de la organización.

Tiene incidencia directa en el éxito de la parada de unidad porque es la fase que garantiza que al momento de iniciar el desarme se cuente con todos los recursos identificados, o con la garantía específica de que llegarán al frente de trabajo en la

fecha en la que sean solicitados. Se busca que todos los materiales estén en el sitio de trabajo antes de iniciar la parada de planta.

En esta fase se define todo lo concerniente con la especificación de los materiales y servicios solicitados en las órdenes de trabajo, la emisión de las órdenes de compra, las negociaciones con los proveedores y la entrega en sitio de los recursos comprados y contratados.

Como estrategia de ejecución, la gestión de materiales y servicios se dividió en dos instancias secuenciales independientes. Una primera instancia cuyo objetivo es garantizar que todos los materiales y servicios se encuentren bien especificados y cargados a las respectivas órdenes de mantenimiento y una segunda instancia dedicada a la adquisición de los materiales.

En cuanto a los materiales, se evalúan dos tipos: los que surgen por la realización de algunos trabajos específicos y que no son objeto de la gestión de repuestos de almacén y los que nacen de las necesidades de repuestos para las revisiones e inspecciones programadas en los equipos e instalaciones. En el primer caso, los materiales se gestionan de forma individual y con base al estudio y análisis del trabajo (de acuerdo a la lista generada en el worklist). En el segundo, se trata de la gestión de materiales que existen en el stock del almacén (juntas, pernos, espárragos, válvulas, rodamientos etc.), por lo que se solicita como estrategia que el almacén sobrepase el stock máximo de los mismos. Una vez la parada ha terminado se regresará la cantidad de existencias al escenario normal.

#### **4.5. Ejecución (Parada)**

La fase de ejecución consta básicamente de la implementación de todo lo planificado y programado en instancias anteriores (ver capítulo 4). Los entregables en esta fase son los trabajos ejecutados en la planta, con los respectivos registros

establecidos para evaluar el plan de calidad. De esta fase también quedan todos los documentos y actas de seguimiento, las actualizaciones del plan de gestión y las actualizaciones del panorama de riesgos. Las instancias que componen la fase de ejecución son aquellas en las cuales se haya dividido el trabajo de acuerdo con el EDT y con el cronograma.

#### **4.6. Evaluación final y cierre (Post-Parada)**

Una vez culminada la fase de ejecución de los trabajos, la Planta de alcohol carburante, realiza las siguientes evaluaciones:

- Evaluación de las pruebas de arranque y operativas de la planta, en las partes que sea aplicable.
- Evaluación de la gestión de los trabajos en lo que tiene que ver con la metodología propuesta (planificación, programación, seguimiento y control).
- Evaluación de la ejecución de los trabajos de acuerdo con lo establecido en el plan de gestión integrado, haciendo énfasis en el cumplimiento o incumplimiento de los criterios de calidad y en las premisas de trabajo que se establecieron en la fase planificación.

Para realizar el cierre del proyecto de la parada, se realizan los siguientes informes:

- Informe de actividades realizadas.
- Informe de resultados de las pruebas pre-operativas y operativas.
- Informe de evaluación de la gestión y ejecución de los trabajos, el cual debe incluir las lecciones aprendidas.
- Informe de actividades pendientes.

Terminados y aprobados estos documentos, el proyecto se da por cerrado y los recursos son liberados completamente para ser asignados a nuevas actividades.

#### **4.7. Recomendaciones (lecciones aprendidas)**

De acuerdo a los resultados emitidos en los informes del cierre de la parada, se realiza un informe donde queden expuestas todas las posibles desviaciones del modelo propuesto y sus posibles acciones correctivas. Esto con el fin de ajustar el próximo proyecto de parada de planta y lograr una mejora del plan.

El responsable o líder de proyecto de parada, con la ayuda de sus colaboradores describe todo lo concerniente con:

- Trabajos que se han salido de programa. Causas y medidas correctivas.
- Vicios y defectos ocultos en los equipos que no se tomaron en cuenta y las posibles soluciones.
- Errores y fallos en los trabajos. Causas y medidas de corrección.
- Actualización de la gestión de repuestos.
- Actuación de las empresas que han colaborado en la parada. Calificación
- Resultados e impacto de la organización de la parada. Funcionamiento.



## ***CAPÍTULO V. APLICACIÓN DEL MODELO DE PROPUESTA PARA PARADA DE PLANTA DE LA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE\****

A continuación, se detallan los resultados del modelo aplicado en la planta de alcohol carburante.

### **5.1. Estado actual de la gestión de paradas de planta en la Planta de alcohol carburante.**

Con el fin de evaluar la gestión del mantenimiento para proyectos de parada de planta de la empresa, se realizó una encuesta enfocada al proceso metodológico básico usado para la realización de proyectos de este tipo, donde se pueda evidenciar las principales necesidades para una correcta gestión.

#### **Diseño y ejecución de la encuesta**

De acuerdo a lo mencionado en el apartado método de preparación y evaluación de la encuesta, se aplicó el estudio según las necesidades del proyecto. En el Anexo D se presentan las preguntas realizadas al personal.

#### **Resultados evaluación estado actual de la gestión de parada de planta.**

En la tabla 4 se presenta los resultados finales obtenidos de la encuesta del estado actual del mantenimiento para paradas de planta. Como se puede observar en la ilustración 20, la fase del clico del proyecto que obtuvo una menor

---

*\* Se presentan los datos más representativos y concluyentes para el presente proyecto de grado. Algunos datos son omitidos (o presentados con la letra X) para conservar la confidencialidad de la información de la empresa.*

puntuación es el relacionado con el control del proyecto. Por otro lado, la mejor área de conocimiento y control en cuanto a la gestión es la de costos. Estos resultados permiten dar un enfoque primario al modelo que se propone en este estudio, además ayuda a dar un piso o un soporte a los lineamientos del modelo necesarios para gestionar la parada de la planta en la Planta de alcohol carburante. También ayuda a establecer las oportunidades de mejora e identificar las deficiencias del proceso de gestión de mantenimiento en parada de planta estudiado en este caso.

En síntesis se concluye que la gestión del proyecto se ha visto afectada en cuanto a la preparación, ya que el equipo de trabajo refleja la necesidad de tener un estándar o modelo que permita prever y direccionar la parada de planta durante su ejecución. Igualmente, este hecho se ve asociado con el resultado de la calificación de la etapa del proyecto relacionada con el control, ya que se demuestra que la falta de un modelo que guíe de una manera estructurada el desarrollo de la parada, resulte en dificultades para mantener el proyecto bajo los estándares requeridos. En este sentido las ilustraciones 18 y 19, demuestran que se debe enfatizar en mejorar principalmente estos 2 factores, de esta forma el modelo propuesto se enmarca la mejora del proceso de gestión enfocado en las necesidades de mejora específicas del departamento encargado de dicho proceso.

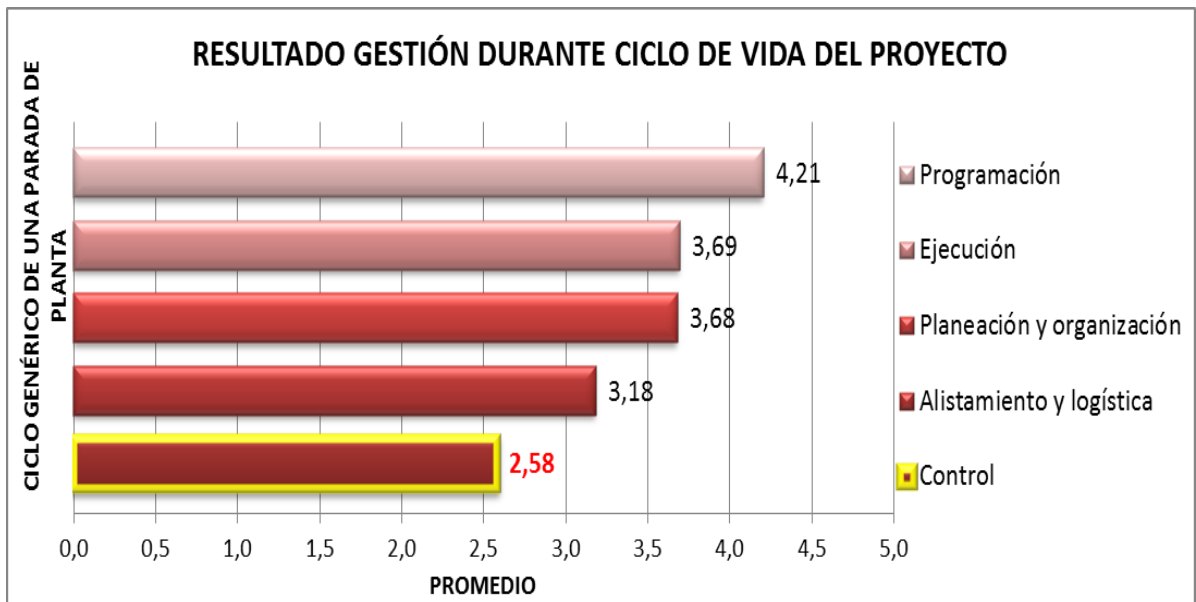


Ilustración 18. Resultado gestión durante ciclo de vida del proyecto. Fuente: Elaboración propia

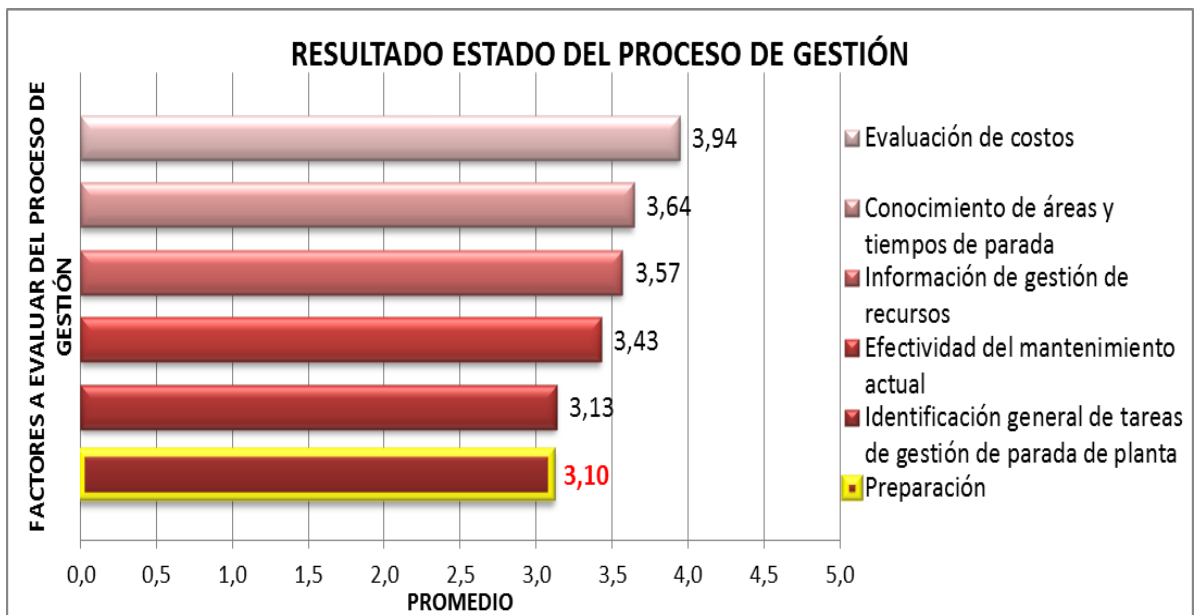


Ilustración 19. Resultado estado del proceso de gestión. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta, es posible tener una visión del estado actual del sistema de gestión, por lo que los esfuerzos del plan de parada son enfocados proporcionalmente en aquellas áreas que existen más falencias, para después proceder con la aplicación de modelo propuesto de una manera más eficaz.

La encuesta involucró a los siguientes interesados relacionados directamente con la gestión del proyecto:

- Jefe de producción
- Líder de proyecto de parada
- Planeador de parada
- Técnico de mantenimiento

	Planeación y organización	Programación	Alistamiento y logística	Ejecución	Control	Promedio
Identificación general de tareas de gestión de parada de planta	3,17	3,67	2,83	3,83	2,17	<b>3,13</b>
Conocimiento de áreas y tiempos de parada	3,93	4,60	3,13	4,07	2,47	<b>3,64</b>
Información de gestión de recursos	3,55	4,14	3,43	3,86	2,86	<b>3,57</b>
Preparación	3,33	3,92	2,85	3,15	2,23	<b>3,10</b>
Evaluación de costos	4,57	4,57	3,71	3,71	3,14	<b>3,94</b>
Efectividad del mantenimiento actual	3,53	4,33	3,13	3,53	2,60	<b>3,43</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,68</b>	<b>4,21</b>	<b>3,18</b>	<b>3,69</b>	<b>2,58</b>	

Tabla 4. Resultados finales encuesta estado actual gestión de parada de planta. Fuente: Elaboración propia

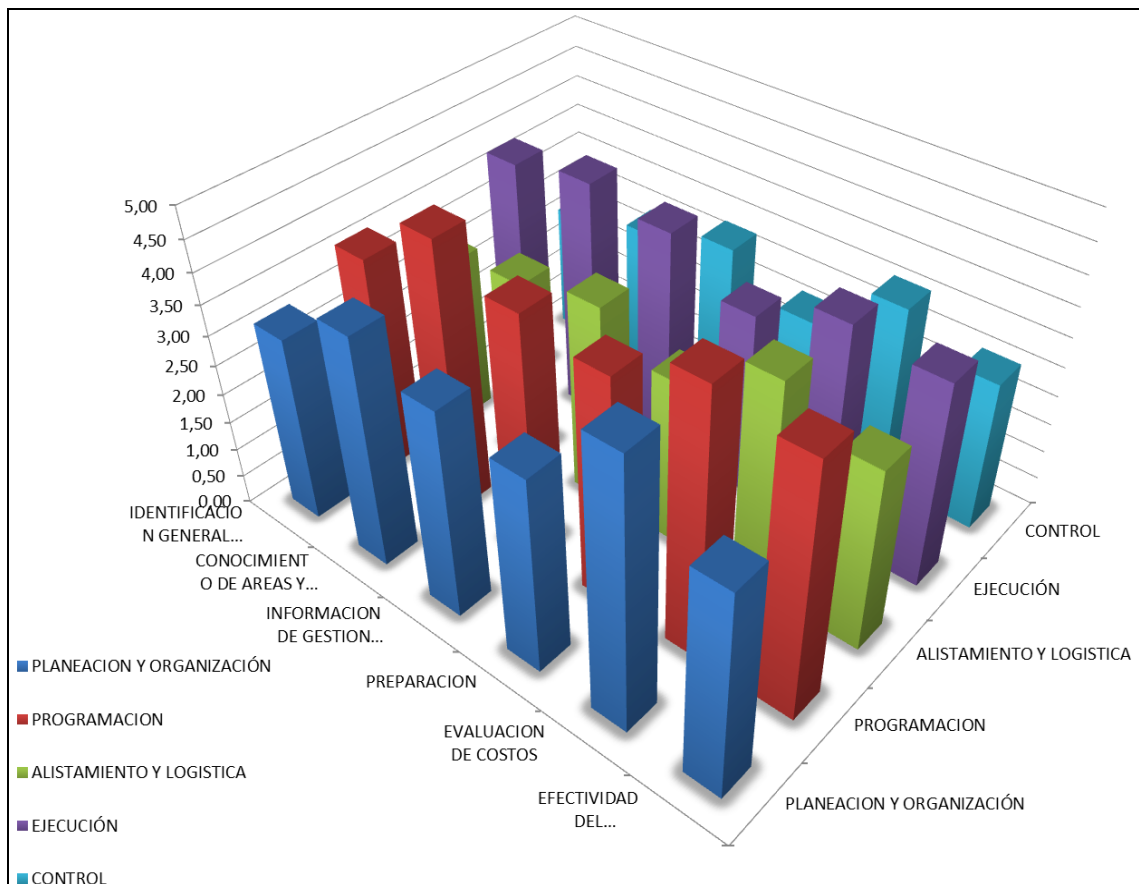


Figura 20. Resultados finales encuesta estado actual gestión de parada de planta. Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Planificación (mediano plazo)

### Definición de preliminares:

- **Misión del proyecto**

Para el proyecto de parada de planta consiste en planear y ejecutar todas las tareas de aseo y reparaciones programadas de los equipos que requieran un paro total de producción o cuya duración excedan 60 horas. Igualmente se incluyen las actividades orientadas a mantener la disponibilidad de los equipos críticos de acuerdo al plan de mantenimiento de la empresa.

- **Objetivos**

- Desarrollar la parada de la planta cumpliendo con las especificaciones del cliente en cuanto a alcance, tiempo y costo, de tal manera que se mantenga la disponibilidad de los equipos críticos.
- Mejorar las condiciones de proceso.

- **Visión del alcance**

El departamento encargado de realizar y ejecutar el proyecto de parada de planta, desarrolla la planificación y ejecución de tareas de limpieza, mantenimiento de equipos críticos de acuerdo a los planes establecidos y reparaciones programadas por la planta.

- **Estructura del equipo de trabajo**

- Los interesados directos en el proyecto de parada de planta son: el departamento de producción y el departamento de mantenimiento
- Organigrama del proyecto de parada de planta:

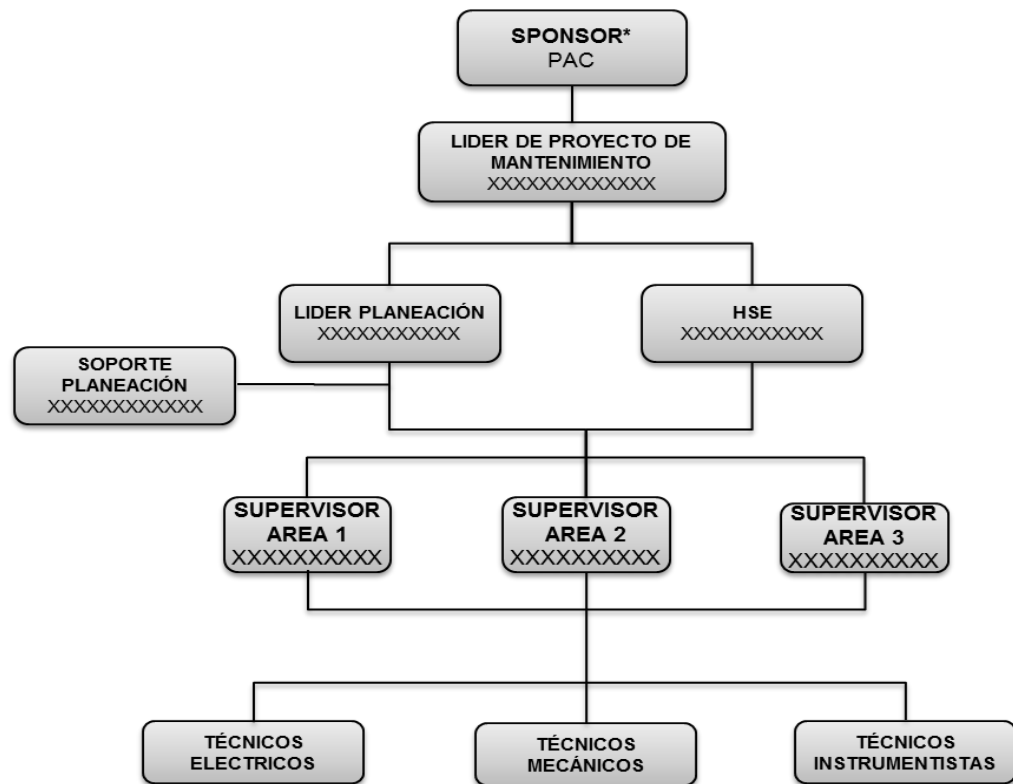


Ilustración 21. Organigrama Parada de Planta de alcohol carburante. Fuente: Elaboración propia.

\*SPONSOR: Empresa encargada del servicio de mantenimiento

- **Premisas de trabajo**

- Roles y responsabilidades:

- Departamento de producción: Sponsor o solicitante del servicio de la planeación y ejecución de proyecto de parada para mantenimiento mayor.
- Departamento de mantenimiento: Planeación y ejecución de proyecto de parada de planta.

- Premisas de seguridad industrial (HSE):

Se define:

- Sistema de permisos de trabajo
- Aislamientos de energía

- Peligros identificados en la administración de riesgos de HSE
- Requerimientos de entrenamiento en uso de elementos y equipos de protección personal requerido
- Organización para rescate
- Organización para evacuación

- **Estructura para control de cambios**

<b>INTERACCION EN LA GESTION DE CAMBIOS</b>			
<b>Nivel Jerárquico</b>	<b>Persona Asignada</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>Niveles de autoridad</b>
<b>Jefe Planta de Alcohol</b>	X	Tomar decisiones definitivas en situaciones que el proyecto de parada requiera aprobación	Total sobre el proyecto.
<b>Comité de Control de Cambios</b>	Personal representante de departamento de producción y el departamento de mantenimiento	Decidir los cambios que se aprueban, rechazan o difieren.	Autorizar, rechazar, o diferir solicitudes de cambio.
<b>Líder de proyecto de parada</b>	X	Evaluar impactos de las solicitudes de cambio y hacer recomendaciones. Revisar y evaluar solicitudes de cambio.	Hacer recomendaciones sobre los cambios.
<b>Planeador de parada y mantenimiento</b>	X	Captar las iniciativas de cambio de los interesados y formalizarlas en solicitudes de cambio.	Emitir solicitudes de cambio.
<b>Interesados (Stakeholders)</b>	Cualquiera	Solicitar cambios cuando lo crea conveniente y oportuno.	Solicitar cambios.

Tabla 4. INTERACCIÓN EN LA GESTIÓN DE CAMBIOS. Fuente: Elaboración propia

<b>PROCESO GENERAL DE GESTIÓN DE CAMBIOS</b>	
<b>SOLICITUD DE CAMBIOS:</b> Captar las solicitudes y preparar el documento en forma adecuada y precisa.	El planeador del proyecto se contacta con el interesado cada vez que capta una iniciativa de cambio. Entrevista al interesado y levanta información detallada sobre lo que desea. Formaliza la iniciativa de cambio elaborando la solicitud de cambio mediante el formato correspondiente. Presenta la solicitud de cambio al líder de proyecto de parada.



<p><b>VERIFICAR SOLICITUD DE CAMBIOS:</b> Asegurar que se ha provisto toda la información necesaria para hacer la evaluación.</p>	<p>El líder del proyecto de parada analiza a la solicitud de cambio. Verifica que esté la información que se necesita para hacer una evaluación. Completa la solicitud de cambio si es necesario. Registra la solicitud para el control de solicitudes de cambio.</p>
<p><b>EVALUAR IMPACTOS:</b> Evalúa los impactos de los cambios.</p>	<p>El líder de proyecto de parada evalúa los impactos del cambio en todas las líneas base del proyecto. Describe en la solicitud de cambio los resultados de los impactos que ha calculado. Efectúa su recomendación con respecto a la solicitud de cambio que ha analizado. Registra el estado de la solicitud para el control de solicitudes de cambio.</p>
<p><b>TOMAR DECISIÓN Y REPLANIFICAR:</b> Se toma la decisión de acuerdo a los impactos, (dependiendo de los niveles de autoridad), se replanifica según sea necesario.</p>	<p>El comité de control de cambios evalúa los impactos calculados por el líder de proyecto y toma una decisión sobre la solicitud de cambio (aprobar, rechazar, o diferirla total o parcialmente). En caso de no poder llegar a un acuerdo el sponsor tiene el voto decisivo. Comunica su decisión al líder de proyecto de parada, quién actualiza el estado de la solicitud para el control de solicitudes de cambio.</p>
<p><b>IMPLANTAR EL CAMBIO:</b> Se realiza el cambio, se monitorea el progreso, y se reporta el estado del cambio.</p>	<p>El líder de proyecto de parada replanifica el proyecto para implantar el cambio aprobado. Comunica los resultados de la replanificación a los involucrados. Coordina con el equipo de proyecto la ejecución de la nueva versión de plan de proyecto. Actualiza el estado de la solicitud para el control de solicitudes de cambio. Monitorea el progreso de las acciones de cambio. Reporta al comité de control de cambios el estado de las acciones y resultados de cambio.</p>
<p><b>CONCLUIR EL PROCESO DE CAMBIO:</b> Asegura que todo el proceso haya sido seguido correctamente, se actualizan los registros.</p>	<p>El líder de proyecto de parada verifica que todo el proceso de cambio se ejecute correctamente. Actualiza todos los documentos, registros, y archivos históricos correspondientes. Genera las lecciones aprendidas. Actualiza el estado de la solicitud para el control de solicitudes de cambio.</p>

Tabla 5. PROCESO GENERAL DE GESTIÓN DE CAMBIOS. Fuente: Elaboración propia.

<p align="center"><b>PLAN DE CONTINGENCIA ANTE SOLICITUDES DE CAMBIO URGENTES</b></p>
<p>El único autorizado para utilizar y ejecutar personalmente este plan de contingencia es el líder de proyecto de parada:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Registrar personalmente la solicitud de cambio.</li> <li>2. Verificar la solicitud de cambio.</li> <li>3. Evaluar Impactos.</li> <li>4. Tomar decisión: Antes de tomar decisión consultar al sponsor o a por lo menos dos miembros del comité de control de cambios.</li> <li>5. Implantar el cambio</li> <li>6. Formalizar el Cambio: convocar al comité de control de cambios y sustentar la necesidad de haber utilizado este procedimiento de urgencia. Comité de control de cambios formaliza la aprobación o reconsidera la decisión.</li> <li>7. Ejecutar decisión del comité.</li> </ol>

Tabla 6. PLAN DE CONTINGENCIA ANTE SOLICITUDES DE CAMBIO URGENTES. Fuente: Elaboración propia.

- **Presupuesto esperado**

El departamento de mantenimiento presenta el presupuesto general esperado para el proyecto de parada de planta y queda en espera de la aprobación de dichos montos de acuerdo al plan de mantenimiento presentado posteriormente en el proyecto. Para este caso se ha determinado crear un valor presupuestal basado en la experiencia de otros proyectos de parada, para lo cual se establece que se contará con un valor que oscila en +-25% del valor total de la última parada. Es decir, que si el costo total del último proyecto fue de 1000, el costo de la actual parada se mantendrá entre 750 y 1250 en su costo total.

- **Entregables y Fechas límite para cada fase**

En esta fase se generó a modo general las fechas límite esperadas para cada fase del proyecto:

- Inicio: Es el periodo de tiempo para presentación y evaluación de tópicos preliminares del proyecto.
- Planeación: Se establece el periodo de tiempo para presentar las actividades planificadas para el proyecto.
- Ejecución: Se define el lapso de tiempo necesario para lograr realizar la ejecución de las actividades planificadas.
- Cierre: Es la fecha límite para presentación de informes del proyecto.

Como entregable del proyecto se define el informe de cierre con las lecciones aprendidas.

## Planes de gestión

- **Gestión de alcance:** Los lineamientos en que se enmarcaron la parada de planta estuvieron basados en 3 aspectos, los trabajos principales necesarios para mantenimiento, las necesidades de compras y contratos que se aplican durante la ejecución, y la definición de las principales oportunidades de mejora que se pueden lograr durante la parada de planta.
  
- **Trabajos principales**
  - Definir y elaborar órdenes de trabajos de parada
    - Ordenes de trabajo críticas para la parada (worklist).
    - Proyectos de mantenimiento.
    - Necesidades de ampliaciones a planta.
    - Cambio de activos por finalización del ciclo de vida útil.
    - Definir documentos necesarios (planos, diagramas de tuberías, instrumentos y eléctricos, procedimientos, formatos, permisos de trabajo, análisis de seguridad del trabajo, etc.)
    - Alcance del trabajo y solicitud de parada.
    - Procedimiento
    - Análisis de seguridad del trabajo
    - Aval del análisis de seguridad del trabajo
    - Aislamientos eléctricos
    - Aislamientos de proceso
    - Aislamientos positivos
    - Requisición de materiales
    - Orden de compra
    - Fecha de entrega del proveedor definida
    - Separación física de materiales en bodega o lugar de acopio
    - Visto bueno del asignado para control de calidad.

- Control elaboración de paquetes de parada
  - o Definición de formato para control de los paquetes de trabajo

- **Compras y contratos**

Establecimiento de métodos para solicitud de:

- Compras equipos importados
- Términos de referencia
- Cotizaciones
- Requisición de materiales
- Contratos

- **Principales amenazas del proyecto de parada**

- No contar con personal profesional para la ejecución de las actividades (contratistas).
- Los materiales necesarios para la reparación no estén a tiempo para la ejecución.
- Condiciones climáticas adversas.
- Incumplimiento de personal contratista.

- **Principales oportunidades del proyecto de parada**

- Establecer un precedente aplicando la metodología de proyectos a la parada de planta, creando oportunidades para mejorar la gestión del proyecto.
- Generar un registro que permita tener un parámetro de comparación de gestión del proyecto para futuras paradas.

## Gestión de calidad

Se formalizó:

- **La política de calidad del proyecto de parada:** Especificar la intención de dirección que formalmente tiene el equipo de proyecto con relación a la calidad del proyecto.  
El proyecto se debe cumplir con los requisitos de calidad requeridos por la empresa y culminar el proyecto dentro del tiempo y el presupuesto planificados.
- **Línea base de calidad del proyecto de parada:** Especificar los factores de calidad relevantes para el cumplimiento la gestión del proyecto. Para cada factor de calidad relevante definir los objetivos de calidad, las métricas a utilizar, los formatos y las frecuencias de medición y los medios de reporte.
- **Matriz de actividades de calidad:** Se especifica para cada entregable de trabajo, si existe, un estándar, indicador o norma de calidad aplicable a su elaboración. De acuerdo a la capacidad del proceso que genera cada entregable, se diseña actividades de prevención y de control que aseguran la obtención de entregables con el nivel de calidad requerido.
- **Documentos normativos para la calidad:** Se establece que documentos normativos regirán los procesos y actividades de gestión de la calidad (procedimientos, plantillas, formatos, checklists, otros documentos).

- **Enfoque de procesos de gestión de la calidad:** En la planta de alcohol carburante se han definido los enfoques para realizar los procesos de gestión de la calidad de la siguiente manera:
  - **Enfoque de aseguramiento de la calidad**
    - El aseguramiento de calidad se hace monitoreando continuamente los resultados del control de calidad, y sobre todo las métricas del proyecto.
  - **Enfoque de control de la calidad**
    - El control de calidad se ejecuta revisando los entregables para ver si están conformes o no.
    - Los resultados de las mediciones se consolidan y envían al proceso de aseguramiento de calidad.
    - Así mismo en este proceso se hace la medición de las métricas y se informan al proceso de aseguramiento de calidad.
    - Los entregables que han sido reprocesados se vuelven a revisar para verificar si ya se han vuelto conformes.
    - Para los defectos detectados se trata de detectar las causas raíces de los defectos para eliminar las fuentes del error, los resultados y conclusiones se formalizan como solicitudes de cambio.
  - **Enfoque de mejora de procesos**

Cada vez que se requiera mejorar un proceso se realiza lo siguiente:

    1. Delimitar el proceso
    2. Determinar la oportunidad de mejora
    3. Tomar información sobre el proceso
    4. Analizar la información levantada
    5. Definir las acciones correctivas para mejorar el proceso
    6. Aplicar las acciones correctivas

7. Verificar si las acciones correctivas han sido efectivas
8. Estandarizar las mejoras logradas para hacerlas parte del proceso

## **Gestión de costos**

En el análisis de costos de la parada de la Planta de alcohol carburante se evaluaron los siguientes aspectos:

- **Costos fijos y variables (directos, indirectos y generales):** como costos fijos se consideran a aquellos que se produzcan sin tener en cuenta el número de tareas de mantenimiento realizadas (por ejemplo, costos de instalaciones). Los costos variables son aquellos que dependen del volumen de las tareas de mantenimiento realizadas. Normalmente, estos costos se deben al material y a la mano de obra empleados.
- **Costo inicial de mantenimiento:** el costo de inversión inicial es la inversión total necesaria para establecer el sistema de mantenimiento preparado para la operación. Son los costos de inversión inicial de una máquina-herramienta, por ejemplo, pueden incluir el costo de la máquina, la formación del personal, la instalación, el transporte, la dotación inicial de accesorios y el equipo de apoyo.
- **Costo de oportunidad:** el mantenimiento acarrea costos, pero las consecuencias que surgen de no efectuar el mantenimiento también acarrear otros costos, que a menudo pueden ser bastante mayores. Como el alcance del mantenimiento y su frecuencia de ejecución son necesariamente limitados, se debe controlar y optimizar el mantenimiento según ciertos criterios. El costo de oportunidad o costo de ingresos perdidos es directamente proporcional al producto del tiempo que el sistema pasa en

estado de fallo o en parada y la tasa de ingresos por hora que percibe el usuario por la utilización del producto (Ver Anexo C, tabla 21).

Dentro del plan de gestión de costos se determinó que se debe realizar un control diario, de tal manera que se obtenga un informe donde se evidencie el estado del proyecto en cuanto a las variaciones de los costos.

### **Gestión de riesgos**

Usando el Anexo E (tabla 30) como guía para generar un panorama de riesgos del proyecto, se realizó un análisis cualitativo de riesgos para generar una clasificación evaluada por los involucrados.

En total se identificaron 75 riesgos, en la tabla 31 del Anexo G se presentan los resultados de la evaluación de riesgos, los cuales fueron divididos en 9 grupos principales:

1. Operaciones
2. Logística
3. Seguridad (HSE)
4. Seguridad física
5. Desarrollo de la parada
6. Recursos humanos
7. Repuestos y herramientas
8. Gestión

Los resultados de la fase de gestión de riesgos permiten al equipo de trabajo del proyecto evaluar los impactos en el plan de riesgos.



## Gestión de comunicaciones, roles y responsabilidades

Se definieron los roles y responsabilidades del personal que representa a cada parte, tanto al departamento de mantenimiento como al departamento de producción, en las fases de planeación y ejecución de la parada. La tabla 8, se presentan los elementos principales de comunicación para el proyecto.

INFORMACIÓN	CONTENIDO	FORMATO	NIVEL DE DETALLE	RESPONSABLE DE COMUNICAR	GRUPO RECEPTOR	METODOLOGIA O TECNOLOGIA	FRECUENCIA DE COMUNICACIÓN
Planificación del proyecto	Planificación detallada del Proyecto: Alcance, Tiempo, Costo, Calidad, RHH, Comunicaciones, Riesgos, y Adquisiciones	Plan del proyecto	Muy alto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
Reunión de Coordinación del Trabajo	Reunión de Coordinación Semanal, del equipo del proyecto	Reunion	Alto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
Reunión de Control de Trabajo del Proyecto	Identificar los factores que producen cambios y si un cambio se ha producido. También monitorear la implementación de los cambios aprobados	Reunion	Alto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
Estado del Proyecto	Estado Actual, Progreso, Indicadores de costo y planeación, Pronóstico de Tiempo y Costo, Problemas y pendientes	Reporte de rendimiento	Alto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
Cierre del proyecto	Informe de rendimiento, Lecciones aprendidas, Métricas, Acta de Aceptación del Proyecto Archivo Final del Estudio de Prefactibilidad	Reporte Cierre del proyecto	Medio	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
Informe de cierre del proyecto		Informe de cierre	Alto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX

Tabla 8. Matriz definición de los elementos de comunicación de la parada. Fuente: Planta de alcohol carburante.

## Gestión de adquisiciones

En la tabla 9 se presenta un ejemplo de modo general, de la evaluación de adquisiciones necesarias para la correcta ejecución de la parada. En esta fase los involucrados definieron sus responsabilidades para entregar dichas adquisiciones en las fechas programadas.

Descripción con especificaciones	Fecha Inicio	Fecha Fin	Responsable	No de Requisición	Comentarios
Licitación contratistas de mantenimiento mecánico (Listado de trabajos mecánicos)	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Lider de parada	XXXXXXXXXX	
Licitación contratistas de mantenimiento eléctrico (Listado de trabajos eléctricos)	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Lider de parada	XXXXXXXXXX	
Licitación contratistas de mantenimiento para instrumentación (listado de trabajos para calibración de equipos)	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Lider de parada	XXXXXXXXXX	
Alquiler de equipos	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Alquiler de carpas	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Alquiler de mesas y sillas	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Agua	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Transporte personal	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Alquiler de grúa	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	
Otros requerimientos	xx-xx-xxxx	xx-xx-xxxx	Planeador	XXXXXXXXXX	

Tabla 9. Control de necesidades de adquisiciones primarias. Fuente: Planta de alcohol carburante.

## Definición del alcance

En este caso de estudio y de acuerdo a las actividades establecidas en el alcance inicial, se ha definido como único entregable el desarrollo total de la parada de planta, teniendo como entregables intermedios o paquetes de trabajo aquellas áreas necesarias para realizar el mantenimiento mayor. Las áreas para realizar el mantenimiento son:

- Evaporación 1
- Fermentación
- Evaporación 2
- Destilación
- Torre de enfriamiento
- Almacenamiento
- Planta de tratamiento (PTAR)
- Planta de mezcla

## Diseño de EDT

Con la lista de tareas definidas en el alcance se genera la estructura detallada de trabajos, que involucra las áreas de la planta susceptibles para mantenimiento y sus respectivas necesidades (mantenimiento mecánico, eléctrico y de instrumentación). En la ilustración 22 se presenta el EDT del proyecto.

A partir del EDT se jerarquiza la importancia de cada de área para después generar el cronograma de trabajos.

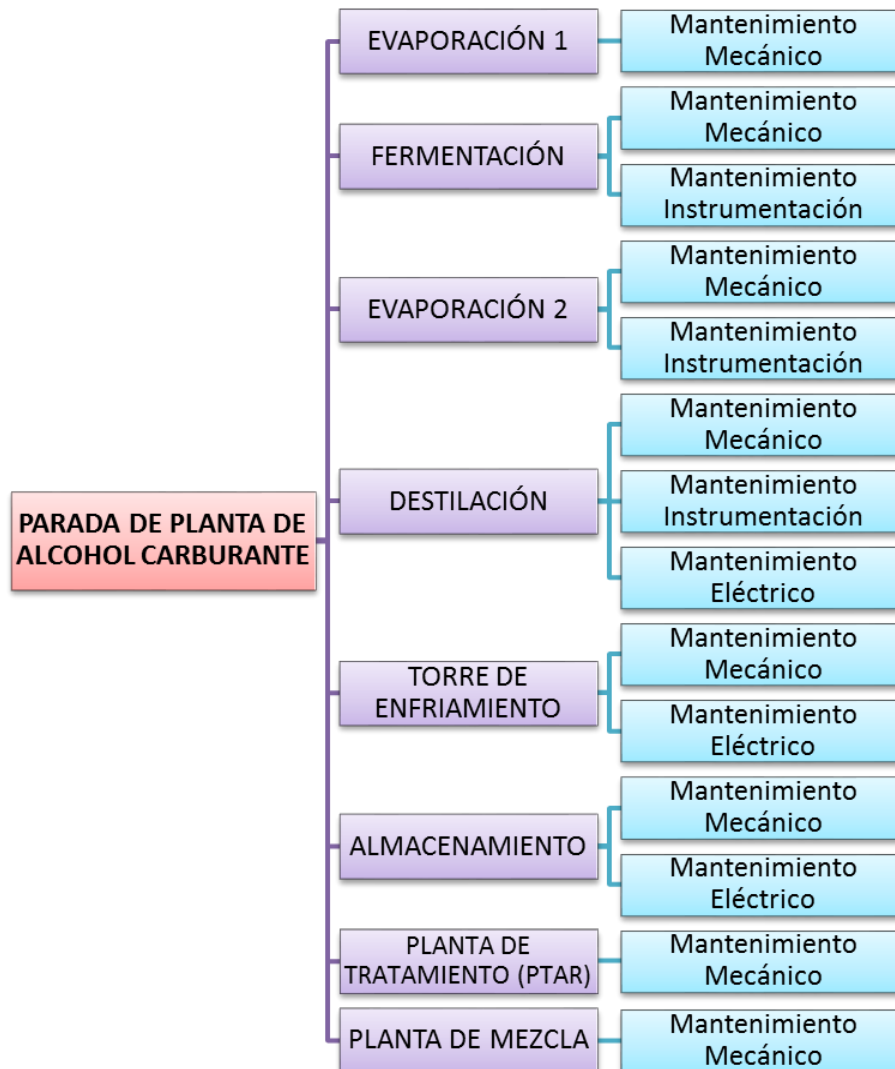


Ilustración 22. EDT parada de planta de alcohol carburante. Fuente: Elaboración propia.

## **Análisis Jerárquico de Procesos**

### **Áreas seleccionadas para mantenimiento durante parada de planta**

De acuerdo a los resultados obtenidos del worklist de los avisos u órdenes de trabajo para mantenimiento, se encontró que las áreas para mantenimiento son:

- Fermentación
- Destilación
- Evaporación 1
- Evaporación 2
- Torre de enfriamiento
- Almacenamiento
- PTAR (Planta de tratamiento de agua residual)
- Planta de mezcla

En resumen el AHP se desarrolla tomando en cuenta los siguientes aspectos:

Nivel 1. Objetivo fundamental.

- Zonas de mayor impacto durante la parada de planta

Nivel 2. Criterios.

- Frecuencia de fallos
- Niveles de detección o control de los fallos
- Niveles de severidad
- Costes de los fallos dentro del contexto operacional

### Nivel 3. Alternativas

- Fermentación
- Destilación
- Evaporación 1
- Evaporación 2
- Torre de enfriamiento
- Almacenamiento
- PTAR (Planta de tratamiento de agua residual)
- Planta de mezcla

### Evaluación del nivel de importancia de los criterios seleccionados

En la tabla 10 se presenta el personal o expertos que están involucrados en el proceso de gestión y ejecución de la parada:

Involucrados	No. Personas
Líder de proyecto de parada	1
Jefe de producción	1
Planeador de mantenimiento	1
Planeador de parada	1
Técnicos de mantenimiento	3

Tabla 10. Involucrados para análisis AHP. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el software Expert Choice 11 versión de prueba.

## Presentación de interface de Criterios y Alternativas

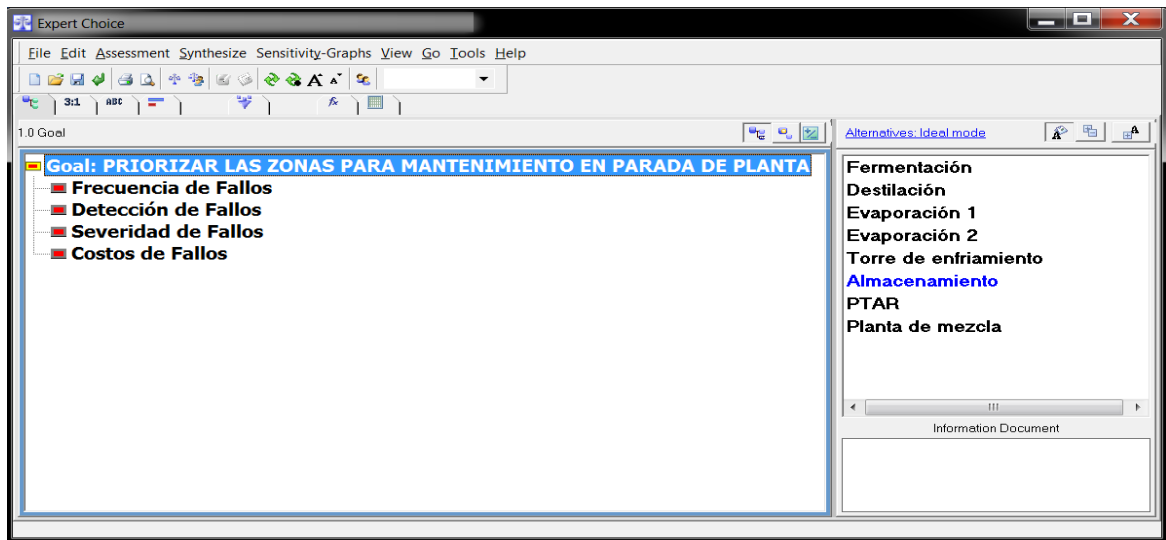


Ilustración 23. Presentación de interface de criterios y alternativas. Fuente: Elaboración propia.

La comparación pareada, realizada para los cuatro criterios considerados en el proceso de jerarquización de los sistemas de la planta (la escala de valoración de juicios utilizada para realizar la comparación entre los criterios evaluados es la mostrada en la tabla 3).

Con los valores ingresados el programa calcula automáticamente las prioridades resultantes de los criterios y además el coeficiente de consistencia de los juicios expresados, el cual valida que los juicios no tengan errores entre ellos, es decir, que no se haya producido contradicciones en los mismos. Según lo consultado en el artículo de Osorio y Orejuela (2007), un valor de este coeficiente inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que sea mayor, las opiniones y los juicios deben ser reevaluados. Como se puede evidenciar en la ilustración 24, el coeficiente de consistencia fue de 0,06.

Los datos para la comparación pareada y para la evaluación de los criterios con las alternativas, que se obtuvieron producto de las reuniones con los expertos o

involucrados en el proceso de gestión del proyecto, se ingresaron en software Expert Choice 11 versión de prueba y se pueden evidenciar en el Anexo F.

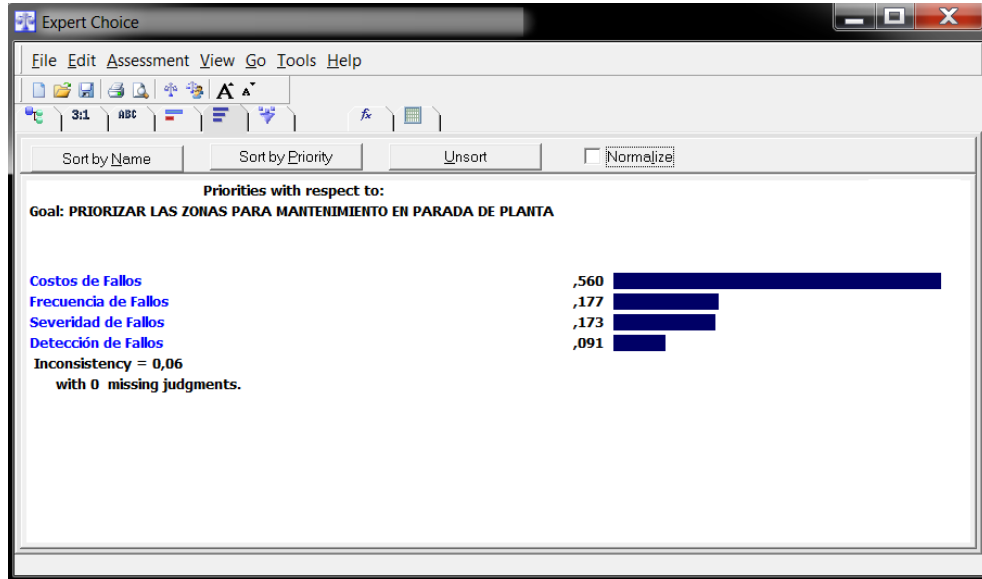


Ilustración 24. Resultados comparación pareada de criterios. Fuente: Elaboración propia

Una vez ingresados los valores de las matrices de comparaciones pareadas, con el software de análisis del AHP, se realiza el proceso de síntesis, es decir, se procede a calcular las prioridades de las alternativas respecto de la meta global.

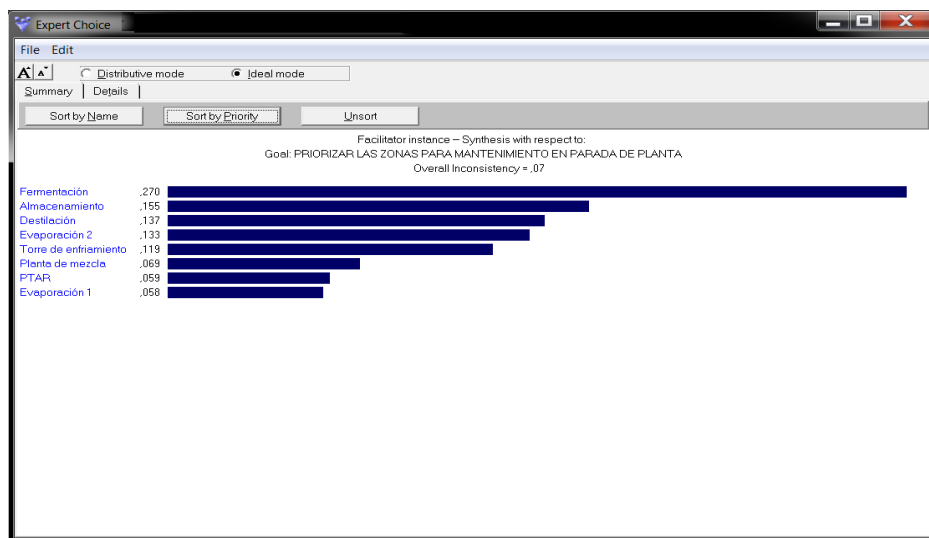


Ilustración 252. Resultados para selección de alternativas. Fuente: Elaboración propia.

## **Resultados del modelo de análisis jerárquico**

Las prioridades obtenidas en la corrida del modelo, sugieren que la zona más importante para las políticas de mantenimiento de la actual parada de planta es dedicar los esfuerzos de gestión hacia la zona de Fermentación. El área de Fermentación es la que mejor cumple con los criterios, obteniendo una prioridad de 27%.

De acuerdo a los resultados el orden de priorización por importancia para la parada de la planta de alcohol carburante:

1. Fermentación
2. Almacenamiento
3. Destilación
4. Evaporación 2
5. Torre de enfriamiento
6. Planta de Mezcla
7. PTAR
8. Evaporación 1

La evaluación jerárquica de las zonas la planta en cuanto al proceso de gestión de la parada, permite tener una mayor claridad al generar el cronograma de actividades, permitiendo optimizar el tiempo límite para este proceso. Por otro lado, al incluir a los involucrados o para este caso los expertos en el proceso de análisis jerárquico, genera una mayor fiabilidad de los resultados esperados para el proyecto de parada, haciendo que algunos factores que se percibían como cualitativos, se definan como cuantitativos con un consenso general.



### 5.3. Programación (corto plazo)

#### Cronograma

De acuerdo al worklist y a los resultados obtenidos del análisis jerárquico se logró realizar el cronograma del proyecto (ver Anexo H), utilizando como herramienta de control y seguimiento el software utilizado por la empresa: La tabla 11 resume el listado de paquetes “macro” con la respectiva cantidad de tareas a realizar en cada uno.

LISTA TAREAS PARADA PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE			No de tareas
FERMENTACION	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	95
		EXTRACION DE LODOS	24
		CALIBRACIÓN VALVULAS DE SEGURIDAD	15
		REPARACIONES METALMECÁNICAS	24
	PLAN MTTO INSTRUMENTACION (CONTRATISTAS)	MTTO TRANSMISORES	34
DESTILACION	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	49
		EXTRACCION DE LODOS	5
		RBI	13
		CALIBRACIÓN VALVULAS DE SEGURIDAD	50
	PLAN MTTO INSTRUMENTACION (CONTRATISTAS)	MTTO TRANSMISORES	22
	PLAN MTTO ELÉCTRICO (CONTRATISTAS)	MTTO ELECTRICO A EQUIPOS	17
EVAPORACION 1	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	12
		RBI	2
		REPARACIONES METALMECANICAS	8
EVAPORACION 2	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	26
		EXTRACCION DE LODOS	3
		RBI	24
		CALIBRACIÓN VALVULAS DE SEGURIDAD	6
	PLAN MTTO INSTRUMENTACION (CONTRATISTAS)	MTTO TRANSMISORES	14
TORRE DE ENFRIAMIENTO	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	9
		EXTRACCION DE LODOS	6
		REPARACIONES METALMECANICAS	1
		RBI	2
	PLAN MTTO ELÉCTRICO (CONTRATISTAS)	MTTO ELECTRICO A EQUIPOS	3
ALMACENAMIENTO	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	6
		RBI	3
		CALIBRACIÓN VALVULAS DE SEGURIDAD	6
	PLAN MTTO ELÉCTRICO (CONTRATISTAS)		2
PTAR	PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	LIMPIEZA DE EQUIPOS	3
		EXTRACCION DE LODOS	2
		REPARACION TANQUES X	12
PLANTA DE MEZCLA	RBI		3
<b>TOTAL TAREAS</b>			<b>501</b>

Tabla 11. Resumen lista de tareas del cronograma. Fuente: Elaboración propia.

**Desarrollar los planes de ejecución de cada una de las tareas programadas.**

El requerimiento de mano de obra se puede evaluar con el diligenciamiento de la tabla 12 que se presenta a continuación, de acuerdo a las actividades programadas y el tiempo requerido para ejecutar dicha tarea:

PROGRAMACIÓN PERSONAL MANTENIMIENTO				
ACTIVIDAD (codificada en cronograma)	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FINAL	PERSONAL -CONTRATISTA REQUERIDO
295. Hidrolavado de tubos de intercambiador	Supervisor área Destilación	XX/XX/XX	XX/XX/XX	EXTERNO (CONTRATISTA)
573. Mantenimiento transmisor de flujo	Técnico instrumentista	XX/XX/XX	XX/XX/XX	PROPIO (PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE)
657. Reparación Bomba	Supervisor área de Fermentación	XX/XX/XX	XX/XX/XX	EXTERNO (CONTRATISTA)

Tabla 12. Ejemplos Formato listado necesidades de personal para la parada de planta. Fuente: Elaboración propia

Con la tabla 12, se carga el recurso mano de obra al software que se está utilizando para el control del proyecto de parada, para de esta manera verificar cuanto recurso humano hace falta contratar.

Las necesidades de materiales y requerimientos de mano de obra son consolidados en el cronograma controlado en el software de la empresa. En esta fase es posible cargar los datos obtenidos en la gestión de adquisiciones y la gestión de costos para cada tarea donde aplique. De esta manera, es posible obtener los resultados agrupados de los recursos gastados para la parada como se muestra en la Ilustración 26.

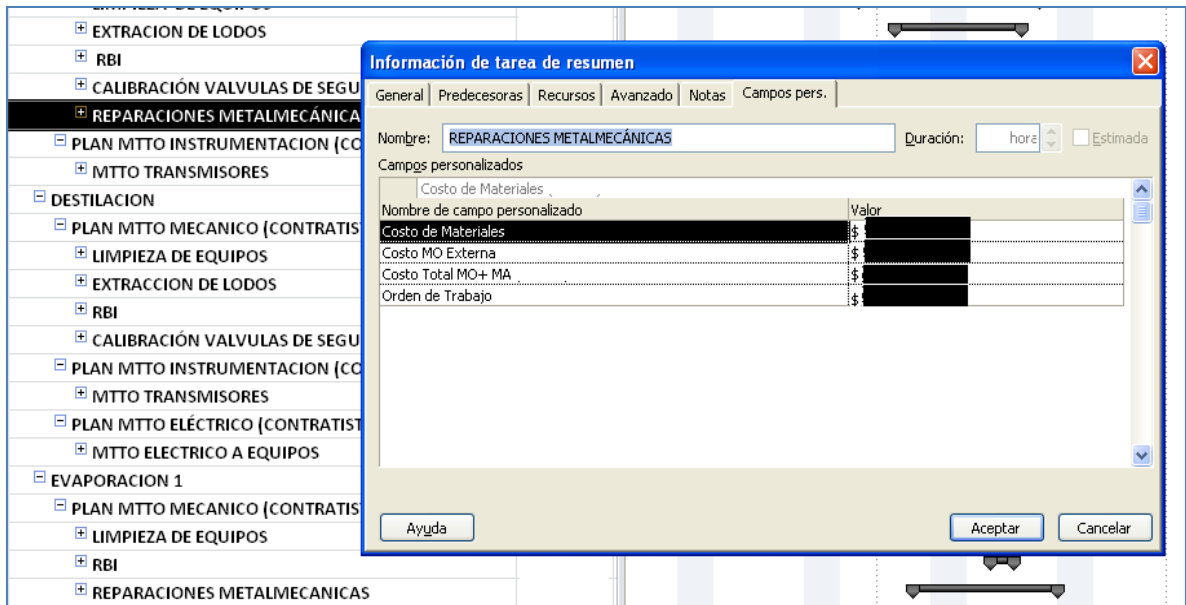


Ilustración 26. Presentación del plan de gestión de recursos y necesidades. Fuente: Planta de alcohol carburante.

## Creación del plan de riesgos

Se genera el plan de riesgos que influyen directamente en la parada de la planta. Mediante una gráfica como la mostrada en la Ilustración 27, se resalta los riesgos según su clasificación por medio de colores. En el Anexo E, se evidencia algunos riesgos evaluados para el proyecto con su respectiva medida de reacción y control.

R1	R2	R10
R11	R33	R34
R55	R56	R58
R59	R65	R66
R68	R69	R74

Ilustración 273. Resultados plan de riesgos para la parada. Fuente: elaboración propia

## Presentación de presupuestos

En este apartado se consolida todos los valores por costos y necesidades encontradas para la parada a un nivel de detalle más alto. Por lo cual se compara

con el presupuesto inicial concertado para el proyecto y se ajusta a las necesidades reales proyectadas en la fase de planeación y programación. Este presupuesto es el que se debe controlar con un mayor detalle para evaluar los resultados de los mismos. Con el EDT ya definido, se cargan los valores de los costos por medio del software de gestión obteniendo como resultado la línea base o presupuesto definitivo de costos del proyecto.

<b>NOMBRE DE TAREA</b>	<b>COSTO MO+ MA</b>
<b>COSTO TOTAL PROYECTO PARADA DE PLANTA DE ALCOHOL CARBURANTE</b>	
<b>FERMENTACION</b>	<b>45,65%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	45,65%
Plan mtto instrumentación (contratistas)	0,00%
<b>DESTILACION</b>	<b>11,29%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	10,39%
Plan mtto instrumentación (contratistas)	0,00%
Plan mtto eléctrico (contratistas)	0,90%
<b>EVAPORACIÓN 1</b>	<b>15,99%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	15,99%
<b>EVAPORACIÓN 2</b>	<b>10,68%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	10,68%
Plan mtto instrumentación (contratistas)	0,00%
<b>TORRE DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>8,66%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	8,36%
Plan mtto eléctrico (contratistas)	0,30%
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>1,30%</b>
Plan mtto mecánico (contratistas)	1,10%
Plan mtto eléctrico (contratistas)	0,20%
<b>PTAR</b>	<b>6,30%</b>
PLAN MTTO MECANICO (CONTRATISTAS)	6,30%
<b>PLANTA DE MEZCLA</b>	<b>0,13%</b>
RBI	0,13%

Tabla 13. Presupuesto parada de planta. Fuente: Elaboración propia (Datos expresados como porcentajes para omitir valores confidenciales)

## Calidad e indicadores para la parada

Se preparan los documentos de calidad exigidos en la etapa de gestión de calidad. Además se establecen indicadores de desempeño diarios de acuerdo a la técnica de valor ganado (ver Anexo C, tabla 22)

Adicionalmente, para obtener los resultados generales y de acuerdo a las necesidades del proyecto para la evaluación final, se desarrollan los indicadores presentados en el Anexo C, tabla 21.

#### **5.4. Gestión Logística (Pre-Parada)**

Se aprueban todos los contratos con las respectivas cláusulas y restricciones, buscando asegurar la iniciación de trabajos en la parada. Se valida la información recopilada en la fase de gestión de adquisiciones para lograr cubrir:

- Medios necesarios para transporte (de máquinas, de mano de obra)
- Necesidades de mano de obra (alimentación, casinos, bebidas, lockers, vestideros y baños)
- Herramientas requeridas (compras de cajas de herramientas, préstamos de herramientas, alquiler de herramientas especializadas)
- Suministro de materiales (necesidades de bodegas, transporte interno de materiales, definición de proveedores de servicios)
- Entrega de elementos de protección (protección estándar, elementos particulares)

#### **5.5. Ejecución (Parada)**

La fase de ejecución consta básicamente de la implementación de todo lo planificado y programado en fases anteriores. En esta fase se realiza el seguimiento y control a los trabajos ejecutados, con los respectivos registros establecidos en el plan de calidad.

De esta fase también quedan todos los documentos y actas de seguimiento, las actualizaciones del plan de gestión y las actualizaciones del panorama de riesgos.

## **5.6. Evaluación final y cierre (Post-Parada)**

Para realizar el cierre del proyecto de la parada y dar cumplimiento al entregable definido en la fase de preliminares, se realizan los informes de los estatus finales del proyecto, además se define las actividades o factores que resultaron estar por fuera de las especificaciones o necesidades de la parada:

- Resultado de actividades realizadas.

En general el cronograma del proyecto presentado se cumplió a satisfacción, este resultado se argumenta principalmente con la diferencia de tiempo acumulado en retrasos comparado con otras paradas de planta.

- Perdida por retrasos (promedio años 2009, 2010, 2011. Ver tabla 1):
  - Retraso: 10,33 horas
  - Perdida por venta: \$ 203.472.222
- Resultado con modelo propuesto
  - Retraso: 4 horas
  - Perdida por venta: \$ 93.750.000
- Mejora obtenida:
  - En horas: 6,3
  - En pérdida por ventas: \$ 109.722.222

De igual forma se documenta las desviaciones más representativas que afectaron los tiempos programados.

- Atrasos en lavados en la zona de fermentación (retraso: 4,5 horas)
  - Algunos procedimientos se modificaron a último momento y esto entorpeció algunas operaciones (retraso: 3,5 horas)
  - Contratista mecánico tuvo problemas en cambios de turno. El personal no entregaba turnos generando demoras en arranque de actividades (total retraso por demoras en inicio de actividad: 5 horas).
- Informe de resultados de las pruebas pre-operativas y operativas.
    - Fugas en algunos sellos y tuberías. Resultado: reproceso de actividades (retraso: 4 horas).
  - Informe de evaluación de la gestión y ejecución de los trabajos.

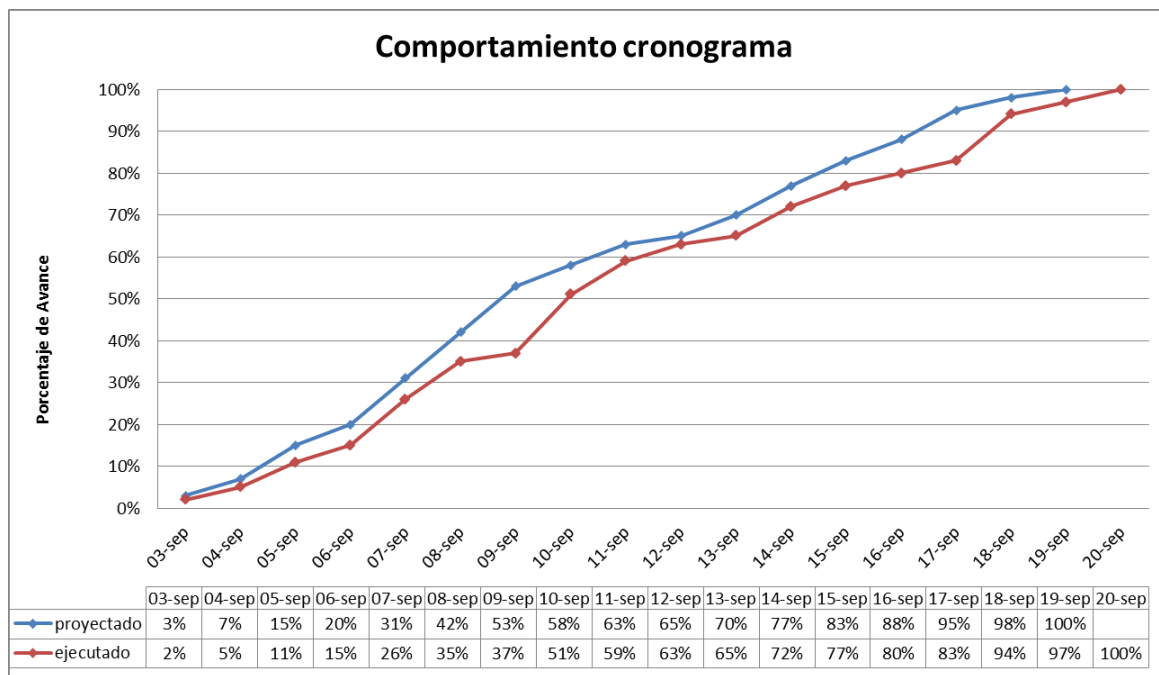


Ilustración 28. Resultados del cronograma. Fuente: Elaboración propia.

La Ilustración 28 presenta el cronograma del proyecto, el cual se desfasa en horas por los motivos expuestos anteriormente, el resultado es un retraso total de 4

horas respecto al cronograma propuesto. Gracias a las medidas tomadas en la fase de gestión logística y al panorama de riesgos se logró minimizar a 4 horas dicho retraso. En la tabla 14, se evidencia los resultados finales de los indicadores propuestos para el modelo.

CLASE	INDICADOR	RESULTADO
EFECTIVIDAD	$\% \text{ Desv. del plan} = \frac{(HH \text{ planif.} - HH \text{ ejecut.})}{HH \text{ planif.}}$	1,26%
	$\% \text{ Rechazos} = \frac{\text{No de Trabajos rechazados}}{\text{No de Trabajos ejecutados}}$	3,5%
RENDIMIENTO	$\% \text{ Ausentismo} = \frac{HH \text{ ausente}}{HH \text{ disponibles}}$ <i>HH = No Trabajadores x Horas programadas para la parada</i>	0 paros por ausentismo
	$\% \text{ FCH} = \frac{HH \text{ contratadas}}{HH \text{ propia} + HH \text{ contratadas}}$	80%
COSTOS	$\text{Desv. de costos} = \frac{\text{Gastos totales de la parada}}{\text{Costo total presupuestado para la parada}}$	0,85
	$\text{Costo de oportunidad} =$ <i>Dif. tiempo para arranque x</i> <i>Valor venta min Pn x Pn (litros por Hora)</i> <i>Dif. tiempo para arranque de PAC</i> <i>= Tiempo final parada - Tiempo pactado final parada</i>	\$ 93.750.000
SEGURIDAD	$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{No de accidentes durante la parada}}{\text{Total Horas de exposición}}$	0
	$\% \text{ Tiempo de retrasos por accidentes} = \frac{\Sigma \text{ Horas de retraso por accidente}}{\text{Total Horas de exposición}}$	0%

Tabla 14. Resultados indicadores de gestión de la parada. Fuente: Elaboración propia

Los índices demuestran que el modelo de gestión propuesto ha logrado disminuir las pérdidas por demoras en el arranque de la planta. Aunque surgieron inconvenientes, las medidas de precaución tomadas y el enfoque hacia las necesidades más importantes para el mantenimiento en parada de planta,



lograron un efecto de minimización de impactos negativos por retrasos. Esta situación quedó fundamentada con los resultados obtenidos de los indicadores de control diarios realizados con la técnica del valor ganado.

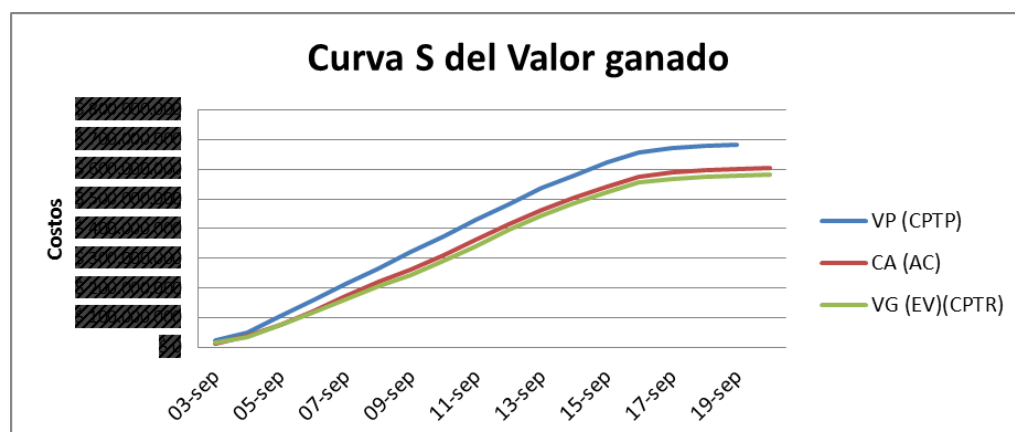


Ilustración 29. Curva S. Comportamiento del proyecto. Fuente: elaboración propia.

La Ilustración 29 muestra los resultados del seguimiento de control con el valor ganado. En conclusión el avance del proyecto no se siguió como se había presupuestado (VP). El valor ganado (VG) y los costos reales estuvieron por debajo por no cumplir el cien por ciento del total de actividades programadas al día. La tabla 15 presenta en promedio los resultados del control diario del comportamiento del proyecto. El análisis de los resultados se efectuó por medio del Anexo C, tabla 22.

INDICADOR	PROMEDIO DURANTE EL PROYECTO	RESULTADO PROMEDIO
Índice de Desempeño del Costo (IDC)	0,953	Se gastó más con relación al trabajo realizado
Índice del Desempeño del Tiempo (IDT)	0,854	No se está cumpliendo con lo planeado y está atrasado
variación de programación %VT (VS)	-0,145	El proyecto se encuentra atrasado con relación al cronograma de trabajo
Variación de los costos porcentualmente % VC (CV)	-0,052	El proyecto se encuentra encima de lo presupuestado

Tabla 15. Resultados promedio técnica de valor ganado. Fuente: elaboración propia.

De igual forma esta técnica permitió mantener el proyecto bajo las condiciones de control, además que se tomaron las medidas y cambios pertinentes en los momentos indicados.

- Informe de actividades pendientes:

Se describen todas aquellas actividades que no se lograron programar en la parada o que no se ejecutaron por su poca relevancia, esto para dejar evidencia de para realizar el trabajo en otras instancias. Esta información queda consignada en el informe de lecciones aprendidas.

### **5.7. Recomendaciones (Lecciones aprendidas)**

En el reporte se identifica el listado de actividades que se realizaron, con los respectivos resultados de las metodologías empleadas, además de un registro fotográfico de los mismos. Estas recomendaciones están enfocadas hacia la mejora continua del proceso de ejecución de la parada.

Para generar el listado consolidado de lecciones aprendidas (ver Anexo I), se insta una reunión con los encargados de cada actividad principal del proyecto, y de esta manera lograr identificar la mayor cantidad de ideas y oportunidades de mejora.

Entre las principales oportunidades de mejora que se identificó para la implementación del modelo, se pueden mencionar:

- Aquellas actividades que requirieron de una documentación más intensa fueron tomadas con un poco de rechazo. En sí mismo, el modelo plantea un cambio sustancial, al pasar de construir solo un cronograma con el que se solía trabajar ahora se tiene que documentar todas las fases que se han descrito en este proyecto, y en consecuencia lograr obtener juicios más objetivos para la evaluación y seguimiento del proyecto.

- Para un proyecto de este tipo la diversidad de horarios y lugares de trabajo de los involucrados, afecta de manera negativa en la efectividad de la comunicación constante de los resultados obtenidos diariamente durante la parada.
  
- Se debe reforzar la metodología para seleccionar y controlar los contratistas. Es un factor que permitiría integrar la mejora del modelo con el conocimiento del mismo.
  
- El modelo propuesto para paradas de planta no debe tomarse como concluyente y lineal para todo tipo de paradas, pero está diseñado para realizar los ajustes requeridos para cualquier otra necesidad de parada, en general el modelo de gestión se basa en los criterios y necesidades principales para programar los trabajos. Es claro que los resultados del modelo de gestión de parada de planta deben adaptarse y ajustarse al plan de mantenimiento diario ejecutado por el departamento de mantenimiento, por lo que se debe seguir realizando esfuerzos para que el modelo logre obtener resultados más consecuentes con las necesidades de la empresa.

## CONCLUSIONES

- Con el presente trabajo se logra constituir una guía para la gestión del proyecto de paradas de planta de Alcohol, generando un marco metodológico desarrollado paso a paso, cuya implementación y puesta en práctica permitió obtener resultados de mejora en los procesos de gestión. Todo enmarcado bajo herramientas de planeación planteadas en el mismo.
- El uso de herramientas de investigación como la encuesta de gestión del mantenimiento en paradas de planta y la evaluación del costo de oportunidad por demoras, permitió tener un panorama inicial de la problemática, encontrando que la empresa tiene inconvenientes relacionados con la planeación y control del mantenimiento programado en paradas de planta de Alcohol lo cual incrementa los costos por exceso de días de parada.
- La revisión literaria permitió encontrar diferentes modelos actuales para la gestión de este tipo de proyectos, lo cual evidencia que hoy en día las compañías buscan alinear sus procesos de calidad con la planeación de las paradas de planta, por lo tanto para obtener un modelo consistente con la problemática propuesta, este proyecto toma como guía las mejores prácticas como son los fundamentos de la dirección de proyectos (PMBOK) y la norma de calidad en proyectos ISO 10006.
- El análisis jerárquico es una herramienta que permite tomar decisiones usando detalles cualitativos y convirtiéndolos en cuantitativos. Esta herramienta, permitió dar una guía para acentuar en las falencias más significativas en el modelo de gestión. Por otro lado, el desarrollo de la técnica permite dar a conocer con más profundidad las necesidades reales de mejoramiento, ya que involucra a los expertos o interesados que más conocen del tema a evaluar. Se concluye que para este tipo de proyectos periódicos, es una herramienta de

gran utilidad, ya que se obtiene resultados de manera rápida, fácil y controlada, además que asocia las oportunidades de mejora entre proyectos.

- Los indicadores de gestión son una herramienta vital para obtener información inicial como también la de resultados finales. Por otro lado, dieron un diagnóstico del posible alcance del proyecto, permitiendo delimitar y considerar las necesidades del mismo. La implementación de indicadores de gestión de mantenimiento, estandarizados, seleccionados y de fácil manejo durante el proyecto de parada de planta permitió que el modelo propuesto se empleara en un mismo lenguaje en torno a los objetivos propuestos, permitiendo además conocer cuál es el nivel a mantener o superar en futuras paradas de planta.
- El desarrollo del modelo propuesto se logró identificando las necesidades del proyecto. La planeación detallada en las actividades de mayor importancia de la parada resultó como factor clave de éxito del modelo, ya que el diseño del mismo se centró en lograr identificar y mejorar aquellas falencias en el proceso de gestión. Por un lado el modelo redujo el tiempo para la toma de decisiones y los riesgos por inconvenientes de gestión respecto a paradas anteriores, por otro lado el método aumentó la profundidad del análisis para la gestión de este tipo de proyectos, el nivel de participación de los interesados, el grado de consenso para programar las actividades necesarias, la comunicación orientada a la tarea, la calidad de las decisiones tomadas, la seguridad y satisfacción con los resultados.
- El análisis de riesgos permitió identificar peligros de alta potencialidad y los controles a implementar. Las medidas tomadas para el cumplimiento efectivo de las actividades ante algún inconveniente logró que se realizara las soluciones a cualquier hora del día y la divulgación permitió que todos los integrantes de la parada estén como responsables de esta gestión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ACIEM. (2009). Estado del Arte Mantenimiento en Colombia. Recuperado Mayo 2012, de: <http://aciem.org/home/index.php/aciem/comisiones/129-aciem-presenta-encuesta-del-estado-del-arte-del-mantenimiento-en-colombia-2008>

Acosta, J. (2011). Diseño de paradas de planta usando prácticas de la gerencia de proyectos Caso ISAGEN S.A E.S.P. Artículo conferencia ACIEM. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://www.aciem.org/>

Acosta, L. (2010). Diseño del Plan de Mantenimiento Programado de la Primera Etapa del Sistema de Producción Criogénica de una Planta de Separación de Gases del aire, tesis de grado. Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

Amendola, J. (2006). Mitigar los Riesgos en la Gestión de Paradas de Planta EDP, Estructura de Descomposición del Proyecto. Recuperado Mayo 2012, de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/EDP.pdf>

Amendola, L. (2003). Application of the tools of taking multicriteria Decisions to the management and administration of Projects in stoppages of chemical plants processes. Artículo del Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Pamplona, pp 0037-0046. Recuperado Mayo 2012, de <http://aeipro.com/>

Amendola, L. (s.f.). Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de procesos. Artículo Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos>

Andreani, A. y Furlanetto, L (2005). Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento. Chile: RIL Editores.

Baldin, A. Furlanetto, L. Roversi, A. y Turco, F. (1982) Manual de mantenimiento de instalaciones industriales. México: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Cáceres, B. (s.f.). Cómo Incrementar la Competitividad del Negocio mediante Estrategias para Gerenciar el Mantenimiento. Recuperado Mayo 2012, de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/competitividad.pdf>

Campbell, J. y Jardine, A. (2001). Maintenance Excellence: Optimizing EquipmentLife Cycle Decisions. New York: Marcel Dekker.

Casinelli, K. (2006). Diseño de una parada de planta para la empresa talleres y montajes industriales, c.a. (Tamoi), tesis de grado. Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.

Corrales, M. (2012). Plan de gestión de las áreas de alcance, tiempo, costo y calidad del proyecto Boulevard de calle 9. Barrio Chino, San José Costa Rica, tesis de grado. Costa Rica: Universidad para la cooperación Internacional.

Cuatrecasas, L. (2011). Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Chris, T. (1994), Paradas de Planta Un Centro De Negocios. España: Ediciones Espuela de la Plata.

Dounce, E. (1998). Productividad en el mantenimiento industrial. México: Editorial C.E.C.S.A.

Duffuaa, S., Raouf, A., Dixon, J. (2007). Sistemas de mantenimiento planeación y control (ed. México: Limusa,).

Gonzalez, F. (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. México: Limusa.

Hernández, C. (2010). Actualización e implementación del plan de administración del mantenimiento programado en una industria de aceites y grasas vegetales, tesis de grado. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería Mecánica.

Huerta, P. (2007). Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón, tesis de grado. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral - Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social "ILPES" (1984). Guía para la presentación de proyectos. México: Siglo XXI Editores.

Kerzner, H. (1998). In Search of Excellence in Project Management. USA: Reinhold.

Lindley, H. y Keith, M. (2001). Maintenance Engineering Handbook. U. S. A: Mc Graw Hill, Sexta Edición.

Manual uso de Expert Choice, Disponible en <http://expertchoice.com/>

Newbrough, E. (2002). Administración del Mantenimiento Industrial. México. Editorial Diana.



Ortiz, P. (2010). Reglas de oro para las paradas de planta. Apunte conferencia ACIEM. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://confiabilidad.net/>

Osorio, J. y Orejuela, P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (ahp) y la toma de decisiones multicriterio, ejemplo de aplicación. Scientia Et Technica, Septiembre-Sin mes, 247-252. Recuperado Mayo 2012, de: <http://redalyc.uaemex.mx>

Palacios, E. (2005). Gerencia de Proyectos un Enfoque Latino. Venezuela: Publicaciones UCAB.

Planeación Operativa y programación en mantenimiento (2008). Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM). Apunte Módulo IV.

Pophaley, M. y Vyas, R. (2010). Plant maintenance management practices in automobile industries: a retrospective and literature review. Recuperado Mayo 2012, de base de datos Journal of industrial engineering and management, Vol. 3, No 3.

Prando, R. (1996) Manual de Gestión del Mantenimiento a la medida. Guatemala: Piedra Sabia.

Rabelo, C. (1997) "Ingeniería de Mantenimiento". Editorial: Nueva Librería Argentina

Rangel, J. (2008). Industria de Manufactura, Productividad en la Ingeniería de Mantenimiento, Tesis de grado disponible en Dirección de bibliotecas repositorio de documentos electrónicos del Instituto Politécnico Nacional. Recuperado Mayo 2012, de:

<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/handle/123456789/60>

Rocco, C. (2006). Análisis y propuesta de un sistema de mantención para planta de cueros (Curtiembre Talca s.a.), tesis de grado. Chile: universidad de Talca.

Saavedra, C. (2008). Modelo DEA centralizado con establecimiento de objetivos parciales a alcanzar. Proyecto fin de carrera. Recuperado Mayo 2012, de <http://bibing.us.es/proyectos/>

Sabioncello, A. (2002). ¿Nuestras planillas Excel alcanzan para administrar nuestro mantenimiento?. Recuperado Mayo 2012, de: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/10excel.pdf>

Salmerón, J. y López, C. (2010). Modelo Bidimensional de Riesgos del Mantenimiento. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Sin mes, 173-190. Recuperado Mayo 2012, de: <http://redalyc.uaemex.mx>

Silva, P. (2008). Mantenimiento en la práctica. Bogotá.

Torres, L. (2005). Mantenimiento su implementación y gestión. (2ª. ed.). Argentina: Universitas.

Valledor, F. (2010). Certificaciones a la gestión de proyectos. IPMA, PMI, ISPI Y APM GROUP. Artículo del XIV Congreso de Ingeniería de Organización Donostia-San Sebastián, España. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://adingor.es/>

Varas, M. (2005). Examinando los procesos de la Dirección de proyectos – ISO vs PMI. Artículo IX Congreso de Ingeniería de Organización Gijón, España. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://adingor.es/>

Woodhouse, J. (2000). Introduction to the Operational Reliability, Manual de Adiestramiento, PDVSA – CIED, Venezuela, pp. 1-38.

Zapata, Roa, Becerra, Matute, y Monsalve. (2011). Parada general unidad topping u200 – gerencia general refinería Barrancabermeja, Artículo Ecopetrol S.A. - Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica Gerencia General Refinería de Barrancabermeja. Recuperado Mayo 2012, Disponible en: <http://www.unrn.edu.ar/sitio/index.php>

## ANEXOS

### ANEXO A

<b>PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS</b>			
Estimar los costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea base del alcance</li> <li>• Cronograma del Proyecto</li> <li>• Factores Ambientales de la empresa</li> <li>• Activos de los Procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juicios de expertos</li> <li>• Estimación analógica y Paramétrica</li> <li>• Análisis de Reservas</li> <li>• Análisis de Propuestas para Licitaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimaciones de costos de las actividades</li> <li>• Base de Estimados</li> <li>• Actualizaciones a los documentos del Proyecto</li> </ul>
Determinar el Presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimaciones de costos de las actividades</li> <li>• Base de las estimaciones</li> <li>• Línea base del alcance</li> <li>• Cronograma del Proyecto</li> <li>• Calendario de Recursos</li> <li>• Contratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juicios de expertos</li> <li>• Suma de Costos</li> <li>• Análisis de Reservas</li> <li>• Relaciones Históricas</li> <li>• Conciliación del límite de Financiamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea base del desempeño de costos</li> <li>• Requisitos de financiamiento del proyecto</li> <li>• Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activos de los procesos de la Organización</li> </ul>		

<p>Controlar los Costos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan para la Dirección del Proyecto</li> <li>• Requisitos de Financiamiento del Proyecto</li> <li>• Información sobre el desempeño del trabajo</li> <li>• Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión del Valor Ganado</li> <li>• Proyecciones</li> <li>• Índice de Desempeño del Trabajo por Completar</li> <li>• Revisiones del Desempeño</li> <li>• Análisis de Variación</li> <li>• Software de Gestión de Proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediciones del desempeño del trabajo</li> <li>• Proyecciones del presupuesto</li> <li>• Actualizaciones a los activos de los Procesos de la Organización</li> <li>• Solicitudes de Cambio</li> <li>• Actualizaciones al plan para la dirección del Proyecto</li> <li>• Actualizaciones a los documentos del Proyecto</li> </ul>
-----------------------------	--	--	--

Tabla 16. Plan de gestión de costos. Fuente: PMBOK 2008.

## ANEXO B

FF	Nivel de frecuencia de ocurrencia fallos	Definición del nivel de Frecuencia de ocurrencia de fallos
9	Muy alta: fallo que es casi inevitable	Una ocurrencia por semana
8		Una ocurrencia por mes
7	Alta: continuamente	Una ocurrencia cada tres meses
6		Una ocurrencia cada seis meses
5	Moderada: ocasionalmente	Una ocurrencia cada nueve meses
4		Una ocurrencia al año
3	Baja: fallo ocurre muy poco	Una ocurrencia entre dos y tres años
2		Una ocurrencia entre cuatro y seis años
1	Remota: no es probable que ocurra el fallo	Una ocurrencia en más de 10 años

Tabla 17. Escala para criterio de Frecuencia de Fallos. Fuente: Woodhouse (2000)

DF	Nivel de Detección (grado de control) de fallos	Definición del nivel de Detección de fallos
9	Absolutamente incierto	El sistema no es controlado o inspeccionado las anomalías por fallos no son detectados
8		
7	Bajo	Sólo se inspecciona el sistema de forma visual durante todo el proceso (no hay ayuda de equipos modernos de control)
6		
5	Moderado	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25% automatización)
4		
3	Alto	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos, y el producto es inspeccionado en más de dos puntos del proceso en la línea de producción (75 % automatización)
2	Muy Alto	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100 % automatización)
1	Totalmente controlado	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso de la línea de producción (100 / automatización con calibración continua y preventivo de los equipos utilizados para controlar e inspeccionar el estado operacional del sistema)

Tabla 18. Escala para criterio Detección de Fallos. Fuente: Woodhouse (2000)

DF	Nivel de Severidad de fallos	Definición del nivel de severidad de la Falla
9	Peligrosamente alto	Fallos que pueden causar pérdidas humanas
8		Fallos que pueden crear complicaciones con regulaciones legales (leyes)
7	Alto	Fallos que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio
6		Fallos que afectan un subsistema y originan un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio
5	Bajo	Fallos que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje
4		Fallos que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es pequeña
3	Menor	Fallos que podrían crear mínimas molestias al cliente, molestias que el mismo cliente podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia
2		Fallos que son difíciles de reconocer por el cliente y cuyos efectos serán insignificantes para el proceso
1	Ninguno	Fallos que no son identificables por el cliente y no afectan la eficiencia del proceso

Tabla 19. Escala para criterio Severidad de Fallos. Fuente: Woodhouse (2000)

CF	Nivel de Costos de fallos	Definición del nivel de Costos de los Fallos
9	Peligrosamente alto	Fallos que provocan altos costos por aspectos de seguridad y ambiente (indemnizaciones)
8		
7	Muy alto	Fallos que provocan altos costos por pérdida total de producción
6		
5	Alto	Fallos que generan altos costos por reparaciones correctivas
4		
3	Moderado	Fallos que generan costos significativos de producción y/o reparación
2		
1	Muy bajos	Fallos que generan costos insignificantes - no afectan el proceso de producción

Tabla 20. Escala para criterio Costos de Fallos. Fuente: Woodhouse (2000)

## ANEXO C

### Indicadores generales de desempeño

CLASE	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
EFECTIVIDAD	$\% \text{ Desv. del plan} = \frac{(HH \text{ planif.} - HH \text{ ejecut.})}{HH \text{ planif.}}$	<b>DESVIACIONES DEL PLAN DE TRABAJO DE LA PARADA.</b> Indica la efectividad en la planificación de los trabajos de mantenimiento con relación a los ejecutados en campo
	$\% \text{ Rechazos} = \frac{\text{No de Trabajos rechazados}}{\text{No de Trabajos ejecutados}}$	<b>INDICE DE RECHAZO DE REPARACIONES.</b> Índice que mide la calidad de ejecución de los trabajos de mantenimiento y se determina por el número de trabajos realizados y rechazados por evidencia errores.
RENDIMIENTO	$\% \text{ Ausentismo} = \frac{HH \text{ ausente}}{HH \text{ disponibles}}$ <p> <math>HH = \text{No Trabajadores} \times \text{Horas programadas para la parada}</math> </p>	<b>INDICE DE AUSENTISMO.</b> Mide en forma porcentual las horas ausentes (permisos, enfermedad, ausencia injustificada, etc.) del personal en la ejecución de mantenimiento en relación a las horas totales disponibles en el periodo por causas diferentes a las vacaciones o adiestramiento.
	$\% \text{ FCH} = \frac{HH \text{ contratadas}}{HH \text{ propia} + HH \text{ contratadas}}$	<b>INDICE DE FH CONTRATADA (%FHC).</b> Mide la proporción de



		trabajadores contratados que laboran en la organización de mantenimiento. Permite establecer estrategias en la administración de personal. Este indicador guarda estrecha relación con el sobretiempo en el personal propio.
COSTOS	$\% \text{ Desv. de costos} = \frac{\text{Gastos totales de la parada}}{\text{Costo total presupuestado para la parada}}$	<b>% DESVIACIÓN PLAN DE COSTOS DE LA PARADA.</b> Evalúa el comportamiento de los costos presupuestados con los gastados. Permite realizar ajustes al plan de costos para las paradas.
	$\text{Costo de oportunidad} =$ $\text{Dif. tiempo para arranque} \times$ $\text{Valor venta min Pn} \times \text{Pn (litros por Hora)}$ $\text{Dif. tiempo para arranque de la Planta}$ $= \text{Tiempo final parada} - \text{Tiempo pactado final parada}$	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD.</b> Permite evaluar y comparar el resultado de cumplimiento del plan de la parada con el tiempo ganado o perdido para arrancar la Planta.
SEGURIDAD	$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{No de accidentes durante la parada}}{\text{Total Horas de exposición}}$	<b>INDICE DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES.</b> Indica la frecuencia de accidentes laborales con o sin tiempo perdido ocurridos durante la parada
	$\% \text{ Tiempo de retrasos por accidentes} = \frac{\sum \text{Horas de retraso por accidente}}{\text{Total Horas de Exposición}}$	<b>% DE TIEMPO DE RETRASOS POR ACCIDENTES.</b> Evidencia el porcentaje de tiempo de retraso de trabajo por accidentes laborales

		(incapacidades, enfermedades, accidentes, etc.) que implicaron paros en los trabajos desarrollados en la parada.
--	--	--

Tabla 21. Indicadores generales parada de planta. Fuente: Elaboración propia

### Indicadores de control

<b>INDICADORES DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO</b>			
% A	Porcentaje de Avance	Es la estimación del porcentaje de avance de las actividades.	Revisión diaria
PAT	Presupuesto Actual al Terminio	Es el costo total del proyecto incluyendo las órdenes de cambio aprobadas.	Presupuesto total planificado
VP (CPTP)	Valor Planeado	Es el valor presupuestado a la hora del corte.	Presupuesto diario de línea base
CA (AC)	Costo Actual	Es el porcentaje de avance al corte multiplicado por el costo total actualizado.(costo real)	% Avance x Costo Total Actualizado
VG (EV)(CPTR)	Valor Ganado	Es el porcentaje de avance multiplicado por el valor planeado.	% A x VP
VC (CV)	Variación del Costo	Es la diferencia del valor ganado y el costo actual. Si el valor resultante es positivo significa que el proyecto se encuentra debajo del presupuesto y si es negativo el proyecto se encuentra arriba del presupuesto.	VG-CA

VT (VS)	Variación del Tiempo	Es la diferencia entre el valor ganado y el trabajo realizado. Si el valor resultante es positivo significa que el proyecto esta adelantado con respecto al cronograma, si el valor es negativo significa que el proyecto está atrasado	VG-VP
IDC	Índice de Desempeño del Costo	Es el indicador de la eficiencia del costo con que se está realizando el proyecto	VG / CA
IDT (IDS)	Índice del Desempeño del Tiempo	Este indicador se utiliza para conocer el estado del cronograma y predecir la fecha determinación	VG / VP
PCT(EAC)	Pronóstico del Costo al Término	Permite pronosticar si el proyecto va a termina fuera del presupuesto, lo cual permite actuar oportunamente para hacer ajustes	PAT / IDC
PFT	Pronostico a la fecha de la Terminación	Permite pronosticar si el proyecto terminara después de la fecha programada, lo cual permite hacer ajustes.	Duración del proyecto / IDT
CR	Costo real de la actividad a la fecha del corte		Costo real diario
%VT (VS)	variación de programación	Porcentaje de avance de las tareas por encima o por debajo del rendimiento previsto en la línea base.	%VS = VS/VP

% VC (CV)	Variación de los costos porcentualmente		CV/VG
-----------	---	--	-------

Tabla 22. Indicadores del método del valor ganado. Fuente: Tesis plan de gestión de las áreas de alcance, tiempo, costo y calidad del proyecto Boulevard de calle 9. Barrio chino, San José Costa Rica

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO</b>		
<b>FORMULA</b>	<b>RESULTADO POSITIVO</b>	<b>RESULTADO NEGATIVO</b>
VC = VG - CA	El proyecto se encuentra debajo de lo presupuestado	El proyecto se encuentra encima de lo presupuestado
VT = VG - VP	El proyecto se encuentra adelantado con relación al cronograma de trabajo	El proyecto se encuentra atrasado con relación al cronograma de trabajo
<b>FORMULA</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&gt; 1</b>
IDC	Se está gastando más con relación al trabajo realizado	Se está ejecutando el proyecto con menos recursos de lo planeado
IDT	No se está cumpliendo con lo planeado y está atrasado	Se encuentra adelantado según lo planeado

Tabla 23. Análisis de resultados del método del valor ganado. Fuente:

## ANEXO D

### Encuesta gestión del mantenimiento en parada de planta en la empresa

Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas (5)	No Aplica (N/A)
IDENTIFICACION GENERAL DE TAREAS DE GESTION DE PARADA DE PLANTA					
ENFOQUE	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
PREGUNTAS					
A1. ¿Existe algún modelo certificado o guía usada para la gestión de la parada?					
A2. ¿Conoce los objetivos de la parada de planta?					
A3. ¿Se logra identificar las tareas de alcance?					
A4. ¿Se realiza algún método de gestión del tiempo?					
A5. ¿Se evalúa la calidad?					
A6. ¿Usa índices de desempeño?					
A7. ¿Conoce cuales son las áreas críticas de mantenimiento en la parada de planta?					
A8. ¿Se identifica los cuellos de botella?					
A9. ¿Existe un plan de riesgos?					
A10. ¿Existe un flujo claro de comunicación entre los stakeholders?					
A11. ¿Se aplica un plan de adquisiciones?					
A12. ¿Se tiene un plan para el seguimiento de objetivos de la parada?					

Tabla 24. Identificación general de tareas de gestión de parada de planta. Fuente: Elaboración propia.

Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas (5)	No Aplica (N/A)
CONOCIMIENTO DE AREAS Y TIEMPOS DE PARADA					
ENFOQUE	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
PREGUNTAS					
B1. ¿Se usa los catálogos e información técnica de los equipos que se intervienen en la parada?					
B2. ¿Posee un control de inventario de equipos?					
B3. ¿Posee un control de inventario de suministros?					
B4. ¿Posee un programa de trabajos de mantenimiento para los equipos principales?					
B5. ¿Se aplican procedimientos de trabajos de mantenimiento establecidos?					
B6. ¿Tiene registros de tiempos de mantención de los equipos?					
B7. ¿Tiene las áreas de producción separadas por algún criterio?					
B8. ¿Usa algún código de identificación de equipos?					
B9. ¿Se usa un registro de los implementos usados para la mantención?					
B10. ¿Sabe cuál es la tasa de fallas de los equipos?					
B11. ¿Identifica la confiabilidad de cada equipo?					
B12. ¿Usa algún sistema para la contratación de proveedores?					
B13. ¿Se usa un control de los operarios que trabajan la parada?					
B14. ¿Tiene un programa de capacitación completo implementado?					
B15. ¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia?					

Tabla 25. Conocimiento de áreas y tiempos de parada. Fuente: Elaboración propia.

Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas (5)	No Aplica (N/A)
INFORMACION DE GESTION DE RECURSOS					
ENFOQUE PREGUNTAS	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
C1. ¿Se revisan todos los equipos cada vez que comienza un turno?					
C2. ¿Los operadores de los equipos realizan tareas simples de mantenimiento sin continua					
C3. El personal conoce las normas y políticas que se relacionan con sus actividades					
C4. ¿Sabe cuanto es el tiempo de abastecimiento para cada grupo de repuestos?					
C5. ¿Mantiene un control sobre el tiempo empleado en reparaciones ?					
C6. ¿Se mantiene en optimas condiciones las herramientas?					
C7. ¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por período?					
C8. ¿Tiene control sobre las horas extras necesarias para terminar trabajos?					
C9. ¿Se lleva registro de trabajos o actividades de emergencia en la paradas?					
C10. ¿Existe un control sobre el tiempo empleado en reparaciones?					
C11. ¿Tiene algún criterio para dar prioridad en la ejecución de trabajos?					
C12. ¿Tiene control sobre los proveedores de trabajos y servicios durante la parada?					
C13. ¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectivo el mantenimiento?					
C14. ¿El diagnostico de fallas es rápido y oportuno?					

Tabla 26. Información de gestión de recursos. Fuente: Elaboración propia.

Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1) Parcialmente (3) Todas (5) No Aplica (N/A)			
PREPARACION					
ENFOQUE	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
PREGUNTAS					
D1. ¿Se analiza el impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos asociados a la gestión de la parada?					
D2. ¿Se documenta o existe un control de cambios?					
D3. ¿Se verifica el plan de Proyecto en cada actualización del mismo?					
D4. ¿Se corrigen los defectos encontrados en la validación del Plan?					
D5. ¿Al fin de cada ciclo o etapa del proyecto se hace una reunión de revisión?					
D6. ¿Se tienen métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal de mantenimiento?					
D7. ¿Existe compatibilidad entre la toma de decisiones de producción y las de mantenimiento?					
D8. ¿El personal de mantenimiento siempre sabe que hacer, como hacerlo y cuando hacerlo?					
D9. ¿Cuando se contrata apoyo externo de mantenimiento este es oportuno y eficaz?					
D10. ¿El responsable de desarrollo o líder de mantenimiento participa activamente durante el proyecto?					
D11. ¿Se usa un plan anticipado para los canales o el flujo de comunicación?					
D12. ¿Se generan reportes de actividades?					
D14. ¿Funciona un plan de calidad?					

Tabla 27. Preparación de parada. Fuente: Elaboración propia.



Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas (5)	No Aplica (N/A)	
EVALUACION DE COSTOS						
PREGUNTAS	ENFOQUE	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
	E1. ¿Toma en cuenta el periodo de vida de cada uno de sus equipos?					
E2. ¿Calcula el valor de adquisición de cada uno de sus equipos?						
E3. ¿Existe una concertación del plan de costos de parada?						
E4. ¿Se calcula cuál es el costo de los repuestos en cada equipo intervenido durante la parada?						
E5. ¿Calcula el costo de la mano de obra de mantenimiento?						
E6. ¿Se calcula el costo de pérdida de producción por falla?						
E7. Existe un plan de contingencia para costos imprevistos?						
E8. ¿Toma en cuenta la razón entre los costos de mantenimiento y el costo total del producto?						
E9. ¿Se verifica que los contratos con los proveedores de servicios o trabajos se apliquen, y sean claros y específicos?						
E10. ¿Se realizan planes y se registran las posibles desviaciones entre el costo real y el costo presupuestado?						
E11. ¿Se toma en cuenta la restricción de costos para la programación de las actividades de la parada?						
E12. ¿Lleva un control estadístico de los gastos de mantención por equipo?						
E13. ¿Se planea y controla un inventario de acuerdo a la disponibilidad de equipos?						
E14. ¿Se evalúa las licitaciones de proveedores versus costos de trabajos propios?						

Tabla 28. Evaluación de costos. Fuente: Elaboración propia.

Responda según su percepción y experiencia		Ninguna (1) Parcialmente (3) Todas (5) No Aplica (N/A)				
EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO ACTUAL						
PREGUNTAS	ENFOQUE	PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	PROGRAMACION	ALISTAMIENTO Y LOGISTICA	EJECUCIÓN	CONTROL
	F1. ¿Toma en cuenta la tasa de imprevistos en procesos de parada anteriores?					
F2. ¿Se realiza el programa de trabajos programados de mantenimiento?						
F3. ¿Se lleva un control del estado de avance de las ordenes de trabajo?						
F4. ¿Se establece y reconoce la ruta critica del proyecto?						
F5. ¿Conoce el tiempo medio de ejecución de una orden de trabajo?						
F6. ¿Tiene definidos los procedimientos para realizar las tareas de mantenimiento?						
F7. ¿Se tienen parámetros confiables para controlar los costos de ejecución de los trabajos de mantenimiento?						
F8. ¿Se establece la relación de trabajos pendientes y trabajos programados?						
F9. ¿Se conoce el tiempo extra y tiempo limite para trabajos programados ?						
F10. ¿Existe una correcta coordinación entre el personal de producción y el de mantenimiento?						
F11. ¿Los altos mandos influyen positivamente en la planeación de la parada de planta?						
F12. ¿Existe una colaboración entre los departamentos relacionados con el mantenimiento en la PAC?						
E13. ¿El nivel de capacitación es acorde a la tecnología de los equipos, y a las tareas de planeación?						
F14. ¿Se establece índices de desempeño?						
F15. ¿Son suficientes las herramientas y equipos de trabajo para las tareas de mantenimiento?						

Tabla 29. Efectividad del mantenimiento actual. Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO E

CLAVE	RIESGOS	FUENTE
R1	Cambios en el escenario y/o los objetivos.	Sherer, 1995; Keiletal, 1998; Ropponenetal, 2000; Luet al, 2004; Huangetal, 2004; Aloinietal, 2007; Hanetal., 2007; Zhouetal, 2008.
R2	Conflictos o no cooperación entre departamentos.	Sherer, 1995; Keiletal, 1998; Luetal, 2004; Huangetal, 2004; Batistaetal, 2005; Zhouetal, 2008.
R3	Pérdida de apoyo y compromiso de la dirección.	Lientzetal, 1981; Keiletal., 1998; Sumner, 2000; Scottet al., 2002; Luetal., 2004; Wallaceetal, 2004; Huangetal., 2004; Batistaetal., 2005; Aloinietal., 2007; Zhouetal., 2008; Chenetal, 2009.
R4	Resistencia, pérdida de apoyo y compromiso de los usuarios.	Lientzetal, 1981; Sumner, 2000; Wallace et al, 2004; Batistaetal., 2005; Hanetal., 2007; Zhouetal, 2008; Chen etal, 2009.
R5	Políticas que afectan negativamente al proyecto.	Luetal, 2004; Hanetal., 2007; Zhouetal, 2008.
R6	Baja calidad de la documentación	Lientzetal, 1981; Batistaetal, 2005; Chenetal, 2009.
R7	Información asimétrica en el proceso.	Sumner, 2000; Luetal, 2004; Chenetal, 2009.
R8	No está establecido explícitamente el estándar de calidad.	Sumner, 2000; Luetal., 2004; Huangetal., 2004; Zhouet al., 2008; Chenetal, 2009.
R9	Pobre establecimiento de normas y medidas de seguridad.	Sherer, 1995; Zhouetal, 2008; Chenetal, 2009.
R10	Planificación poco detallada.	Luetal, 2004; Wallaceetal, 2004; Huangetal, 2004; Han etal., 2007.
R11	Mala selección, gestión y control de fabricantes externos y consultores.	Sherer, 1995; Zhouetal, 2008.
R12	Excesiva complejidad de procedimientos.	Sherer, 1995; Ropponenetal., 2000; Lu et al., 2004; Wallaceetal, 2004.
R13	Incorrecta estimación del proyecto.	Ropponenetal, 2000; Scottetal. 2002; Luetal, 2004; Wallaceetal, 2004; Aloinietal, 2007; Hanetal., 2007; Zhouetal, 2008; Chenetal, 2009.
R14	Los hitos del proyecto no están establecidos o no son claros.	Sherer, 1995; Wallaceetal, 2004; Hanetal., 2007; Zhouet al, 2008.
R15	Planificación y/o procedimientos no adecuados.	Sherer, 1995; Wallaceetal, 2004; Huangetal, 2004; Zhou etal, 2008; Chenetal, 2009.
R16	Añadir características innecesarias.	Lientzetal, 1981; Boehm, 1991; Ropponenetal., 2000; Batistaetal., 2005; Hanetal., 2007.
R17	Fallo en la gestión de las expectativas de los usuarios.	Lientzetal, 1981; Boehm, 1991; Keiletal., 1998; Luetal., 2004; Wallaceetal, 2004; Huangetal., 2004; Batistaetal., 2005; Hanetal., 2007; Zhouetal., 2008; Chenetal, 2009.
R18	Flujo continuo de nuevos requerimientos.	Boehm, 1991; Charetteetal, 1997; Ropponenetal, 2000; Wallaceetal, 2004; Huangetal, 2004; Batistaetal, 2005; Hanetal., 2007; Chenetal, 2009.
R19	Incorrecta evaluación de los nuevos requerimientos.	Lientzetal, 1981; Boehm, 1991; Ropponenetal, 2000; Wallace etal, 2004; Hanetal., 2007; Zhouetal, 2008; Chen etal, 2009.
R20	Mala comunicación, no comprensión o conflicto entre los requerimientos.	Sherer, 1995; Keiletal, 1998; Scottetal. 2002; Wallaceet al, 2004; Huangetal, 2004; Batistaetal, 2005; Aloinietal, 2007; Zhouetal, 2008; Chenetal, 2009.
R21	Inhabilidad o inexperiencia del jefe del proyecto.	Sumner, 2000; Scott et al. 2002; Lu et al, 2004; Wallace et al, 2004; Huang et al, 2004; Aloini et al, 2007; Han et al., 2007; Zhou et al, 2008.

R22	Insuficiente o inapropiada dotación del personal.	Lientz et al, 1981; Boehm, 1991; Keil et al, 1998; Ropponen et al, 2000; Sumner, 2000; Scott et al. 2002; Wallace et al, 2004; Huang et al, 2004; Batista et al, 2005; Aloini et al,
R23	Calidad de la programación original.	Lientz et al, 1981; Batista et al, 2005; Chen et al, 2009.
R24	Inadecuadas medidas, herramientas de evaluación y simulación.	Sherer, 1995; Huang et al., 2004; Zhou et al., 2008.
R25	Introducción de nueva tecnología.	Keil et al. 1998; Lu et al, 2004; Batista et al, 2005; Han et al., 2007; Zhou et al, 2008
R26	Las técnicas existentes son limitadas.	Sherer, 1995; Lu et al., 2004; Wallace et al, 2004; Huang et al., 2004; Aloini et al., 2007; Han et al., 2007.
R27	Pobre configuración, diseño, código y procedimientos en el mantenimiento.	Sherer, 1995; Batista et al, 2005; Chen et al, 2009.
R28	Se ignora cómo se ejecutan las técnicas.	Scott et al., 2002; Lu et al., 2004; Wallace et al, 2004; Batista et al., 2005; Han et al., 2007; Zhou et al, 2008.

Tabla 30. Listado guía de riesgos. Fuente: Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa (2010)

## ANEXO F

### - Comparación pareada de criterios

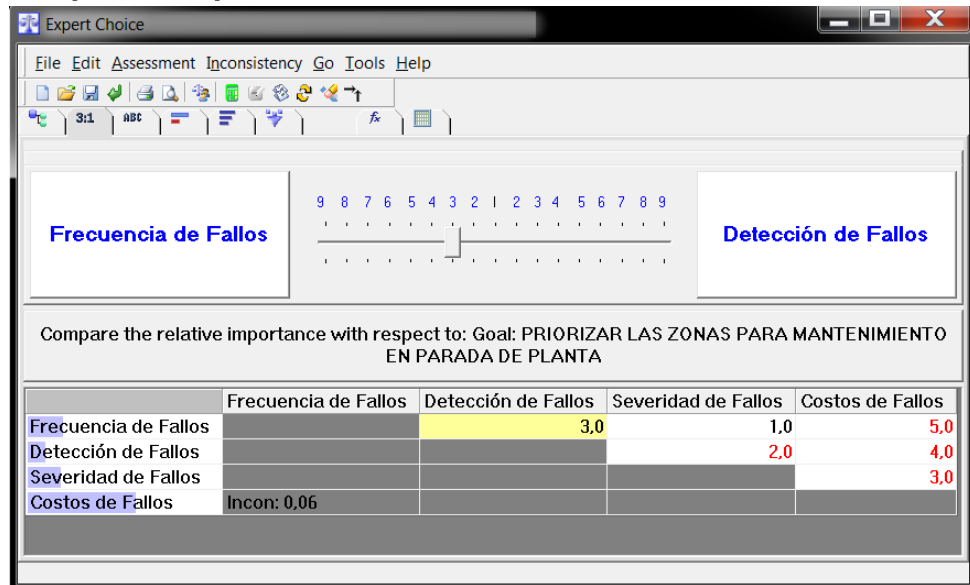


Ilustración 30. Comparación pareada frecuencia de fallos vs. Detección de fallos. Fuente: elaboración propia.

### - Evaluación de alternativas

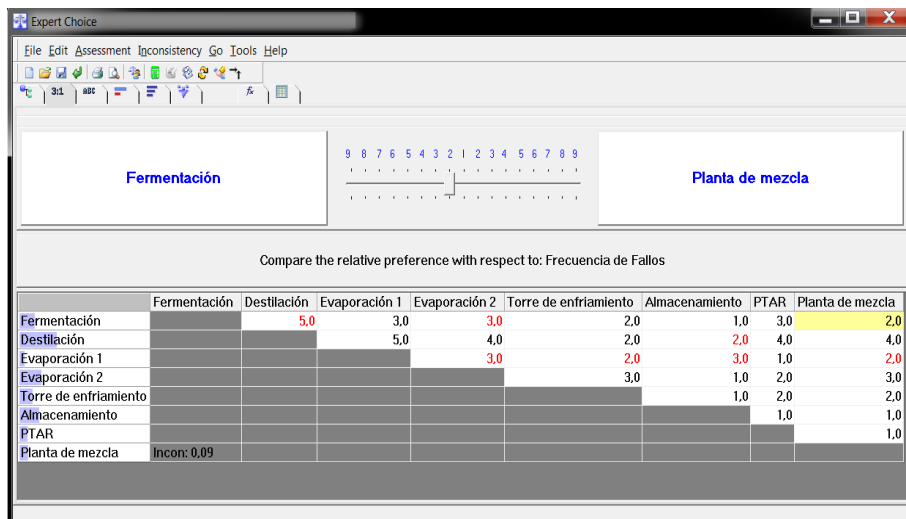


Ilustración 31. Comparación pareada alternativas con criterio Frecuencia de fallos. Fuente: elaboración propia.

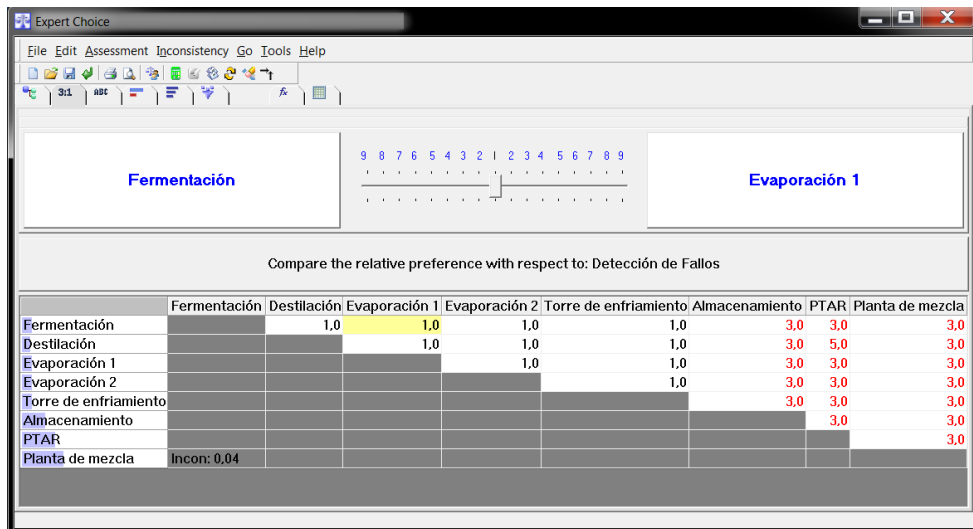


Ilustración 32. Comparación pareada alternativas con criterio Detección de Fallos. Fuente: elaboración propia.

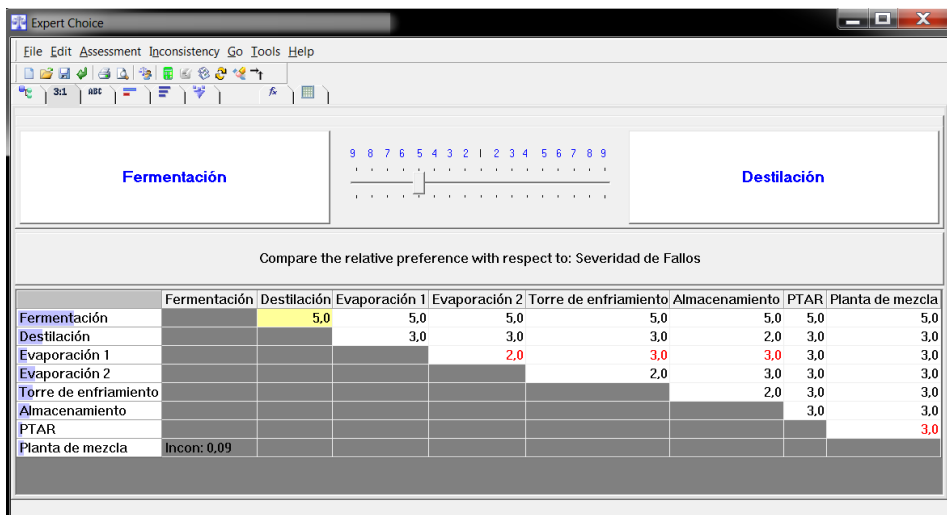


Ilustración 33. Comparación pareada alternativas con criterio Severidad de Fallos. Fuente: elaboración propia.

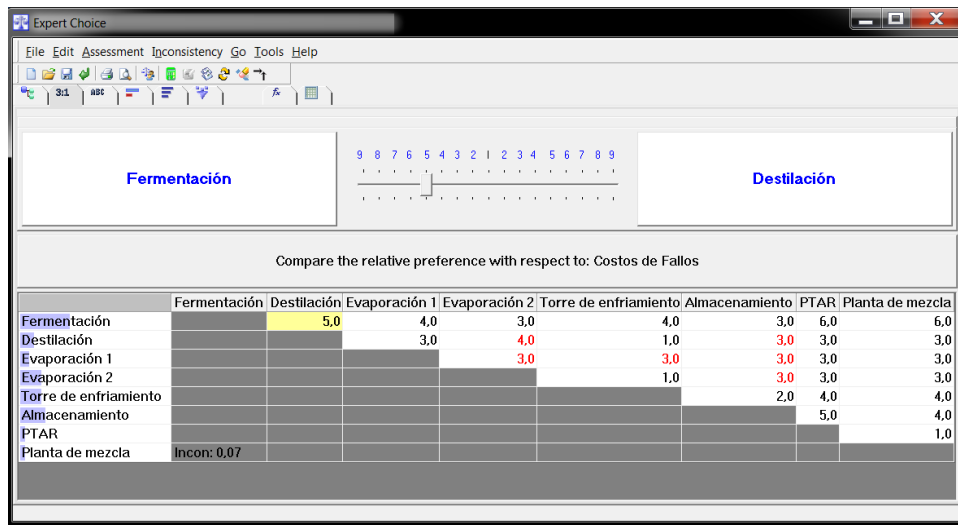


Ilustración 34. Comparación pareada Fermentación vs. Destilación. Fuente: elaboración propia.

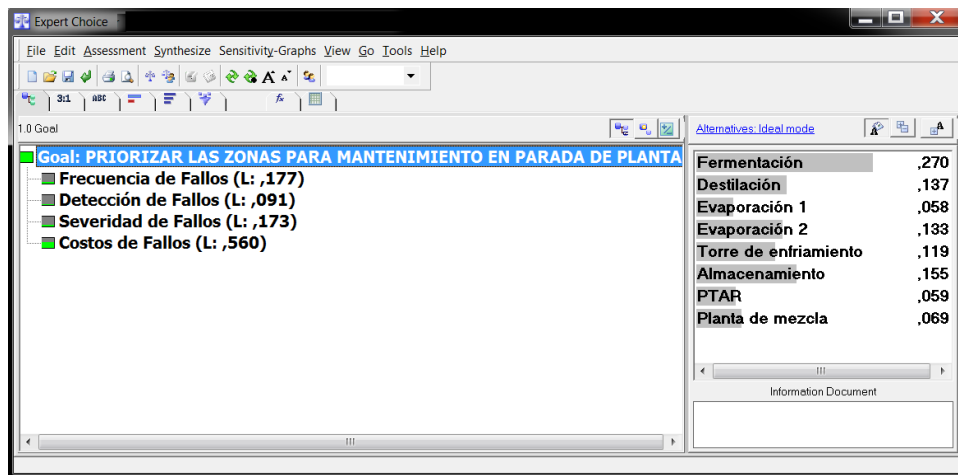


Ilustración 35. Resultado comparación pareada. Fuente: elaboración propia.

– Evaluación de Criterios

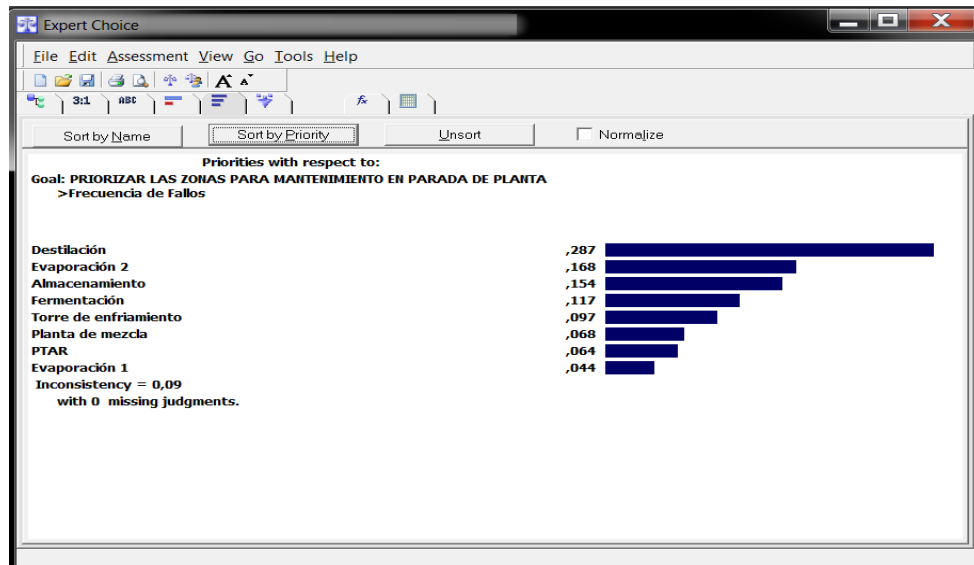


Ilustración 36. Resultados evaluación criterios frecuencia de fallos. Fuente: Elaboración propia.

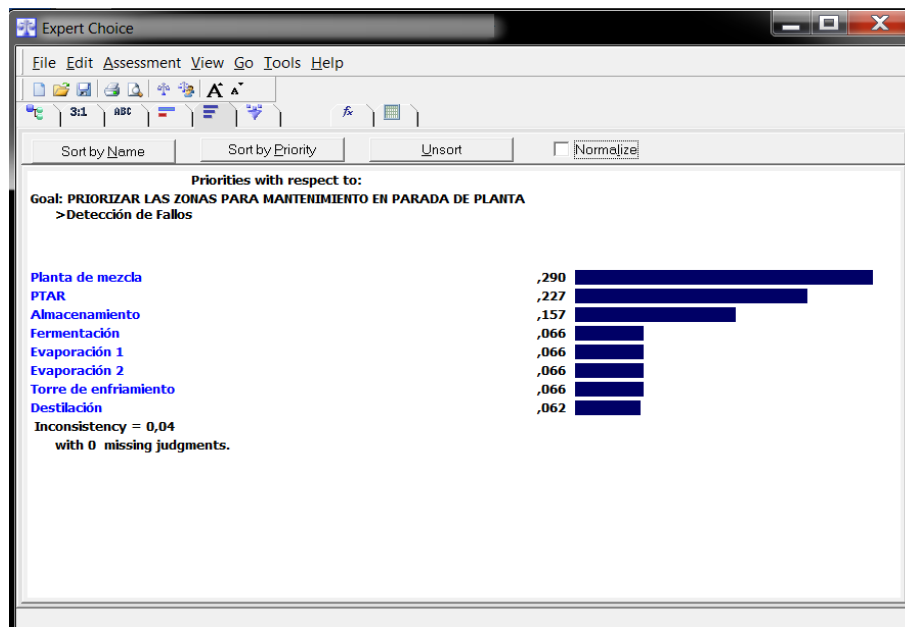


Ilustración 37. Resultados evaluación criterios detección de fallos. Fuente: Elaboración propia



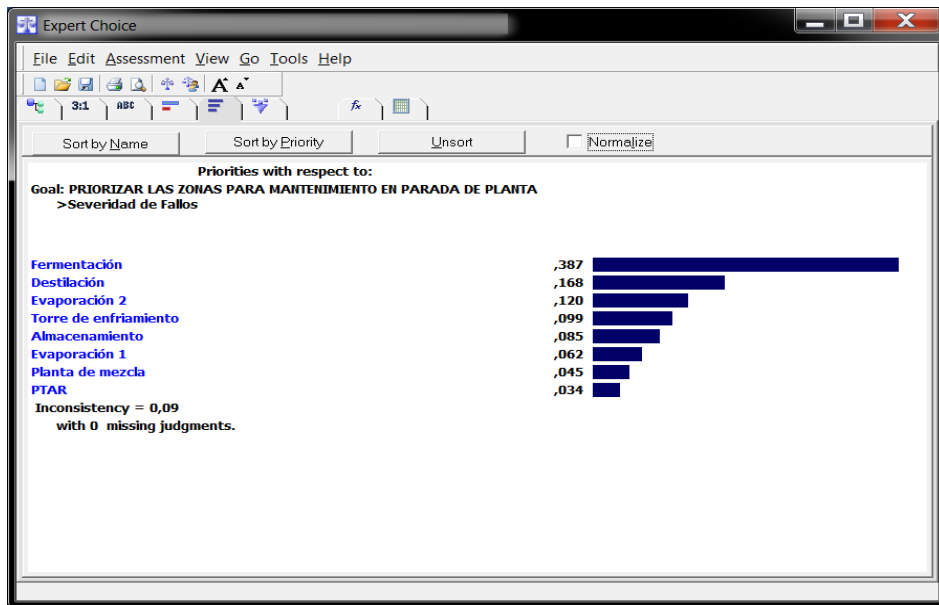


Ilustración 38. Resultados evaluación criterios severidad de fallos. Fuente: Elaboración propia

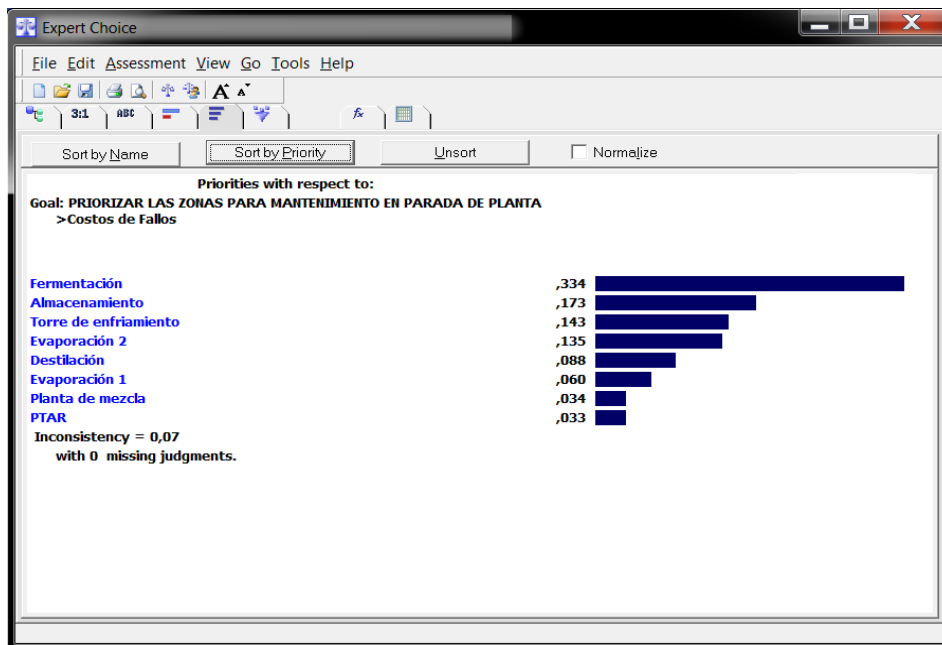


Ilustración 394. Resultados evaluación criterios costo de fallos. Fuente: Elaboración propia

## ANEXO G. PLAN DE RIESGOS PARA LA PARADA

PROCESO	RIESGO	Peligro	Consecuencia potencial	Control existente	PROBABILIDAD (P)	CONSECUENCIA (C)	RIESGO R = P x C	Control adicional	COSTO PREVENCIÓN RIESGO
OPERACIONES	R1	Alteración variables de proceso	Afectación por condiciones de proceso a máquinas adyacentes	N/A	B	G	MEDIO	N/A	
	R2	Ejecución aislamientos positivos	Fuga de alcohol, accidentes durante ejecución	Procedimientos	A	M	CRITICO	Aseguramiento de competencias, divulgación lecciones aprendidas, certificación herramientas y equipos.	
LOGISTICA	R10	Problemas de ingreso por las vías de acceso	Demoras en trabajos	N/A	M	M	MEDIO	N/A	
	R11	No disponibilidad de dotación	No ingreso del personal a las instalaciones.	Control de recibo de dotación y stock en planta.	B	G	MEDIO	Solicitud a compras del requerimiento de dotación para personal nuevo y se solicita stock para tener en planta.	
SEGURIDAD (HSE)	R33	Activación de las alarmas: General, de evacuación, de ataque	Desconocimiento del personal y contratistas que se encuentran en campo	Control de ingreso por vigilancia del personal que labora en cada turno.	A	M	CRITICO	Solicitar a los supervisores de mantenimiento un reporte del personal que se encuentran trabajando en el turno correspondiente.	
	R34	Personal nuevo sin inducción de seguridad para realizar los trabajos de mantenimiento	Retraso en el desarrollo de las actividades planeadas	Control por parte de salud ocupacional para asegurar que el personal que se encuentra en planta haya realizado la capacitación.	A	L	CRITICO	Solicitar al personal de salud ocupacional que revise periódicamente los trabajos que esta realizando el personal, de tal manera que verifique si estan cumpliendo con los controles necesarios para la ejecución de cada actividad.	
SEGURIDAD FISICA	R55	Agresión entre personal contratista, por interrelación de actividades	Distracción del personal, roces continuos, riesgos de daños físicos	N/A	B	G	MEDIO	N/A	
	R56	Hurto	Pérdida herramienta, demoras en proyecto	Control por parte de vigilancia en cada cambio de turno, revisando a cada trabajador que salga de la planta para evitar dichas pérdidas.	B	G	MEDIO	Cada trabajador tendrá un inventario de herramienta a su cargo por el cual deberá responder al finalizar cada turno.	
DESARROLLO DE LA PARADA	R58	Condiciones climatológicas	Riesgo de electrocución, problemas de ingreso a la planta	Suspensión de labores.	A	M	CRITICO	N/A	
	R59	No disponibilidad de máquina por condición por hallazgo	Realización de trabajos emergentes	Estrategia de mantenimiento	M	M	MEDIO	N/A	
RECURSOS HUMANOS	R65	No disponibilidad del personal para contratación	No cumplimiento del flujograma de recurso humano	Aseguramiento de la disponibilidad del personal requerido	M	M	MEDIO		
	R66	No prever inducciones en el tiempo de contratación	No ingreso del personal a laborar	Cumplimiento con flujograma de recurso humano	B	M	MEDIO	Coordinación de charlas de inducción extraordinarias	
REPUESTOS Y HERRAMIENTAS	R68	Errores en especificación de repuestos	Reutilización de elementos fuera de especificaciones	Revisión de elementos por parte de soporte de Ingeniería de Producción y calidad.	M	M	MEDIO	Contratación y asignación de personal de soporte ingeniería de producción para la fase de planeación y aseguramiento	
	R69	No disponibilidad de herramienta	Uso de herramientas inadecuadas	Cumplimiento del listado de solicitud de herramientas.	B	M	MEDIO	Control por parte del planeador y supervisor del cumplimiento de las solicitudes de herramientas existentes.	
GESTIÓN	R74	Falta de presencia del responsable del proceso o actividad.	Demora en validación de permisos de trabajo en el área	N/A	B	M	MEDIO	Sensibilización del personal responsable para que se apropie del proceso que le corresponde y ejecute rápidamente las validaciones necesarias.	

Tabla 31. Plan de riesgos para la parada planta de alcohol carburante. Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO H. Cronograma de actividades

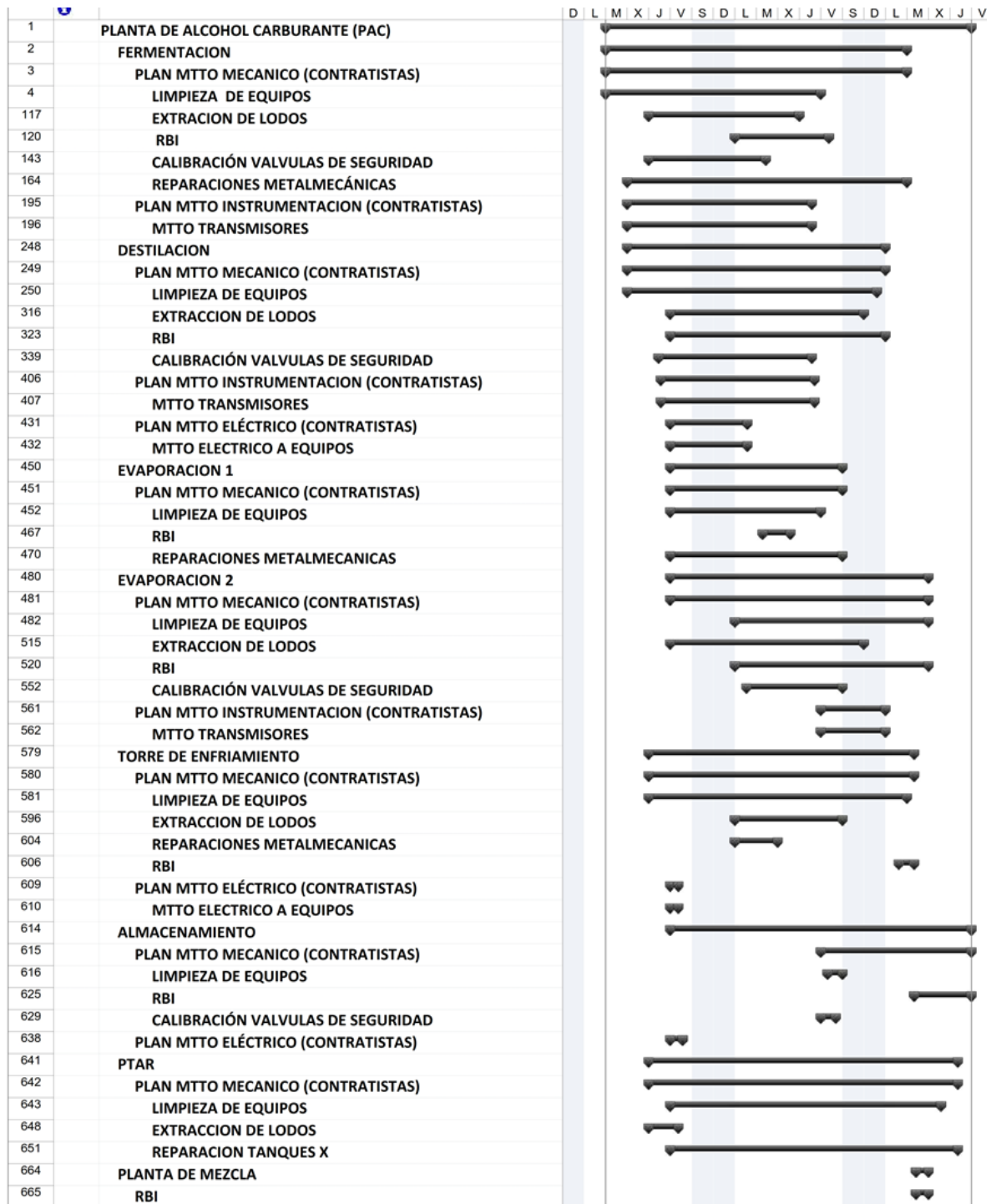


Ilustración 40. Cronograma de actividades para la parada de planta. Fuente: Elaboración propia

## **ANEXO I.**

### **Lecciones aprendidas parada de mantenimiento Planta de alcohol carburante**

1. Los accesorios para lavados se pierden “boquillas de conexión” esto impide que la tarea inicie a la hora señalada y cause retrasos en el inicio. Las mangueras presentan fugas, esto sucede porque no se realiza inspecciones pre operativas. (no pueden empezar a realizar la labor).  
Algunos de estos accesorios minúsculos se pueden caer en la tubería y toca desarmar el equipo que se está lavando. En el caso de un flubex esta tarea implica 12 horas; 36 horas de trabajo. (3 personas).
2. El prelistamiento de herramientas y materiales no se aplica en todas las operaciones, esto hace que los técnicos se demoran más en la labor porque no tiene todo listo en el momento de realizar la labor.
3. Fortalecer la señalización durante izajes de cargas. (en fermentación colocaron cinta en todo lado y no dejaban hacer otros trabajos en ese lugar).
4. Supervisión deficiente de trabajos por parte de algunos contratistas, en consecuencia el cierre de algún trabajo se demora más porque no se realiza al instante en que se reporta su finalización por parte del personal encargado de la labor.
5. Se debe preparara el área para la ubicación de equipos (por ejemplo el soldador - el equipo de soldar necesita estar en un sitio que este seco) verificar todas las condiciones que requiere el equipo para realizar la tarea y no esperar a cuando ya se está haciendo o que suceda un accidente laboral (también resultaron daños causados por grúas que rompieron el piso porque se ubicaron en superficies que no eran capaces de soportar el peso).

6. Se encontraron andamios con tablonces sin amarrar (se encontraron condiciones inseguras )
7. Algunos materiales suministrados para cambio en equipos resultaron defectuosos. (se encontraron demoras porque la verificación de los materiales se realizó durante la ejecución y no como parte de una pre inspección
8. Realizar inspecciones pre operativas de equipos (grúas/montacargas) es importante verificar las condiciones del equipo. Un montacargas sólo se pudo usar un día después de lo programado porque se averió (fuga de aceite).
9. Algunos contratistas no cuentan con suficiente elementos de izaje y herramientas.
10. Algunos contratistas no tienen claro el uso de ciertos formatos. (falta más divulgación del sistema de permisos de trabajo)
11. Los elementos de protección personal no son suficientes para trabajo en alturas, no hay suficientes equipos de protección.
12. Contratistas entregan áreas de trabajo sucias