

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPOS CRÍTICOS BASADO EN EL SISTEMA DE GESTION DE
MANTENIMIENTO (SIGEMA)**

***CASO: EQUIPOS DE PRODUCCIÓN HARINA DEL ÁREA DE LAMINACIÓN DE
UNA EMPRESA REFINADORA DE MAIZ APC-PLANTA CUMANÁ, EDO. SUCRE.***

Realizado por:

JOSÉ ALEJANDRO GÓMEZ BERNÁEZ

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial

para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

PUERTO LA CRUZ, MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS
CRÍTICOS BASADO EN EL SISTEMA DE GESTION DE
MANTENIMIENTO (SIGEMA)

CASO: EQUIPOS DE PRODUCCIÓN HARINA DEL ÁREA DE LAMINACIÓN DE
UNA EMPRESA REFINADORA DE MAIZ APC-PLANTA CUMANÁ, EDO. SUCRE

Realizado por:

JOSÉ ALEJANDRO GÓMEZ BERNÁEZ

ASESORES

Ing. Diógenes Suárez

Asesor Académico

Ing. Orlando Guevara

Asesor Industrial

PUERTO LA CRUZ, MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS
CRÍTICOS BASADO EN EL SISTEMA DE GESTION DE
MANTENIMIENTO (SIGEMA)**

***CASO: EQUIPOS DE PRODUCCIÓN HARINA DEL ÁREA DE LAMINACIÓN DE
UNA EMPRESA REFINADORA DE MAIZ APC-PLANTA CUMANÁ, EDO. SUCRE***

JURADO:

El jurado hace constar que asigno a este Trabajo de Grado la calificación de:

APROBADO

Ing. Diógenes Suárez

Asesor Académico

Ing. Darwin Bravo
Jurado Principal

Ing. Edgar Rodríguez
Jurado Principal

PUERTO LA CRUZ, MAYO DE 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

DEDICATORIA

Son muchas las emociones que siento al cumplir uno de los sueños más importante de mi vida, dedico éste gran logro a **DIOS** por darme toda salud para poder vivir todas las bellas experiencias vividas en mi carrera, siempre permitirme tener la fe necesaria para no abandonar mi sueño y salir adelante ante los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi carrera. En el mismo orden de importancia dedico este sueño obtenido a dos personas que creyeron en mi sin importar los problemas y obstáculos que se presentaran en mi camino, dos personas que hicieron lo imposible para que me mantuviera siempre con ganas de seguir adelante por todos los esfuerzos que hacían por mí, ellos son mis padres **AMARILIS DEL VALLE BERNÁEZ FUENTES** y **JOSÉ MERCEDES GÓMEZ RATTY**, a ellos los quiero muchísimo. A mis queridos hermanos **VICTORIA PATRICIA DEL VALLE GÓMEZ BERNÁEZ**, **KARELIS DEL VALLE GÓMEZ BERNÁEZ** y **JORGE LUIS GÓMEZ RONDÓN** por siempre preocuparse por mí y darme el apoyo en todo momento. A mi tía **HELSIE E. BERNÁEZ FUENTES**, por ser mi segunda madre en esos 5 años que estuve fuera de mi casa, por comportarse como tal y tratarme como a un hijo más. A mi tía **NORIS KARELIA BERNÁEZ FUENTES**, mis abuelos **FRANSISCO JOSÉ BERNÁEZ** y **JOSÉ MERCEDES GÓMEZ GÓMEZ**, que desde el cielo siempre escuchaban mis peticiones para que me cuidaran y guiaran mi sueño. A mi novia **LORENA DEL JESUS RUIZ VELAZQUEZ**, ella fue mi amiga incondicional en todo mi camino y a pesar de las adversidades siempre pudo darme todo el apoyo y comprensión que necesitaba. Por último y no menos importante dedico mi triunfo a dos mujeres maravillosas que están conmigo en todo momento ellas también fueron una gran inspiración para mí por su apoyo incondicional mi abuela **NORIS FUENTES**, Mi madrina **BELLA TRINA SURGA RUIZ** y a toda mi familia tíos y primos todos fueron parte de mi sueño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios nuestro señor por llenarme de salud, mucha fe y disposición, para poder lograr uno de mis más grandes sueños de poder terminar mi trabajo de grado y optar al título Ingeniero Mecánico.

Les doy gracias enormemente a mis padres, ellos son el símbolo de perseverancia y esfuerzo, gracias a ellos todo esto es posible, por darme toda la educación y los mejores consejos a lo largo de toda mi vida. Agradezco a mis hermanos con sus palabras y motivación lograron que saliera adelante y no olvidara mi sueño, a mi novia por ser mi amiga en todo momento y estar conmigo cuando siempre lo necesitaba muchas gracias mi amor, a toda mi familia tíos, primos, abuelas y muy importante mi madrina Uds. Son símbolo de inspiración por ser una familia maravillosa, especialmente a mi tía Helsie Bernáez por ser una segunda madre esos tiempos difíciles lejos de mi casa.

Le doy las gracias al Profesor Diógenes Suárez por ser el guía en la culminación de mi trabajo de grado, por darme siempre las directrices correctas para avanzar por el camino indicado.

Agradezco enormemente a Alimentos Polar-Planta Cumaná, por darme la oportunidad de sentirme como un trabajador más y darme todas las facilidades para poder culminar mi Trabajo de Grado, sus enseñanzas van a ser base en mi desempeño profesional. Gracias a Orlando Guevara, quien fue mi tutor industrial, al brindarme todo el apoyo incondicional, definitivamente eres un pilar fundamental para el logro de esta meta de verdad muchas gracias; a Enrique Campos, Asdrúbal Espinet, Lisandro Rosales, Pedro Maita, Rubén Perdomo, Eustiquio Salazar, Robert Rodríguez y Mario Cruces personas que dan vida al proceso productivo de la empresa, trabajadores hoy grandes amigos que tuve el grato placer de conocer.

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación consistió en la elaboración de un Plan de Mantenimiento basado en la metodología SIGEMA para los equipos críticos del área de laminación de la empresa APC-Planta Cumaná, para lo cual se realizó un diagnóstico de todos los equipos que se localizaban en el área para luego jerarquizarlos (adopción de la metodología SIGEMA), de acuerdo a sus funciones dentro del proceso y de las consecuencias que puede causar a la producción una posible falla de los mismos, posteriormente se realizó un análisis de fallas a los equipos que resultaron críticos, con la finalidad de determinar cuales son las actividades y frecuencias a establecer en cada uno de los planes, predominando el plan de mantenimiento preventivo, buscando reducir costos y aprovechar al máximo la vida útil de los equipos. Se concluyó, que el elevado porcentaje de equipos críticos (61%), se debe a que pertenecen al proceso donde se transforma el endospermo en hojuelas. De acuerdo los resultados obtenidos se destaca el predominio del mantenimiento preventivo (68%), esto se debe a la búsqueda de la reducción de costos por reparación y reposición de equipos, por otra parte se obtuvo un (7%) de mantenimiento predictivo, un (9%) de mantenimiento de mejora y por último un (16%) de mantenimiento correctivo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I	18
EL PROBLEMA	18
1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
1.1.1 Identificación de la Empresa	19
1.1.2 Visión de la Empresa	19
1.1.3 Misión de la empresa	20
1.1.4 Valores de la empresa.....	20
1.1.5 Funcionamiento de la empresa	21
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.3 OBJETIVOS	25
1.3.1 Objetivo General.....	25
1.3.2 Objetivos Específicos	25
1.4 JUSTIFICACIÓN	26
1.5 ALCANCE	27
CAPÍTULO II	28

MARCO TEÓRICO.....	28
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	30
2.2.1 Fundamentos del Mantenimiento	30
2.2.1.1 Definición de Mantenimiento.....	30
2.2.1.2 Objetivo Básico del Mantenimiento.....	30
2.2.1.3 Plan de mantenimiento.....	31
2.2.1.4 Tipos de Mantenimiento.....	31
2.2.1.4.1 Mantenimiento preventivo.....	31
2.2.1.4.1.1 Mantenimiento Predictivo.....	32
2.2.1.4.2 Mantenimiento Correctivo.....	32
2.2.1.5 Tipos de mantenimiento según manual de empresas polar	32
2.2.1.5.1 Mantenimiento preventivo basado en condición (A).....	32
2.2.1.5.2 Mantenimiento preventivo basado en el tiempo (B).....	33
2.2.1.5.3 Mantenimiento correctivo (E).....	33
2.2.1.5.4 Mantenimiento de mejora (F).....	33
2.2.1.6 Frecuencia.....	33
2.2.2 Metodología SIGEMA	34
2.2.3 Análisis de Criticidad	36
2.2.3.1 Criterios para realizar un análisis de criticidad de los equipos de acuerdo a la metodología SIGEMA están asociados con:	36
2.2.3.2 Pasos a seguir para un análisis de criticidad según la metodología SIGEMA.....	37
2.2.3.3 Beneficios de la aplicación del análisis de criticidad mediante la metodología SIGEMA.....	38
2.2.4 Análisis de fallas según su frecuencia de aparición.....	39
2.2.5 Ejemplo de cómo seleccionar el tipo de mantenimiento en un equipo según sea su criticidad y el tipo de falla.....	46

2.2.6 Descripción del proceso de laminación de la empresa refinadora de maiz	47
2.2.6.1 Proceso de Laminación.....	47
2.2.6.2 Etapas del Proceso de Laminación	47
2.2.7 Equipos que intervienen en el proceso de laminación.....	51
2.2.7.1 Silos de Endospermo Acabado.	51
2.2.7.2 Sistema de acondicionamiento o Premojo.....	52
2.2.7.3 Tanque de Reposo o TemperBines.....	52
2.2.7.4 Cocinas Verticales.	52
2.2.7.5 Molino Laminador	52
2.2.7.6 Secadora de Hojuelas.....	53
2.2.7.7 Enfriadora de Hojuela.....	53
2.2.7.8 Molino Reductor o Premolienda.....	54
2.2.7.9 Silos de Hojuelas.	54
2.2.8 Resumen de definiciones	57
CAPÍTULO III	59
MARCO METODOLÓGICO	59
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	59
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA	61
3.5.1 Población 1.	62
3.5.2 Población 2.	62
3.5.3 Muestra 1.	62
3.5.4 Muestra 2.	62
3.6 TÉCNICAS UTILIZADAS	62
3.6.1 Técnicas para la recopilación de información	63

3.6.1.1 Revisión Documental.	63
3.6.1.2 Entrevistas.	63
3.6.1.3 Observación Directa.	64
3.6.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	64
3.6.2.1 Análisis de Criticidad.	64
3.6.2.2 Análisis de Fallas.	65
3.6.2.3 Técnicas Estadísticas.	65
3.7 ETAPAS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	65
3.7.1 ETAPA I: Diagnóstico de la situación actual tanto física como operacional de los equipos.	65
3.7.1.1 Levantamiento de Información.....	67
3.7.2 ETAPA II: Identificación de los equipos críticos mediante la herramienta de Análisis de Criticidad (AC).....	69
3.7.2.1 Definición de clases de criticidad.	69
3.7.2.2 Definición de criterios para determinar la criticidad.	70
3.7.2.3 Definición de niveles de los criterios para determinar la criticidad según lo establecido por la metodología SIGEMA.....	70
3.7.2.3.1 Seguridad.	70
3.7.2.3.2 Calidad / Inocuidad del Producto.	70
3.7.2.3.3 Utilización.	71
3.7.2.3.4 Continuidad Operativa.....	71
3.7.2.3.5 Procedimiento para calcular Tiempo Medio Para Reparar (TMPR).	71
3.7.2.3.5.1 Tiempo medio para reparar.....	72
3.7.2.3.6 Procedimiento para calcular Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF).	72
3.7.2.3.6.1 Tiempo medio entre fallas.	73
3.7.2.3.7 Costos.	73

3.7.3 ETAPA III: Aplicación de un análisis de fallas según su frecuencia de aparición de los equipos del área de laminación.	76
3.7.4 ETAPA IV: Establecimiento de las actividades y frecuencias convenientes para los planes de mantenimiento de acuerdo al nivel de criticidad y clasificación de fallas.	79
3.7.4.1 Definición de actividades de mantenimiento.....	79
3.7.4.2 Descripción de Actividades.	79
3.7.5 ETAPA V: Creación de Planes de Mantenimiento.....	80
CAPÍTULO IV	82
DESARROLLO	82
4.1 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82
4.1.1 Diagnosticar la situación actual tanto física como operacional de los equipos de producción de harina del área de laminación.....	82
4.1.2 Identificar los equipos críticos del proceso de laminación, mediante la herramienta de Análisis de Criticidad (AC).....	85
4.1.3 Aplicación análisis de fallas según su frecuencia de aparición a los equipos críticos del área de laminación.	91
4.1.4 Establecimiento de actividades y frecuencias convenientes para la realización de las hojas de rutas, de acuerdo al nivel de criticidad.....	92
CAPÍTULO V	94
PROPUESTA	94
5.1 PRESENTACIÓN O FUNDAMENTACIÓN	94
5.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	94
5.3 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
CONCLUSIONES.....	98

RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO .	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 2.1: Clasificación de fallas	40
Figura N° 2.2: Ejemplo de cómo escoger un plan de mantenimiento según la metodología SIGEMA.....	42
Figura N° 2.3: Esquema del Proceso de Laminación	48
Figura N° 2.4: Etapas del proceso de laminación	51
Figura N° 3.1: Ubicación Física de REMAVENCA Planta Cumaná	59
Figura N° 3.2: Ejemplo del formato para el levantamiento de los equipos	68
Figura N° 3.3: Ejemplo de matriz de encadenamiento	74
Figura N° 3.4: Ejemplo de la herramienta de clasificación de equipos	75
Figura N° 3.5: Ejemplo de la herramienta de clasificación de fallas.....	78
Figura N° 3.6: Ejemplo de la herramienta para la creación de planes de mantenimiento	81
Figura N° 4.1: Diagrama de flujo de proceso de laminación (desactualizado) .	83
Figura N° 4.2: Diagrama de flujo de proceso de laminación (actualizado).....	84
Figura N° 4.3: Diagrama de decisión de criticidad.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 2.1: Matriz de encadenamiento	41
Tabla N° 2.2: Política de mantenimiento maximizar la confiabilidad.....	43
Tabla N° 2.3: Política de mantenimiento maximizar la disponibilidad	44
Tabla N° 2.4: Política de mantenimiento minimizar costos	45
Tabla N° 2.5: Definición y descripción de mantenimientos establecidos por la metodología	46
Tabla N° 2.6: Equipos pertenecientes al proceso de laminación	55
Tabla N° 4.1: Criterios de Criticidad del equipo	86
Tabla N° 4.2: Criterios de Criticidad del equipo (TMPR)	88
Tabla N° 4.3: Criterios de Criticidad del equipo (TMEF).....	90

INTRODUCCIÓN

Las Empresas que aplican mantenimiento a sus equipos están reaccionando ante nuevas expectativas, éstas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria. Frente a estos cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando nuevos caminos, que eviten equivocaciones cuando se tome alguna acción de mejora. Tratan de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de modo que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valor para ellos y para la organización en la cual se desenvuelven.

La empresa Refinadora de Maíz Venezolana APC Planta Cumaná, es una empresa agroindustrial dedicada al procesamiento del maíz con la finalidad de obtener harina precocida, harina de maíz integral, hojuelas cerveceras y harina de consumo animal. Debido a que la harina se encuentra inmersa dentro de la cesta básica venezolana, la Jefatura de Mantenimiento debe ser garante de que los equipos se encuentren en perfectas condiciones tomando en cuenta el ámbito operacional. Así, el Departamento de Mantenimiento se vió en la necesidad de mejorar los planes de mantenimiento de manera que estén acordes al estado operacional de los equipos que se encuentren instalados en la planta en general y en particular en el área de laminación.

Como parte en la búsqueda de generar planes de mantenimiento, surge la metodología SIGEMA de empresas Polar, cuyo objetivo es implementar una serie de mejoras en la gestión de mantenimiento para la obtención de información necesaria en relación a la planificación, ejecución y evaluación del mantenimiento. Actualmente existen metodologías y herramientas que ayudan a tomar decisiones del tipo de mantenimiento a aplicar según las funciones específicas de cada equipo.

Por esta razón al aplicar la metodología SIGEMA que es una fusión de las otras metodologías usadas en la actualidad parecida al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). La diferencia está que la metodología SIGEMA evalúa los modos de fallas y no los efectos causados por ellas; y a su vez las fallas son evaluados según su frecuencia de aparición y están clasificadas en fallas periódicas y aleatorias. Con relación a el Análisis Criticidad (AC), se realizó de forma diferente, ya que posee otros criterios a evaluar y el Árbol Lógico de desición se evaluó de una forma semicuantitativa; dicha metodología es acorde con la necesidad de desarrollo de la planta y mejora de la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos. Por tal motivo, Empresas Polar decidió aplicar una metodología que los haga más competitiva con otras empresas en lo que a mantenimiento se refiere.

Para el logro de lo antes expuesto se llevaron a cabo el desarrollo de los siguientes capítulos, que se explican a continuación:

El capítulo 1 se muestra una información general sobre la empresa Alimentos Polar Comercial Planta Cumaná, así como también el planteamiento del problema de la investigación, los objetivos (generales y específicos), justificación y alcance del proyecto. El capítulo 2 presenta el marco teórico correspondiente a la investigación, donde mencionan los principios básicos del mantenimiento, algunos conceptos relacionados con la metodología SIGEMA y una breve descripción del proceso de laminación. En capítulo 3 se presenta el marco metodológico de la investigación, mostrándose en que se basó la realización del proyecto y cuales fueron las etapas para desarrollar el mismo. El capítulo 4 muestra el desarrollo de la investigación, relejándose en él los resultados obtenidos en la realización del proyecto. Por último en el capítulo 5 presenta la propuesta de este proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Generalidades de la empresa

Sus antecedentes se ubican al final de la década de los cincuenta y gran parte de los sesenta, cuando en el año de 1.957, siembra sus raíces en la Zona Industrial de San Luis de la ciudad de Cumaná, constituyéndose la compañía “Refinadora de Maíz Margarita C.A.”, por un grupo privado de la región, cuyos propietarios eran los señores José Serapio y José Jesús Narváez Sánchez.

En el año 1.969, la empresa es puesta en venta, lo que despierta el interés de los directivos de Cervecería Polar de Oriente. Posteriormente se concreta la compra, representando a Cervecería Polar, el Dr. Gustavo Jiménez Pocaterra; luego el 19 de noviembre del mismo año, se firman los documentos que dan vida a una nueva empresa, bautizada con el nombre de Maíz de Oriente C.A., MAZORCA. El 24 de noviembre de 1.969, MAZORCA inicia sus operaciones de Producción, por este motivo se considera como fecha de su fundación. A partir de 1.972 se comenzaron a realizar trabajos de mejoras y de actualización de los equipos de Desgerminación, Laminación y Molienda.

Entre los años de 1.981 y 1.983, se logró la puesta en marcha de un nuevo edificio de fabricación y de la incorporación de nuevas maquinarias y equipos, incrementándose la producción en un 100 %.

Para el año de 1.987, la harina precocida de maíz PAN obtuvo la reconocida marca de calidad Norven, convirtiéndose en la primera harina precocida de maíz en obtener dicha marca.

A partir de octubre de 1.998, la empresa Maíz de Oriente C.A., MAZORCA, cambia su denominación a REMAVENCA, establecimiento CUMANA, como parte del programa de reestructuración de las Empresas Polar, como medida de preparación para nuevos tiempos, comercialización y globalización.

Posteriormente en agosto de 2008, como iniciativa de restauración del negocio de Alimentos Polar, se unificaron todo el conjunto de empresas pertenecientes bajo el nombre APC (Alimentos Polar Comercial), de tal manera la empresa REMAVENCA, establecimiento CUMANA, cambió su denominación a APC Planta Cumaná.

1.1.1 Identificación de la Empresa

APC Planta Cumaná, es una empresa agroindustrial dedicada al procesamiento de maíz para la obtención de harina de maíz precocida, siguiendo rigurosos controles de aseguramiento de calidad, para obtener un producto de alta aceptación en el mercado. Actualmente se procesan 2 tipos de harina, la blanca y la amarilla.

1.1.2 Visión de la Empresa

Consolidar la posición en Venezuela y extender las actividades en la Comunidad Andina de Naciones. Seremos líderes en los mercados donde se participe, logrando que el 40% de nuestras ventas totales provengan de productos de alto valor agregado.

Se cuenta con una organización orientada al mercado, que promueva la generación y difusión del conocimiento en las áreas comercial, tecnológica y gerencial. Desarrollando un portafolio de marcas fuertes y de reconocida calidad, así

como sistemas comerciales y de información que permitan colocar nuestros productos en la totalidad de los puntos de venta, donde tendremos una presencia predominante.

Se seleccionará y se capacitará al personal, con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, logrando su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y ofreciéndoles las mejores oportunidades de desarrollo.

1.1.3 Misión de la empresa

Satisfacer las necesidades de consumidores, clientes, compañías vendedoras, concesionarios, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de productos que genera y de la gestión de sus negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio y valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el desarrollo del país.

1.1.4 Valores de la empresa

- **Orientación al Mercado: Satisfacer las necesidades de nuestros consumidores y clientes de manera consistente.**
- **Orientación a resultados y eficiencia: Mantener la conciencia en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible.**
- **Agilidad y flexibilidad: Actuar oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores.**

- **Innovación: Tener una actitud proactiva ante la generación de nuevas tecnologías y nuevos productos. Poseemos la disposición a aprender, gerenciar y difundir el conocimiento.**
- **Trabajo en equipo: Fomentar la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes.**
- **Reconocimiento continuo al logro y la excelencia: Fomentar y reconocer constantemente entre nuestros trabajadores la excelencia y la orientación al logro.**

1.1.5 Funcionamiento de la empresa

La planta, desde que el maíz llega, hasta que es convertido en harina y empaquetado para su posterior venta, cuenta con 5 procesos productivos, los cuales son:

- **RECEPCIÓN Y ENSILAJE: Este proceso tiene como objetivo acondicionar el Maíz de tal forma que pueda mantenerse en el tiempo y de esta manera, proporcionarlo adecuadamente a la planta, tanto en cantidad como en calidad, asegurándose así la producción en el tiempo que sea necesario.**
- **DESGERMINACIÓN: En este proceso se realiza la primera transformación de la materia prima, donde se separa el germen y la concha del grano por medios mecánicos, obteniéndose de esta manera el grits o endospermo que representa la parte dura del maíz y de la cual se obtiene la harina después de varios procesos de transformación.**

- **LAMINACIÓN:** En esta fase es donde ocurre la transformación del endospermo en hojuelas, por un par de rodillos que mantienen entre sí una alta presión, que logran fracturar la estructura de los almidones proporcionándole a estos la propiedad de formar masa.
- **MOLIENDA:** Este proceso constituye la parte final del proceso de la elaboración de harina precocida. Consiste en reducir el flake premolido hasta la granulometría deseada o establecido mediante el uso de cuatro bancos de molinos con diferentes estrías y el uso de cernidores para clasificar el producto.
- **EMPAQUE:** En este proceso se realiza el empaquetamiento de la harina precocida mediante 4 máquinas empaquetadoras y posteriormente se agrupan en fardos mediante 2 máquinas enfardadoras.

1.2 Planteamiento del Problema

A lo largo de los años Empresas Polar ha estado desarrollando productos de alta calidad con el fin de satisfacer la necesidad de consumidores y suplidores, entre sus principales se encuentra la harina de maíz precocida; dicho producto está inmerso en la cesta básicas de todos los venezolanos, es por ello que la empresa Alimentos Polar Comercial (APC)-Planta Cumaná, busca garantizar que este producto sea inocuo y tenga el debido acceso a todos los venezolanos, avalando la continuidad operativa del proceso de extracción de harina.

Siendo APC- Planta Cumaná una filial de gran importancia dentro de las empresas Polar, está dotado de una gran variedad de equipos con características específicas cada uno, los cuales requieren que esté garantizada su continuidad operativa. Para ello se revisaron las políticas de mantenimiento de la empresa; de tal manera de modificar las actividades de mantenimiento que realiza el Departamento de Mantenimiento, y de esa forma de acuerdo a los requerimientos, se reasignaron las actividades para mantener las horas de producción requeridas para ellos.

La empresa APC-Planta Cumaná se ve en la necesidad de garantizar el mejor funcionamiento de los equipos de producción de harina del área de laminación, pues es en esta parte del proceso productivo donde se hace necesario que las hojuelas obtenidas a partir del laminado posean una granulometría deseada de modo que pueda ejecutarse con éxito el siguiente proceso para la obtención de la harina precocida como lo es la molienda. Por otra parte y no menos importante, estas hojuelas obtenidas en el proceso de laminación, son parte fundamental para la producción del Flakes Cervecerero que sirve de materia prima para la elaboración de otro producto de gran importancia para la empresa. Aunado a esto al realizarse una evaluación de la operación de dicha empresa en el 2007, basado en los siete ejes de acción del

Departamento de Mantenimiento, como lo son: 1.) *Organización del Departamento*, 2.) *Capacitación y Adiestramiento del personal*, 3.) *Sistema de información*, 4.) *Planificación de Mantenimiento*, 5.) *Planificación de Repuestos*, 6.) *Reducción de costos* y 7.) *Indicadores de Gestión*, se obtuvo como resultado que los ejes 4 y 5, *Planificación de Mantenimiento* y *Planificación de Repuestos* respectivamente se encontraban muy bajos, según índices establecidos por Empresas Polar, lo que trae como consecuencia que aumente el Índice de Paradas Técnicas (IPT) y por ende acarrea un descontrol en la gestión de mantenimiento. Debido a esto, El Grupo polar compró una metodología llamada SIGEMA (Sistema de Gestión de Mantenimiento) a una consultora Francesa (Accenture), con el fin de mejorar ambos ejes.

Con esta investigación, en el diagnóstico del Departamento de Mantenimiento, se detectó que APC-Planta Cumaná solo contaba con planes de mantenimiento correctivo a sus equipos, lo cual no cumplía con las necesidades y no permitían el aprovechamiento al máximo de la vida útil de los equipos, debido a la falta de una aplicación metodológica acorde a los tiempos tecnológicos. Por lo tanto se decide aplicar la metodología SIGEMA de tal manera de implementar el mantenimiento preventivo a los equipos de la planta de modo que se puedan reducir los costos de mantenimiento y garantizar la vida útil de los equipos.

En la empresa APC Planta-Cumaná, se encuentra el proceso de Laminación con una diversificación de equipos que lo conforman. En tal sentido, se utilizaron herramientas como son: análisis de criticidad, clasificación de fallas según su frecuencia de aparición y los tipos de mantenimientos que se deben aplicar según el Árbol de Decisión propuesto por la metodología SIGEMA.

A partir de lo antes expuesto, nació la propuesta de aplicar planes de mantenimiento a los equipos críticos del área de laminación basado en la metodología

SIGEMA, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de cada uno de ellos y cumplir con los requerimientos de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar un plan de mantenimiento basado en la metodología Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA), para equipos críticos de producción de harina en el área de Laminación, de la empresa refinadora de maíz APC-Planta Cumaná, Edo. Sucre.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1. Diagnosticar la situación actual tanto física como operacional de los equipos de producción de harina.**
2. Realizar un Análisis de Criticidad (AC) basado en la metodología SIGEMA, para equipos de producción de harina del área de laminación.
- 3. Aplicar análisis de fallas según su frecuencia de aparición de los equipos del área de laminado, propuesto por la metodología SIGEMA.**
- 4. Establecer las actividades y frecuencias convenientes para la realización de las hojas de rutas, de acuerdo al nivel de criticidad, basado en la metodología SIGEMA.**
- 5. Realizar el plan de mantenimiento basado en el Sistema de Gestión de mantenimiento (SIGEMA).**

1.4 Justificación

Debido a los nuevos tiempos tecnológicos que se están viviendo, el Departamento de Mantenimiento de Alimentos Polar Planta Cumaná, se ve en la necesidad de crear un nuevo plan de mantenimiento para el proceso del área de laminación, basado en la metodología SIGEMA. Con este nuevo plan se busca contar con una mayor disponibilidad operativa y una planificación de mantenimiento preventivo adaptado a las exigencias ya establecidas por Empresas Polar, conjuntamente ayudará a satisfacer de forma indirecta a los consumidores a quienes se les hace necesario adquirir este producto (harina de maíz). Ésta metodología se basó en la aplicación de análisis de criticidad y análisis de fallas según su frecuencia de aparición en los equipos, lo cual repercute en mejoras en la planificación, ejecución de mantenimiento, planificación de suministros, y parametrización del sistema de registro del Departamento de Mantenimiento.

Con la elaboración de este nuevo plan de mantenimiento para el área de laminación el Departamento de Mantenimiento obtuvo muchos beneficios, debido a que se pudo obtener una data sobre los equipos que son críticos y no críticos con un plan de mantenimiento acorde a su funcionamiento, también se mejora la planificación de repuestos y planificación de mantenimiento que son claves a la hora de evaluar dicha gestión del departamento. Cabe destacar que aplicar la metodología SIGEMA proporcionará planes de mantenimiento adecuados a los nuevos tiempos tecnológicos, planificación de mantenimiento y planificación de repuestos, esto brindaría un equilibrio entre costos y disponibilidad de equipos, lo cual es el camino para aplicar la filosofía de mantenimiento productivo total.

1.5 Alcance

Para la realización de la siguiente investigación se tuvo como propósito elaborar un plan de mantenimiento basado en la metodología SIGEMA, enfocado a los equipos críticos del área de laminación. Para llegar al logro de los objetivos planteados, inicialmente se realizó un estudio de la situación actual en la que se encontraba el área en estudio, para posteriormente realizar un análisis para saber cuáles equipos son críticos y las fallas que presentaban cada uno de ellos, para dar como resultado la generación del plan de mantenimiento acorde a los requerimientos de la empresa. Es importante destacar, que dicha metodología puede ser implementada en los demás procesos que se utilizan para la obtención de harina; no solo es APC Planta Cumaná, sino también para las empresas filiales.

El aporte generado con esta investigación al Departamento de Mantenimiento de APC Planta Cumaná es de gran importancia, pues les brinda una herramienta para obtener una información oportuna, actualizada, documentada de fácil entendimiento y acceso acerca de los flujogramas registro de control, fallas principales, así como las actividades y sus frecuencias, necesarias para la realización del mantenimiento de los equipos críticos del área de Laminación, disminuyendo los gastos de mantenimiento y garantizando una producción que satisfaga los requerimientos de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Guevara, O.; Gómez, N.(2009) “Elaboró un plan mantenimiento basado en la Metodología Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA) para los equipos de producción de harina en el área de desgerminación, de la empresa refinadora de maíz (Remavenca)-Cumaná, Edo. Sucre”^[14].

El trabajo de investigación mencionado tiene como objetivo la creación de un plan de mantenimiento basado en la metodología de Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA), para los equipos del área de desgerminación de la empresa refinadora de Maíz Remavenca-Cumaná. Para la realización de este plan fue necesario realizar un análisis de criticidad para lograr la jerarquización de los equipos del área, así como también un análisis de fallas establecido por la metodología (adopción de la metodología SIGEMA). Concluyendo que de acuerdo a los tipos de mantenimientos establecidos por la metodología, se destaca el predominio del mantenimiento preventivo, esto se debe a la búsqueda de la reducción de costos por reparación y reposición de equipos, además se busca controlar o mitigar las fallas mediante actividades preventivas, garantizando así confiabilidad de todos los equipos involucrados en este proceso. Esta investigación servirá de guía para la realización del proyecto, debido a que fue el primer trabajo que se realizó en la empresa sobre la metodología SIGEMA y aunque se han efectuado una gran cantidad de modificaciones en ella sus principios y fundamentos serán valiosos para el logro de los objetivos planteados.

Pimentel, J. (2005). **“Evaluó los sistemas de sistemas de servicio de agua en planta de una empresa procesadora de harina de maíz precocida”**^[15].

La siguiente investigación tiene como finalidad la evaluación de los sistemas de agua en planta de una empresa procesadora de maíz ubicada en la ciudad de Cumaná. Nace esta necesidad ya que durante la transformación del maíz en producto terminado se llevan a cabo distintas etapas, como lo son, limpieza, desgerminación, laminación, molienda y empaque, en las cuales, se utiliza el agua como ingrediente principal para garantizar la humedad apropiada del producto durante el proceso o bien como refrigerante de algunas máquinas que allí intervienen, lo que implica que debe ser necesario contar con un suministro y distribución de agua en la planta que pueda satisfacer los requerimientos de producción y calidad de la empresa. Para conocer la respuesta de la incógnita antes planteada, se examinó el estado físico de los equipos y componentes que integraban los sistemas, luego se determinaron los consumos reales y requeridos en los procesos, para luego comparar la situación en la que se encontraba la planta con los requerimientos de la misma. A partir de esto se pudo concluir que las bombas que alimentaban directamente los procesos satisfacían los consumos de la planta y los requerimientos a pesar de su baja eficiencia.

Maíz (2008). **“Diseñó un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los enfriadores por aire de la planta compresora Aguasa y 5A del distrito PDVSA Producción Gas Anaco. Edo Anzoátegui”**^[16].

El autor en su investigación determinó que al realizar un Análisis de Criticidad se obtiene como resultado la jerarquización de equipos productivos de la planta, lo cual ayudó en la asignación de recursos de puntajes de criticidad trayendo como resultado que los enfriadores son indispensables y críticos para la planta de producción de gas y posteriormente al realizar el análisis de modo y efecto de falla

(AMEF) a los enfriadores encontró que las mayorías de las fallas son potenciales, en tal sentido sostiene que el Árbol Lógico de Decisiones (ALD) ayuda a desarrollar la metodología y fundamentar los planes de mantenimiento, también deja como valor agregado que los formatos realizados en la investigación ayudará al personal de mantenimiento y operadores a obtener información clara, actualizada y confiable.

2.2 Fundamentos Teóricos

2.2.1 Fundamentos del Mantenimiento

Es de gran importancia para la realización de esta investigación tener el conocimiento necesario del mantenimiento, de tal manera que se puedan tomar las decisiones acordes a los requerimientos de la empresa^[6].

2.2.1.1 Definición de Mantenimiento.

El mantenimiento está relacionado muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, ya que, tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramienta y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laborar.

Se define mantenimiento como: “la combinación de actividades mediante las cuales un sistema o equipo se mantiene en, o se restablece a un estado en el que puede realizar las funciones designadas.”

2.2.1.2 Objetivo Básico del Mantenimiento.

El objetivo de mantenimiento es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, contribuyendo a la reducción de costos finales de operación. Desde el

punto de vista humano el departamento de mantenimiento debe velar por la seguridad de su propio personal y evitar riesgos que pudieran ocasionar pérdidas lamentables^[6].

2.2.1.3 Plan de mantenimiento.

Es un conjunto de actividades con su respectiva frecuencia que tiene como fin la conservación en un buen estado de funcionamiento de cualquier equipo industrial, para que éste se encuentre siempre disponible para operar y para cuando esté operando no presente falla. Además incluye la distribución de los recursos tanto humanos como de materiales, repuestos e insumos necesarios para la realización de las actividades.

2.2.1.4 Tipos de Mantenimiento

2.2.1.4.1 Mantenimiento preventivo.

Es una actividad planificada en cuanto a inspección, detección y prevención de falas, cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación^[2]. Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, las condiciones operacionales y la historia de fallas de los equipos, es importante destacar que no es recomendable aplicar mantenimiento preventivo a un 100% de los equipos, ya que de esta forma se tiende a incrementar los costos, por lo tanto se sugiere realizar un análisis de criticidad, para seleccionar los equipos, que se le aplicaran este tipo de mantenimiento. Englobado en este tipo de mantenimiento también se encuentra el mantenimiento predictivo que se explica a continuación:

2.2.1.4.1.1 Mantenimiento Predictivo.

Este mantenimiento se planifica basándose en el seguimiento de la condición del desempeño del equipo, y es utilizado cuando se dispone de un parámetro que monitoree las condiciones^[2], para así hacer un análisis de los equipos y predecir intervención, de acuerdo a los niveles de admisibilidad, requiere personal especializado, los más utilizados son vibraciones y análisis de aceite.

2.2.1.4.2 Mantenimiento Correctivo.

Es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de la falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar los equipos después de una falla a sus condiciones originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos, debido a desgaste, daños o roturas, este tipo de mantenimiento se puede planificar, pero no programar debido a que ocurre de una forma imprevista.

2.2.1.5 Tipos de mantenimiento según manual de empresas polar

Según el Manual de Mantenimiento de EMPRESAS POLAR^[5], se presentan a continuación los tipos de mantenimiento propuestos por la metodología SIGEMA, que posteriormente se utilizarán en la tabla N° 2.1(Pág. 45).

2.2.1.5.1 Mantenimiento preventivo basado en condición (A).

Este mantenimiento se planifica basándose en el seguimiento de la condición del desempeño del equipo, y es utilizado cuando se dispone de un parámetro que monitoree el deterioro. Permite alargar la vida útil de los componentes y la disponibilidad de los equipos.

2.2.1.5.2 Mantenimiento preventivo basado en el tiempo (B).

Esta Planificación de Mantenimiento se realiza con actividades programadas con base en períodos de tiempos establecidos, definidos a partir de la ocurrencia de la falla, es decir por un análisis de criticidad.

2.2.1.5.3 Mantenimiento correctivo (E).

Se toma en consideración la Política del departamento de mantenimiento donde no son tomadas las acciones establecidas para evitar la falla. Éste hace énfasis en la corrección eficiente del problema. Normalmente es utilizado con base en la disponibilidad de los recursos económicos.

2.2.1.5.4 Mantenimiento de mejora (F).

Política donde se enfatiza en actuar sobre el proceso de falla, evitando su reincidencia. Enfoque en introducir facilidades para monitoreo de parámetros, estabilización de procesos de ocurrencia y aumentar el TMEF (tiempo medio entre fallas) y el desempeño de los equipos.

2.2.1.6 Frecuencia.

La frecuencia es el tiempo que transcurre entre dos inspecciones del mismo componente del equipo. Es diferente para cada componente, se define en función de su trabajo y entorno, es decir de acuerdo a su comportamiento, tomando como base el record histórico^[2].

El período entre dos intervenciones, puede ser cronológica (días, semanas, meses. Año, etc.) o en función de un contador (Kmts, horas de funcionamiento, etc.).

La gama de frecuencia más utilizada en plantas industriales de tipo cronológico son: Diaria (D), semanal (S), mensual (M), trimestral (3M), Semestral (6M), anual (A).

2.2.2 Metodología SIGEMA

Es una serie de pasos secuenciales que tiene la finalidad de ayudar a la gestión de mantenimiento a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas^[5]. A continuación se explican los pasos a seguir establecidos por la metodología SIGEMA:

- 1. Se hace un diagnóstico de la situación actual, tanto física como operacional del área o equipo a estudiar, de modo que se tenga conocimiento del proceso y del funcionamiento de cada uno de los equipos. Por otra parte se verifica toda la data en el sistema SAP para comprobar que estén actualizados los flujos de procesos y se encuentren codificados todos los equipos en estudio, para garantizar que se le ejecuten los planes de mantenimiento a cada uno de ellos.**
- 2. Se realiza un análisis de criticidad propuesto por la metodología SIGEMA a los equipos que integran el área de estudio, con el fin de jerarquizarlos y asignarle los planes de mantenimiento adecuado para garantizar el funcionamiento del proceso y reducir costos por reparación.**
- 3. Utilizando manuales de funcionamiento, historiales de fallas reportados en el sistema de registro SAP, experiencia de expertos del área y operadores, se realiza un análisis de fallas a los equipos tomados en cuenta para el estudio. Estas fallas se analizan conjuntamente de manera que se tenga varias alternativas de mantenimiento que se puedan aplicar.**

- 4. Se asignan actividades de mantenimiento y frecuencia de ejecución para cada falla, estas actividades deben tener todo el procedimiento necesario para ejecutarlos. Estas Actividades y frecuencias se asignarán con la ayuda de los expertos de mantenimiento e historiales de fallas reportados en el sistema SAP.**
- 5. Se crean los planes de mantenimiento para cada equipo, utilizando una herramienta computarizada creada por la metodología SIGEMA, utilizando las actividades y las frecuencias previamente establecidas.**

El nacimiento de la metodología SIGEMA viene dado a raíz de que Empresas Polar realizó un estudio basado en la evaluación de ejes de mantenimientos, y la planificación de mantenimiento obtuvo unos índices muy bajos, debido a esta razón se vió en la necesidad de realizar sus nuevos planes de mantenimientos mediante la aplicación de esta metodología, para ello se seleccionaron cuatro planta pilotos siendo REMAVENCA Cumaná una de ellas.

En APC Planta Cumaná, se encuentra el proceso de Laminación con una diversificación de equipos que conforman este proceso. En tal sentido, se utilizaron herramientas como son: análisis de criticidad, clasificación de fallas según su frecuencia de aparición y los tipos de mantenimientos que se deben aplicar según el Árbol Lógico de Decisión propuesto por la metodología SIGEMA.

2.2.3 Análisis de Criticidad

El Análisis de Criticidad según Huerta^[8] “es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de los activos (procesos, sistemas y equipos), creando una estructura de análisis que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas”.

Además Huerta, se pregunta ¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?

El análisis de criticidad da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que conformen parte de la zona de alta criticidad.

2.2.3.1 Criterios para realizar un análisis de criticidad de los equipos de acuerdo a la metodología SIGEMA están asociados con:

Seguridad: Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al medio ambiente y el personal que cumple labores dentro de la planta.

Calidad: Se toma en cuenta como descripción del criterio que la falla del equipo no afecte la inocuidad del producto y minimice la facturación de la empresa.

Continuidad operativa (producción): Cantidad de mercancía que se deja de producir al momento de la ocurrencia de una falla.

Utilización: Es la capacidad máxima de operación de un equipo con respecto a su capacidad actual de operación.

Tiempo medio para reparar: Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de eventos con fallas y el número total de fallas detectados en esos eventos, en el periodo observado. (Esta definición la utiliza la metodología SIGEMA y aquí en adelante será equivalente al tiempo fuera de servicio)

Tiempo medio entre fallas: Relación entre la suma de todos los tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en el período observado.

Costos: Todos los desembolsos que se generan para mantener o restablecer un equipo en particular.

2.2.3.2 Pasos a seguir para un análisis de criticidad según la metodología SIGEMA.

Para realizar una clasificación de criticidad de manera consistente, los equipos fueron sometidos a una evaluación basada en factores semicuantitativos y colectivamente exhaustivos que se mencionan a continuación:

- Definir un alcance y un propósito para el análisis.
- Establecer criterios de importancia.
- Seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los activos objeto de análisis.

Tomando en consideración los aspectos mencionados anteriormente, seguidamente se presentan los pasos que se tomaron en consideración para el estudio de criticidad:

- Identificar los activos a estudiar.
- Seleccionar el personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolectar datos: Inventario de equipos, flujogramas de proceso, historial de falla.
- Verificar y analizar los datos, mediante la herramienta de análisis de criticidad.
- Retroalimentar.
- Implementar los resultados cargando la criticidad al sistema de registro SAP.

2.2.3.3 Beneficios de la aplicación del análisis de criticidad mediante la metodología SIGEMA.

- Su realización permite obtener una lista jerarquizada de equipos de acuerdo a su criticidad para dar prioridad a los equipos que realmente son críticos.
- Facilita la toma de decisiones porque permite asignar prioridades a los activos, mediante un árbol de decisión establecido por la metodología SIGEMA.

2.2.4 Análisis de fallas según su frecuencia de aparición

Según Contreras ^[9] “el análisis de fallas se efectúa con el objeto de individualizar aquellas fallas que en mayor grado entorpecen el logro de mejores resultados en la gestión de mantenimiento y también para encontrar las causas que las originan”.

Una vez detectadas las fallas principales y sus causas se ejecuta un plan de acción de mantenimiento tendiente a la eliminación de las causas que originan las fallas, para así, reducir su ocurrencia o duración. Como consecuencia de la reducción de la ocurrencia de las fallas se puede lograr mejores resultados en el mantenimiento.

Las fallas identificadas son luego clasificadas según su tipo y frecuencia de aparición, y se hace el análisis de los efectos.

Las fallas son manifestaciones de un mal funcionamiento o desempeño de los equipos; en este sentido se deben considerar las fallas periódicas y aleatorias que consisten en:

- **Falla Periódica:** Son aquellas fallas que se presentan en un período de tiempo establecido.
- **Falla Aleatoria:** Tipo de falla que se presenta en un período de ocurrencia impredecible.

En la figura N° 2.1, se observan los tipos de fallas mencionadas anteriormente:



Figura N° 2.1: Clasificación de fallas

Fuente: Consultora Accenture (2007)

- PDF= Periódica de detección fácil y/o de bajo costo: **Cuando se tiene una frecuencia de aparición de la falla y es detectada de una forma fácil.**
- PDD= Periódica de detección difícil y /o de alto costo: **Cuando se tiene una frecuencia de aparición de la falla y es necesario el trabajo de un especialista para que pueda detectarla.**
- AMF= Aleatoria muy frecuente: **Cuando no se conoce la frecuencia de aparición de la falla, y ocurren más de 29 fallas en un período de 4 semanas.**
- APF= Aleatoria poco frecuente: **no se conoce la frecuencia de aparición de la falla, y ocurren menos de 29 fallas en un periodo de 4 semanas.**

Esta clasificación permite definir el tipo de mantenimiento más adecuado para el equipo, el cual dicta las directrices para definir las acciones de mantenimiento a

ejecutar, esto rigiéndose por la matriz de encadenamiento que dicta la metodología (Tabla N° 2.1).

Tabla N° 2.1: Matriz de encadenamiento

CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD EQUIPO	CARACTERÍSTICA DE FALLA			
	PDF	PDD	APF	AMF
	POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO APLICABLES			
A	A	B	A	F
	B	F	E	A
	E	A	F	E
	F	E	-	-
B	A	B	E	F
	B	F	F	E
	E	E	-	-
	F	-	-	-
C	A	E	E	F
	E	F	F	E
	F	-	-	-
	-	-	-	-

Fuente: Consultora Accenture (2007)

La tabla N° 2.1 mencionada anteriormente muestra la clasificación de criticidad. Con la metodología SIGEMA se da un tratamiento particular a los equipos y hace foco principalmente en maximizar la confiabilidad, la disponibilidad y minimizando los costos mediante un análisis en cuanto a su importancia para el proceso y la consecuencia de sus fallas de tal forma que el tratamiento entregado a cada equipo sea diferenciado. A continuación se muestran las tácticas y políticas que genera la metodología SIGEMA.

La determinación de la criticidad de los equipos y el conocimiento de su modo de falla se analizaran conjuntamente de manera de seleccionar el plan de mantenimiento para cada uno de los equipos.

En la figura 2.2 se muestra un ejemplo para visualizar como escoger un plan de mantenimiento se tiene un equipo “X” donde el equipo arroja un nivel de criticidad tipo A y la falla según su frecuencia de aparición arroja PDF, entonces se busca en la matriz de encadenamiento (Tabla 2.1), la criticidad A + su frecuencia de falla PDD. Y de esta manera se puede obtener los posibles planes a realizarle a dicho equipo.

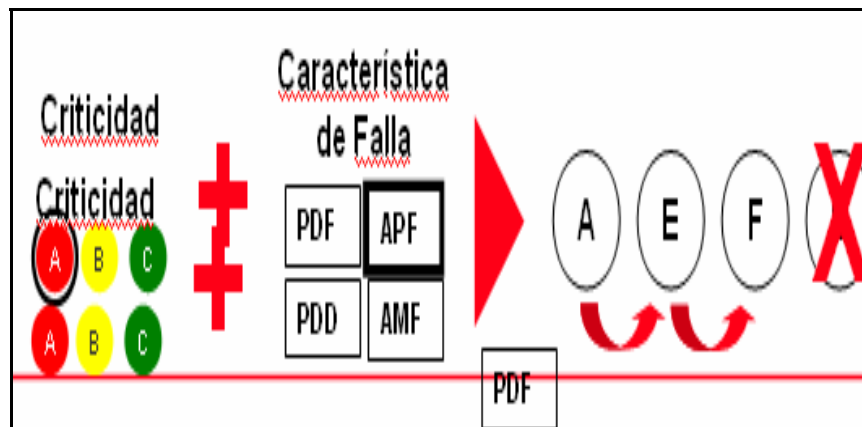




Figura N° 2.2: Ejemplo de cómo escoger un plan de mantenimiento según la metodología SIGEMA
Fuente: El Autor

Desde la tabla 2.2 hasta la tabla 2.4, se indica el tipo de mantenimiento y sus características según el nivel de criticidad de acuerdo a las políticas establecidas por Empresas Polar.

Tabla N° 2.2: Política de mantenimiento maximizar la confiabilidad

		
 Características de los equipos de la clase Necesidad de operar a plena capacidad, con máxima disponibilidad por motivos de productividad y seguridad		
Principal Foco del Mantenimiento		Maximizar la CONFIABILIDAD
Objetivos del Mantenimiento		<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar los tiempo de parada • Eliminación de paradas no planificadas o de emergencia
TÁCTICAS	Política de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo riguroso de las condiciones de operación y de las variables que afectan el desempeño • Preventivo basado en condiciones, y en caso de no ser posible, basado en intervalos constantes • Implementación de mejoras en los planes de mantenimiento siempre que se ubique la causa de una falla, eliminando así lo puntos débiles
	Política de Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de piezas, en contraposición de reparación • Disponibilidad plena para repuestos de uso cierto o considerados estratégicos
	Política de Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridad a inversiones para mejorar la confiabilidad
	Ingeniería de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis permanente del histórico de desempeño operacional • Análisis inmediato de cualquier anomalía presentada
	Prioridad en Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de las intervenciones en el menor tiempo posible • En caso de Falla, Prioridad A
	Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento determinante en la definición de la política de mantenimiento
	Costo de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Considerado de forma secundaria

Fuente: Consultora Accenture (2007)


Tabla N° 2.3: Política de mantenimiento maximizar la disponibilidad



<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> B </div> <div> <p>Características de los equipos de la clase</p> <p>Una falla en lo equipos afecta directamente al proceso productivo, pudiendo comprometer la calidad del producto o la capacidad del proceso</p> </div> </div>	
<p>Principal Foco del Mantenimiento Maximizar la DISPONIBILIDAD</p>	
<p>Objetivos del Mantenimiento • Eliminación de paradas no planificadas o de emergencia</p>	
TÁCTICAS	<p>Política de Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de predictivo para la maximización de los componentes, dentro de límites que no comprometan la confiabilidad • Preventivo basado en intervalos constantes, conforme a las características de las fallas • Implementación de mejoras en los planes de mantenimiento siempre que se ubique la causa de una falla, eliminando así lo puntos débiles
	<p>Política de Repuestos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de piezas durante las reparaciones (piezas reparables) • Disponibilidad básica para repuestos de uso cierto • Ítems de uso probable adquiridos al momento de planificar el mantenimiento
	<p>Política de Inversión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prioridad a inversiones para mejorar la equipos con mayor índice de fallas
	<p>Ingeniería de Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis periódico de fallas con base en el histórico (frecuencia de problemas)
	<p>Prioridad en Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prioridad analizada caso por caso en función de la carga de trabajo • En caso de Falla, Prioridad A o B
	<p>Confiabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elemento de mayor peso en la definición de la política conjuntamente con el costo
	<p>Costo de Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elemento de suma importancia en la definición de la política, sin embargo es secundario en relación con la confiabilidad

Fuente: Consultora Accenture (2007)

Tabla N° 2.4: Política de mantenimiento minimizar costos

		
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 2px solid white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> C </div> <div style="text-align: left;"> <p style="margin: 0;">Características de los equipos de la clase</p> <p style="margin: 0;">Una falla en los equipos no trae consecuencias relevantes</p> </div> </div>		
Principal Foco del Mantenimiento		Minimizar el COSTO
Objetivos del Mantenimiento		<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el consumo de los recursos de mantenimiento (per./ mat./ eq.), dirigiendo el esfuerzo a ítems de mayor importancia
TÁCTICAS	Política de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de predictivo para la maximización de los componentes y la reducción de los esfuerzos de mantenimiento • Correctivo planificado, en los casos en que es mas económico reparar el equipos después de la falla
	Política de Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis critico del costo de las alternativas de recuperar o sustituir piezas • Disponibilidad básica para repuestos de uso cierto • Ítems de uso probable adquiridos al momento de planificar el mantenimiento
	Política de Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridad a inversiones para reducir esfuerzos de mantenimiento • En principio no se le da prioridad a las inversiones para aumentar la confiabilidad
	Ingeniería de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de fallas sólo en caso de ser elevado (más de una por año) • Análisis de mejoras para reducir los esfuerzos de mantenimiento
	Prioridad en Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente la prioridad de atención es D, debido a que los servicios pueden ser postergados sin que su falla tenga implicaciones de seguridad, calidad o cantidad
	Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Importante, sin embargo secundario en relación con el costo
	Costo de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento determinante para la definición de la política

Fuente: Consultora Accenture (2007)

2.2.5 Ejemplo de cómo seleccionar el tipo de mantenimiento en un equipo según sea su criticidad y el tipo de falla

Tomando como referencia la matriz de encadenamiento (Tabla N° 2.1), se muestra el siguiente ejemplo: Criticidad A (Criticidad Alta) + Característica de la falla PDD (Periódica Detección Difícil) = Arrojará el mantenimiento más adecuado al equipo dando como resultado B, F, A, E (Tipos de mantenimiento a realizar), a continuación en la tabla N° 2.5 se describe cada tipo de mantenimiento al que corresponde cada letra mencionada^[5].

Tabla N° 2.5: Definición y descripción de mantenimientos establecidos por la metodología

Política de Mantenimiento	Aplicación	Código	Característica
Preventiva	Basada en la condición	A	Planificación de mantenimiento basado en el acompañamiento de la condición del desempeño del equipo. Es utilizada cuando se dispone de un parámetro que monitoree el deterioro Permite maximizar la vida útil de los componentes y la disponibilidad de los equipos
	Basada en el tiempo (periódica)	B	Planificación de Mantenimiento con intervenciones programadas con base en períodos de tiempo predeterminados, definidos a partir de la probabilidad de ocurrencia de la falla
Correctiva	-	E	Política donde no son tomadas en consideración acciones predeterminadas para evitar la falla. Énfasis en la corrección eficiente del problema. Normalmente es utilizada con base en la disponibilidad económica
Mejoria	-	F	Política donde se enfatiza en actuar sobre el proceso de falla, evitando su reincidencia.

Fuente: Consultora Accenture (2007)

2.2.6 Descripción del proceso de laminación de la empresa refinadora de maiz

2.2.6.1 Proceso de Laminación

En esta fase es donde ocurre la transformación del endospermo en hojuelas, (Figura N° 2.3) por un par de rodillos que mantienen entre sí una alta presión, que logran fracturar la estructura de los almidones proporcionándole a estos la propiedad de formar masa. Constituyendo de esta manera el segundo tratamiento en el proceso de elaboración de la harina precocida^[1], este proceso consta de varias etapas, las cuales se explican a continuación, (Figura N° 2.4).

2.2.6.2 Etapas del Proceso de Laminación

- **Acondicionamiento del Endospermo.**

El endospermo acabado a temperatura ambiente y con una humedad correspondida entre 12% y 15%, se almacena temporalmente en los silos de endospermo acabado, de donde se alimenta en forma continua el proceso.

Esta etapa consiste en acondicionar agua al endospermo a una temperatura comprendida entre 70°C a 80°C, llevando así la humedad del grano a un rango de 14% a 18%; este producto cae a un sin fin mezclador donde se homogeniza la mezcla logrando así que las condiciones de humedad y temperatura sean las mismas en todo el producto; de este sin fin mezclador el producto cae a un sin fin transportador que lo deposita en los tanques de reposo o temperbines acondicionando el endospermo, por un tiempo de residencia de más o menos 3 horas, con el fin de que absorba agua, y lograr humedecer de manera uniforme externa e internamente al grano^[1].

Los temperbines poseen un rotoflow o u motor vibrador los cuales mantienen una vibración constante del endospermo evitando así que el producto no se compacte y permitiéndole continuar su recorrido hacia las cocinas verticales.

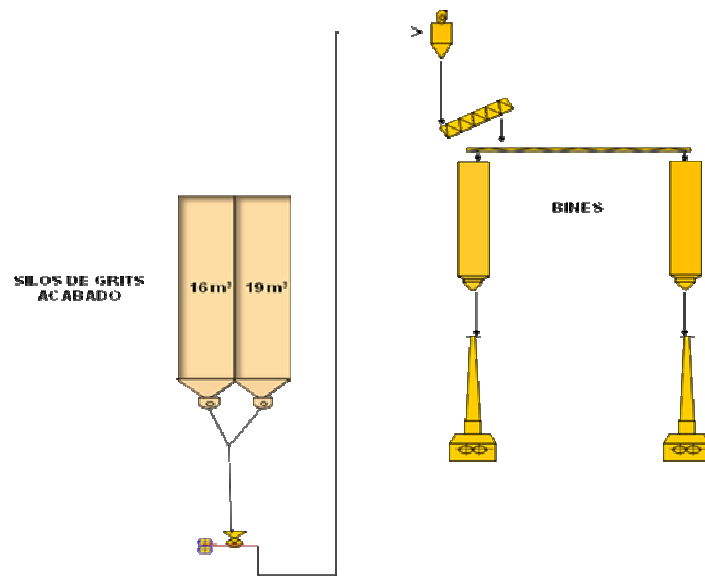


Figura N° 2.3: Esquema del Proceso de Laminación
Fuente: El Autor (2009)

- **Precocción.**

En esta etapa se le da un precocimiento al endospermo acondicionado, con la finalidad de conferirle la propiedad de absorción de agua. La Precocción se realiza en las cocinas verticales en las cuales se inyecta vapor produciendo un hinchamiento reversible, esto se produce cuando el agua penetra en las regiones amorfas del gránulo de almidón sin presentar cambios en la apariencia del grano; logrando así la pregelatinización del almidón.

- **Laminación.**

Una vez precocido el endospermo, es enviado desde las cocinas verticales por medio de un dosificador hasta los molinos laminadores, su función es convertir en hojuelas el endospermo precocido por efecto mecánico debido a la presión a la cual es sometido, esta presión debe a la cual es sometido, debe estar entre 35 a 42 bar lo que ocasiona la ruptura de la molécula de almidón.

- **Secado.**

Las hojuelas que salen de los rodillos laminadores se encuentran húmedas, por lo tanto hay que secarlas, pero estas a su vez se encuentran cargadas de energía (calor)^[1].

Las hojuelas caen de los laminadores a un transportador sinfín que las lleva hasta la secadora, donde se le inyecta aire caliente a una temperatura comprendida entre 90°C a 100°C (este parámetro varía algunas veces por lo que hay que bajarlo entre 85°C y 95°C para evitar reacciones de oscurecimiento de los almidones).

- **Enfriado.**

Las hojuelas se encuentran calientes al salir de la secadora por lo tanto es necesario su enfriamiento. En la enfriadora de hojuelas (tipo cascada), el producto va bajando y mientras esto sucede se pone en contacto con aire frío del ambiente.

Las hojuelas no pueden ser almacenadas en los silos correspondientes para tal fin estando calientes, ya que esto traería como consecuencia un proceso de condensación en los silos ocasionando altos niveles de humedad relativa, crecimiento

de hongos y esporas. Por otra parte se debe enfriar ya que el paso siguiente es la premolienda de las hojuelas y estando caliente no es posible puesto que en este estado la hojuela un se encuentra plástica y en esta forma el molino no ejercerá ningún efecto sobre ellas^[1].

- **Pre-Molienda.**

Desde la enfriadora las hojuelas, por medio de una rosca extractora a un sinfín transportador que lo distribuye a los molinos de premolienda, donde se reduce el tamaño de las hojuelas con la finalidad de facilitar el proceso de molienda, y además proporcionar una mayor capacidad de almacenamiento.

- **Almacenamiento.**

Las hojuelas premolidas pasan a un sinfín transportador y de allí a una esclusa, luego a un transporte neumático positivo que lo traslada hasta un filtro recolector de polvo donde se aspira el polvo que pueda tener el producto, luego se dosifica a un sinfín que lo distribuye a los silos de hojuela premolidas.

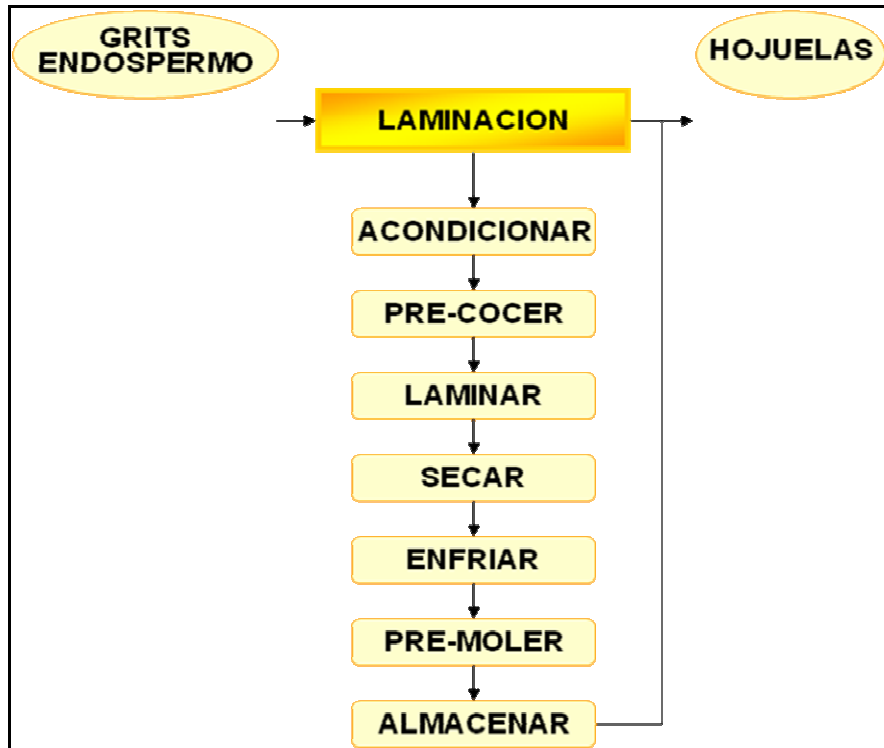


Figura N° 2.4: Etapas del proceso de laminación
Fuente: Ing. Mario Roa (2002)

2.2.7 Equipos que intervienen en el proceso de laminación

2.2.7.1 Silos de Endospermo Acabado.

Son el inicio del proceso de laminación y se comunican directamente con el sistema de acondicionamiento (Premejo) por un transporte neumático. Su función es almacenar al endospermo producido en desgerminación y alimentar el proceso mediante un sistema dosificador conectado a una tolva que recibe el endospermo^[1].

2.2.7.2 Sistema de acondicionamiento o Premojo.

Recibe el endospermo acabado proveniente de los silos, lo humedece uniformemente en el sinfín mezclador inyectando controladamente agua en función del flujo y la humedad del producto, luego lo envía a los tanques de reposos (TemperBines).

2.2.7.3 Tanque de Reposo o TemperBines.

Recibe el endospermo humedecido externamente proveniente del sistema de premojo, lo humedece interiormente y lo envía a las cocinas verticales. Tiene como función acondicionar el endospermo, por un tiempo de residencia de más o menos 3 horas, con el fin que este absorba agua, logrando humedecer de manera uniforme el endospermo (externa e internamente).

2.2.7.4 Cocinas Verticales.

Reciben el endospermo de los tanques de reposos o temperbines, realizando la precocción del grano de maíz mediante la inyección de vapor saturado, lo cual permite que las moléculas de almidón pierdan su rigidez estructural, proporcionándole al endospermo la plasticidad adecuada para el proceso de laminación.

2.2.7.5 Molino Laminador

Recibe el endospermo precocado de las cocinas verticales, lo transforma en hojuelas de espesor no mayor a 0.35 mm, al presionarlo entre dos rodillos de rotación diferencial.

2.2.7.6 Secadora de Hojuelas.

Se encarga de recibir las hojuelas provenientes de los molinos laminadores, las secan rápidamente al pasar sobre un lazo fluidizado con aire caliente proveniente de un ventilador, el aire pasa a través de un intercambiador que le suministra energía calórica necesaria para secar la hojuela^[1].

- **Equipos Auxiliares.**

Ventiladores: Aspiran el aire que se produce dentro de la secadora y otro que produce la fluidización en el lacho de las secadoras.

Intercambiador de Calor: Suministran energía calórica al aire que pasa a través de él provenientes de los ventiladores.

2.2.7.7 Enfriadora de Hojuela.

Se encarga de recibir las hojuelas secas (12% a 12.5% de humedad), las enfría hasta un rango comprendido entre 25 y 30°C utilizando un sistema de convección forzada, comunicándose directamente con el molino reductor (Premolienda).

- **Equipos Auxiliares.**

Ciclón: Para separar el aire y el polvo de las hojuelas.

Ventilador: Para aspirar el aire del medioambiente a través de las hojuelas.

Dosificador de hojuelas: Para alimentar al molino reductor directamente y de manera controlada por medio de un sistema automático de arranque y parada.

2.2.7.8 Molino Reductor o Premolienda.

Su función principal es reducir de tamaño las hojuelas a fin de lograr mejor aprovechamiento de la capacidad de los silos de hojuelas y mayor rendimiento del tiempo en la molienda.

2.2.7.9 Silos de Hojuelas.

Son el final del proceso de laminación y se comunican con el proceso de molienda por medio de los sinfines de descarga.

A continuación se presenta la tabla N° 2.6, en la misma se muestra el listado de equipos pertenecientes al área de laminación, los cuales fueron sometidos a estudio para el logro de los objetivos propuestos en esta investigación, por otra parte en la figura N° 2.6 se muestra un diagrama de flujo del proceso de laminación.

Tabla N° 2.6: Equipos pertenecientes al proceso de laminación

EQUIPOS PERTENECIENTES AL PROCESOS DE LAMINACIÓN		
N°	CODIGO	EQUIPO
1	2100008631	TEMPER BIN2.P2-ACERO INOX.-DIAM 1.8 MT
2	10042704	ROTOFLOW BIN 2.P2
3	2100008632	TEMPER BIN1.P2-ACERO INOX.-DIAM 1.8 MT
4	2100008633	ROTOFLOW BIN 2.P2-BUHLER (16E-1)
5	2100008638	COCINA VERTICAL I LAMINACION II
6	2100008639	COCINA VERTICAL II LAMINACION II
7	2100008651	SIST.NEUMATICO.GTRIS-BINES L2 (23E-25E)
8	2100008729	SIST.ASP.V69 GRITS A PREMOJO P.2
9	2100008814	MEZCLADOR SOBRE TEMPERBINES P.2 (22E)
10	2100008824	SINFÍN DE PREMOJO INTENSIVO P.2 (21E)
11	2100008635	SIST.ASP.SECADORA 1 PLANTA 2
12	2100008636	LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E)
13	2100008647	SINFÍN SOBRES SECADORA 1.P2
14	2100008653	SIST.NEUMATIC.1 FLAKE-ENFRIA.2 (KE1-KE2)
15	2100008745	SIST.NEUMATIC.RE TORNOS-GRITS L2 (27E-28E)
16	2100008822	SECADORA 1.P2-OTW-500 (KE 6-KE 7)
17	2100008850	SIST. ASPIRACIÓN VAHOS L2 (20E)
18	2100008637	MOLINO LAMINADOR-BUHLER-DMWP -2.P2
19	2100008655	SECADORA 2.P2-BUHLER-OTW 500.200 °C
20	2100008784	SIST.TRANS.NEUMATICO 2 FLAKE ENFRIADORA
21	2100008851	SIST.ASP.SECADORA 2 PLANTA 2
22	2100008645	MOLINO LKK 250.1000 P.2 (ME 6-ME 7)
23	2100008650	SIST.NEUMATICO.FLAKE -PREMOL.L2 (ME1-ME2)
24	2100008720	SIST.ASP.ENFRIADORA PLANTA 2 M 829
25	2100008728	SIST.ASP.SILO 3-4 FLAKE-V69 (ME 62-ME 63)
26	2100008736	ENFRIADORA DE CASCADA N° 2
27	2100008819	SINFÍN A SILOS 3 Y 4 DE FLAKE (ME61)
28	2100008890	BASCULA TUBULAR MWBL- 80 FLAKE A SILO P2

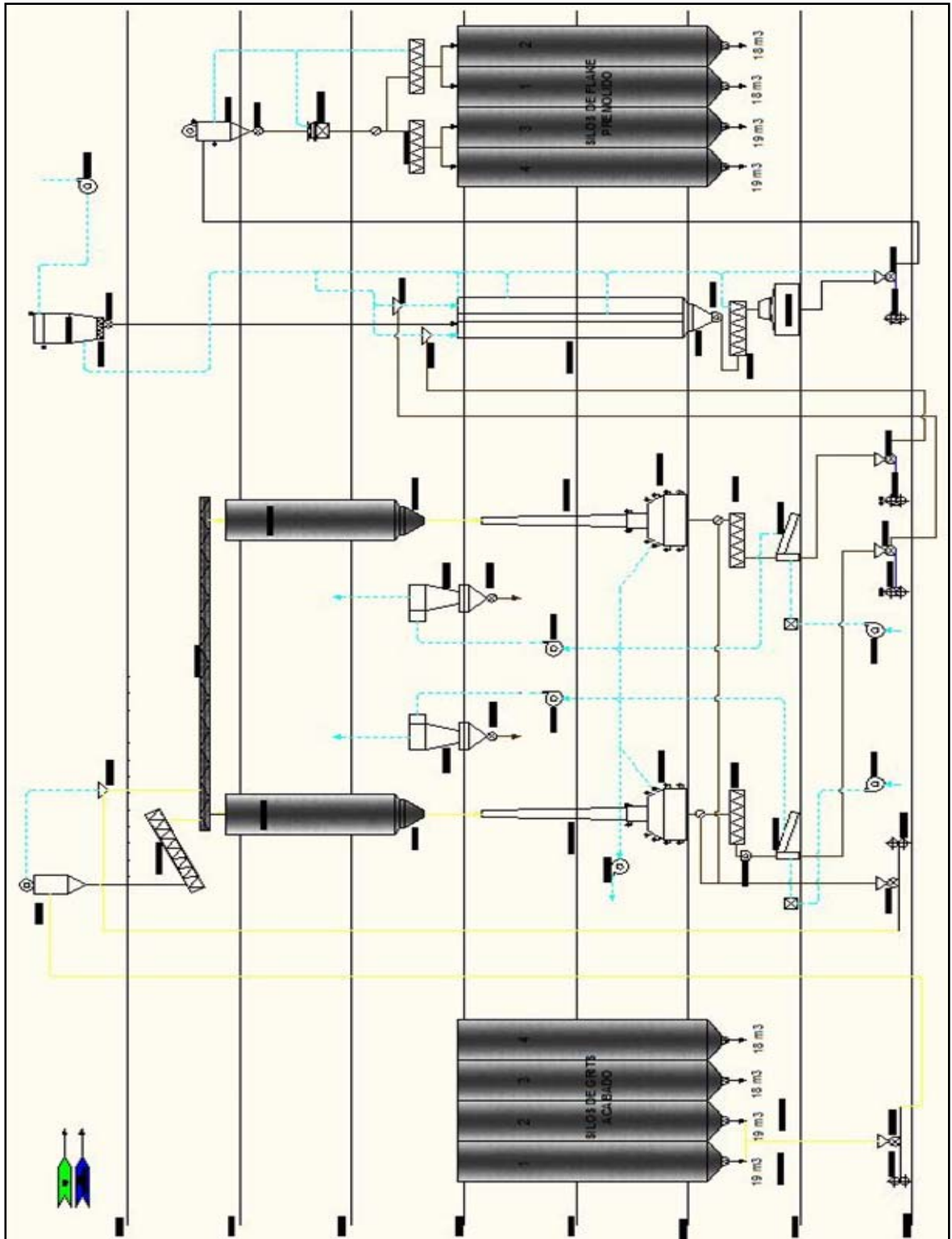


Figura N°2.6: Diagrama de Flujo del Proceso de Laminación
Fuente: El Auntor (2009)

2.2.8 Resumen de definiciones

Equipo: Son objetos físicos e individuales con una función definida dentro del proceso productivo que se deben mantener de forma independiente.

SAP: Es un sistema de información que gestiona de manera integrada y "on-line" todas las áreas funcionales de la empresa. El Sistema SAP se basa en el concepto de combinar todas las actividades de negocio y los procesos técnicos de una empresa en una solución informática simple, integrada, robusta y fiable. Este es el sistema de información utilizado por Empresas Polar.

Ubicación Técnica: Es toda área física o lógica, incluida en la estructura técnica representativa de la Planta. Puede tener otros objetos técnicos instalados y estar sujeta a labores de mantenimiento.

Clase de Objeto: Campo de configuración al cual es posible asignar cada equipo o ubicación técnica creada en el sistema. De esta manera se agrupan equipos con el mismo destino de utilización.

Clase de Equipo: Las clases son objetos SAP que permiten agrupar equipos de acuerdo a criterios específicos definido por los usuarios (Sistema de Clasificación SAP). Se diferencia de la clase objeto en que estas no son creadas por configuración, si no forman parte de la data maestra de objetos técnicos. Además se puede dividir en características.

Característica: Es la organización lógica de los objetos técnicos según diferentes criterios, con el propósito de localizarlos fácilmente y agruparlos al efectuar análisis.

Valor de Característica: Es la definición específica de la unidad con la que se identifica la característica.

Hoja de Ruta: Es un elemento de información que contempla las operaciones involucradas en una actividad de mantenimiento, en las que además se especifican los puestos de trabajo involucrados, los recursos necesarios y los estándares definidos para la ejecución de las actividades.

Sistema: conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica. Ejemplo. : Separación de gas, regeneración de catalizador, etc.

Accenture: Es una empresa consultora estadounidense de gerencia, servicios tecnológicos y outsourcing. Fue la empresa que desarrolló la metodología SIGEMA y trabajo junto al grupo de Empresas Polar en la implantación del mismo en sus plantas.

Actividades de mantenimiento: Distintas actividades que debe realizar el departamento de mantenimiento para mitigar las fallas que se presentan en los equipos, garantizando su funcionalidad, disponibilidad y vida útil.

Órdenes de Mantenimiento: Son usadas para diseñar y organizar las tareas, controlar el progreso del trabajo y evaluar sus costos. Se requiere indicar el objeto técnico afectado, tipos de actividades, alcance, fechas y recursos. Definir las reglas para el asiento contable, la liquidación y el presupuesto de las tareas de Mantenimiento.

Análisis de Pareto: Pareto indica que el 20% de los equipos de un sistema, representa un 80% de las fallas del mismo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Área de Estudio

El área de estudio estuvo compuesta por un amplio espacio del proceso de producción de harina precocida de la Empresa APC Planta Cumaná ubicada en la Zona Industrial San Luís, Avenida Universidad Nro. 20, en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, donde laboran técnicos, supervisores, operadores. En la figura 3.1 se muestra la ubicación física de la planta

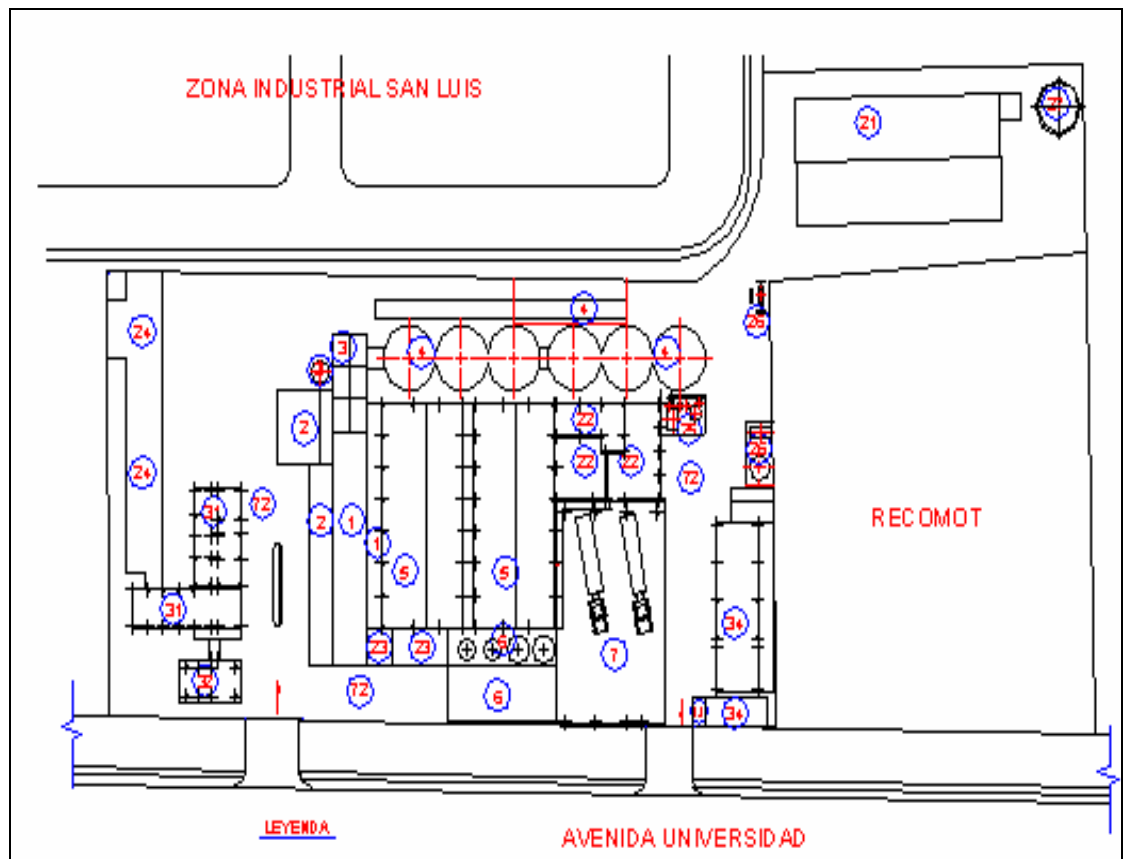


Figura N° 3.1: Ubicación Física de REMAVENCA Planta Cumaná
Fuente: Empresas Polar (2007)

3.2 Tipo de investigación

La siguiente investigación estuvo regida por la modalidad de proyecto factible, debido a que la misma estuvo basada en la elaboración de planes de acción para los equipos del proceso de laminación, que tuvieron como finalidad garantizar la funcionalidad de los mismos y mitigar sus fallas.

“El proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo variable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o diseño que incluya ambas modalidades^[4].”

3.3 Nivel de la investigación

Según la definición de Arias^[4], la investigación realizada debido a su carácter fue de tipo descriptivo, ya que se tuvo que se caracterizaron los hechos que ocurrían con los distintos equipos del proceso de laminación de la planta, de tal manera que se pudiese tener conocimiento del comportamiento de cada uno de ellos, de modo de asignarle el plan adecuado para su mejor funcionamiento.

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento^[4]. Los resultados de este tipo de

investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

3.4 Diseño de la investigación

La recolección de datos de esta investigación se llevó a cabo mediante un diseño de campo, debido a que se basó en la recolección de información directamente de la realidad y la entrevista no estructurada al personal de mantenimiento, de tal manera que no se tomó en cuenta ningún tipo de variable que pudiese haber alterado las condiciones existentes en el sistema. Arias define la investigación de campo como^[4]:

“Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de Investigación no experimental. .

3.5 Población y muestra

Para los fines de esta investigación se establecieron las distintas poblaciones y muestras que fueron tratadas o sirvieron de apoyo para el desarrollo del proyecto.

“Población, o en términos más precisos población objetivos, es un conjunto finito o infinito de elementos con característica comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio^[4].

3.5.1 Población 1.

Para el logro de los objetivos de la investigación la población 1 estuvo conformada por los equipos que integran el área de laminación de la empresa refinadora de maíz.

3.5.2 Población 2.

La población 2 estuvo conformada por el personal que labora en la planta, que sirvieron de apoyo de acuerdo a su experiencia para el estudio de los equipos del área de laminación.

3.5.3 Muestra 1.

La muestra 1 estuvo integrada, por los equipos del área de laminación que resultaron críticos utilizando la metodología establecida por SIGEMA.

3.5.4 Muestra 2.

La muestra 2 se conformó por dos operadores de área de laminación, dos electricistas y dos mantenedores de la Empresa Alimentos Polar (APC), Planta Cumaná, seleccionados a juicio, dependiendo del conocimiento de los equipos sujetos a estudio.

3.6 Técnicas utilizadas

Arias^[4], afirma que “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.

Según lo antes mencionado se puede decir, que la recolección de datos del siguiente proyecto se basó en los siguientes pasos:

3.6.1 Técnicas para la recopilación de información

3.6.1.1 Revisión Documental.

La realización de la siguiente investigación se efectuó por medio de bibliografías acorde con el tema desarrollado, a partir de tesis realizadas, así como también del sistema de registro de la empresa APC Planta Cumaná, las recomendaciones de los fabricantes descritas en sus catálogos de maquinarias, equipos y los conocimientos que posean los operadores de los equipos del área de laminación.

“El análisis documental consiste en describir de forma exhaustiva los elementos de un documento”^[3].

3.6.1.2 Entrevistas.

Se hizo indispensable la realización de entrevistas no estructurales o informales, ya que no se realizó ninguna guía de preguntas a seguir. De tal manera se realizaron entrevistas a los operadores del área de laminación, al personal de mantenimiento mecánico y eléctrico de la empresa, a partir de eso se pudo conocer el funcionamiento de cada uno de los equipos del área y se establecieron las posibles fallas que puedan presentar.

“Entrevista no estructurada, más que un simple interrogatorio es un técnica basada en el diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente

determinado de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” [3].

3.6.1.3 Observación Directa.

La siguiente investigación se llevó a cabo mediante la observación directa, de modo que se estuvo en contacto directo con los equipos a estudiar. Esto fue esencial para el desarrollo del proyecto, pues se pudo conocer la situación actual en la que se encontraban los equipos del área de laminación de la planta, y se pudo asignar el plan de mantenimiento adecuado que garantice su vida útil, aunado a un funcionamiento que satisfaga la producción de la empresa.

“La observación es aquella en la que se pueden recoger datos mediante propia observación” [7].

3.6.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para llegar a las conclusiones de este trabajo de Investigación se hizo un análisis de los procedimientos implementados en el área de Laminación, en función de los resultados obtenidos por el tipo de entrevista aplicada en dicha oficina.

Con respecto al análisis de los datos, las herramientas utilizadas fueron las siguientes:

3.6.2.1 Análisis de Criticidad.

Este permitió comprobar cuáles son los equipos críticos que se encuentran en el proceso de laminado de la planta tomando en consideración la seguridad y calidad,

debido a que estos parámetros son considerados como los más críticos de acuerdo a las políticas de seguridad y calidad que establece Empresas Polar.

3.6.2.2 Análisis de Fallas.

La información necesaria para la realización del análisis de fallas se obtuvo de los históricos de fallas pertenecientes a cada equipo de área de laminación, los cuales fueron extraídos del sistema de registro SAP, así como también de los catálogos de fallas que poseen que cada uno de los equipos, éstos indican las posibles fallas que pueden ocurrir, pero que el equipo aun no ha presentado, garantizando de ésta forma el mantenimiento para todas las fallas que puedan presentar los equipos. Este análisis arrojó como resultado qué tipos de fallas se presentan dependiendo del grado de aparición. Además se utilizaron gráficos circulares, tablas, cuadros comparativos, necesarios para el desarrollo del proyecto.

3.6.2.3 Técnicas Estadísticas.

Para el procesamiento y análisis de los datos se realizó un estudio detallado de toda la información obtenida y los datos fueron clasificados y tabulados a través del programa Microsoft Excel.

3.7 Etapas para la realización del proyecto

A continuación se mencionan detalladamente los pasos a seguir para el logro de cada uno de los objetivos planteados.

3.7.1 ETAPA I: Diagnóstico de la situación actual tanto física como operacional de los equipos.

Se levantó toda la información tanto física como operacional de la línea de producción planta 2 para conocer específicamente el proceso de laminación, de manera de poder comprobar cómo se encontraban los equipos en planta en relación con el sistema y viceversa, esto con la finalidad de poder definir y documentar en el sistema de registro y control los equipos que conforman la línea de producción.

Se actualizó el plano correspondiente al proceso de laminación (Ver Figura N° 2.4) con el objetivo de actualizar el flujograma, de manera tal que estén acorde a la situación real, para ello se realizó lo siguiente:

- **Se efectuó un recorrido por el área laminado y se elaboró el plano correspondiente.**
- **Se actualizó el plano en base a la existencia real.**
- **Todos los cambios y observaciones fueron revisados y validados por los supervisores de los puestos de trabajo. Estos cambios se refieren a las inclusiones y desincorporaciones que sirvieron para actualizar el diagrama de flujo, así como también la cantidad de equipos que se encuentran en el área de laminación y que posteriormente serán sometidos a estudios.**
- **Se definió qué equipos están creados en el sistema de control y registro (SAP) de APC Planta Cumaná y no están en físico. El *TRANSPORTADOR SINFÍN PROMOLIDO 1/P2*, cumplió con esta característica por tal motivo se procedió a desincorporarlo del proceso productivo.**
- **Se definió cuáles equipos se encuentran en físico y no se encuentran registrados en el sistema SAP, pudiendo comprobarse que el *SINFÍN***

SOBRE SECADORA 1/P2 se encontraba con este estatus y se procedió a su creación

Una vez validado el plano, se bajó del sistema de registro la lista de todos los equipos correspondientes al área de laminación; además se definió una lista definitiva de equipos que componen el área en estudio con base en lo documentado (Ver Tabla N° 4.1).

La lista obtenida en el sistema de registro, fue comparada con los equipos presentes en los planos validados a fin de obtener un listado final que contiene todos los equipos.

- **Todos los equipos que fueron identificados en el plano deben estar en la herramienta del levantamiento de equipos (Tabla N° 4.1), para lo cual deben agregarse los que falten, esto quiere decir, que deberán ser creados en el sistema de registro SAP y eliminarse del sistema aquellos que no estén en físico (desincorporarse).**

3.7.1.1 Levantamiento de Información.

Al tener la lista final de equipos (Ver Tabla N° 4.1), que componen la línea se levantó su información faltante, según los siguientes lineamientos:

- **Deben levantarse los datos de los equipos basado en la información contenida en el sistema.**
- **Los datos que no estén en el sistema SAP se obtuvieron mediante el trabajo de campo y en los manuales de los equipos.**

A continuación se presenta la figura N° 2.3, donde se muestra el formato de levantamiento de equipos establecidos por la metodología SIGEMA.

Ubicación Técnica	Descripción Ubicación Técnica	Código A. F.	Código Equipo	Descripción Equipo	Fabricante	Capacidad Máxima	Capacidad de Operación
0714-P-H-LA-L2-AG	ACONDICIONAMIENTO DE GRITS PLANTA 2	2100008631	2100008631	TEMPER BIN 2.P2-ACERO INOX.-DIAM:1.8	NACIONAL	7 MT3	7 MT3
		-	10042704	ROTOFLOW BIN 2.P2	BUHLER	0,5 MT	0,5 MT
		2100008632	2100008632	TEMPER BIN 1.P2-ACERO INOX.-DIAM:1.8	NACIONAL	7 MT3	7 MT3
		2100008633	2100008633	ROTOFLOW BIN 2.P2-BUHLER (16E-1)	BUHLER	0,5 MT	0,5 MT
		2100008638	2100008638	COCINA VERTICAL I LAMINACION II	NACIONAL	-	-
		2100008639	2100008639	COCINA VERTICAL II LAMINACION II	NACIONAL	-	-
		2100008651	2100008651	SIST.NEUMATICO.GRITS-BINES L2 (23E-25E)	AERZEN,BUHLER	13,6 M3/MIN	13,6 M3/MIN
		2100008729	2100008729	SIST.ASP.V69 GRITS A PREMOJO P.2	NEW PRODUCTS,V6	16 MANGAS	16 MANGAS
		2100008814	2100008814	MEZCLADOR SOBRE TEMPERBINES P.2	VE MOSI	2 HP	1 HP
2100008824	2100008824	SINFÍN DE PREMOJO INTENSIVO P.2 (21E)	NACIONAL	2 HP	2 HP		
0714-P-H-LA-L2-L1	LAMINADO 1 PLANTA 2	2100008635	2100008635	SIST.ASP.SECADORA 1 PLANTA 2	NEW PRODUCTS	46 HP	46 HP
		2100008636	2100008636	LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E)	BUHLER	90 KW	90 KW
		2100008647	2100008647	SINFÍN SOBRES SECADORA 1.P2	NACIONAL	2 HP	2 HP
		2100008653	2100008653	SIST.NEUMATIC.1 FLAKE-ENFRIA 2 (KE1-	AERZEN,BUHLER	13,6 M3/MIN	13,6 M3/MIN
		2100008745	2100008745	SIST.NEUMATIC.RETORNO-GRITS L2 (27E-28E)	AERZEN,BUHLER	13,6 M3/MIN	13,6 M3/MIN
		2100008822	2100008822	SECADORA 1.P2-OTW-500 (KE6-KE7)	BUHLER	29 HP	29 HP
		2100008850	2100008850	SIST. ASPIRACIÓN VAHOS L2 (20E)	COINCA		

Figura N° 3.2: Ejemplo del formato para el levantamiento de los equipos
Fuente: Consultora Accenture (2007)

3.7.2 ETAPA II: Identificación de los equipos críticos mediante la herramienta de Análisis de Criticidad (AC).


En el desarrollo del análisis de criticidad, se propuso jerarquizar los equipos mediante ciertos criterios lo que ayudó a dar un diagnóstico efectivo en relación a la criticidad en el área que comprende la investigación. A continuación se presenta una serie de pasos para lograr el desarrollo del mismo.


3.7.2.1 Definición de clases de criticidad.


- **Número de clases a manejar**
- **Definición de cada una de las clases**

(1) Preliminarmente, se definió que todo equipo puede caer bajo una de tres clases de criticidad: “A”, “B” o “C”, en función de la cual se determinó el “Paquete de Mantenimiento” más adecuado según el caso.

(2) Descripción de cada una de las clases.

 **A** La falla del equipo tiene repercusiones significativas sobre la seguridad, la calidad o el proceso productivo. Necesidad de operar a plena capacidad.

 **B** La falla del equipo afecta parcialmente al proceso productivo, pudiendo comprometer la calidad o cantidad producida.

 **C** La falla del equipo no trae consecuencias relevantes para el proceso productivo.

3.7.2.2 Definición de criterios para determinar la criticidad.

Los criterios, en función de los cuales se asignó las clases de criticidad a los equipos fueron los siguientes:

- Criterios:
 - **Seguridad.**
 - **Calidad / Inocuidad.**
 - **Utilización.**
 - **Continuidad operativa.**
 - **Tiempo medio para reparar.**
 - **Tiempo medio entre fallas.**
 - **Costos.**

3.7.2.3 Definición de niveles de los criterios para determinar la criticidad según lo establecido por la metodología SIGEMA.

- **Definición específica de cada nivel para cada criterio:**

3.7.2.3.1 Seguridad.

Alta	Media	Baja
1	2	3
La falla del equipo provoca graves efectos sobre el hombre, las instalaciones y/o el medio ambiente.	La falla del equipo causa riesgos para el hombre las instalaciones y/o el medio ambiente.	La falla del equipo no representa un riesgo para el hombre, las instalaciones o el medio ambiente.

3.7.2.3.2 Calidad / Inocuidad del Producto.

Alta	Media	Baja
1	2	3
La falla del equipo afecta la inocuidad del producto.	La falla del equipo afecta la calidad del producto y la facturación de la empresa	La falla del equipo no tiene efectos sobre el producto o la facturación de la empresa.

3.7.2.3.3 Utilización.

Alta	Media	Baja
1	2	3
El equipo trabaja a máxima capacidad.	El equipo trabaja a media capacidad.	El equipo trabaja a mínima capacidad.

3.7.2.3.4 Continuidad Operativa.

Alta	Media	Baja
1	2	3
La falla del equipo provoca la interrupción total del proceso productivo.	La falla del equipo provoca la interrupción de un sistema o unidad importante o reduce la producción.	Existe equipo de reserva o es más económico reparar el equipo después de la falla.

3.7.2.3.5 Procedimiento para calcular Tiempo Medio Para Reparar (TMPR).

Principalmente para realizar el cálculo de tiempo medio para reparar, se tuvo que bajar del sistema de registro SAP toda la información correspondiente a los históricos de fallas de los equipos del área de laminación en un período de tiempo determinado (1 año), ya obtenida la data es llevada a Excel, allí se obtienen subtotales de los datos por cada cambio en equipo y se obtiene directamente el promedio de la duración de paradas, lo cual representa el TMPR, es decir, las horas de paradas no previstas entre el número total de paradas. Ya obtenido esto, comienza la realización del análisis de Pareto, para ello se hace una sumatoria de los tiempos medios para reparar, de modo que esto simbolice un 100%, buscando representar de forma porcentual los TMPR, dividiendo cada uno entre la suma total; hecho esto se ubica el primer 20%, sumando los equipos con porcentaje más alto, obteniéndose de esta manera los equipos con criticidad alta (Tipo A); luego excluyendo el 20% anterior, se repite el proceso con los porcentaje de los tiempos restantes; representando este segundo el 20% los

equipos con criticidad media (Tipo B), por último el 80% restante de la segunda operación constituyen los equipos con criticidad baja (Tipo C).

3.7.2.3.5.1 Tiempo medio para reparar.

Alta	Media	Baja
1	2	3
El equipo está entre el 20% de equipos con mayor TMPR.	El equipo está entre el 20% y el 80% de los equipos con mayor TMPR.	El equipo está entre el 20% de los equipos con menor TMPR.

3.7.2.3.6 Procedimiento para calcular Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF).

Para realizar el cálculo de Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF), que se define como la relación del número de horas operables entre el número total de paradas, se utiliza el mismo archivo de Excel generado para el cálculo del Tiempo Medio Para Reparar, pero se cambia la función “promedio” por “cuenta” en la columna de duración de paradas, de tal manera que se pueda obtener el número total de paradas (denominador de la ecuación), posteriormente se obtiene del sistema de registro SAP el número de horas operables del área de estudio en un tiempo determinado, en este caso se obtuvieron las operables del área de laminación en un período de un año, luego dividiendo el número de horas operables entre el número de paradas obtenidas para equipo, se obtiene el TMEF. Ya alcanzado este resultado comienza el análisis de Pareto, para ello se realiza una sumatoria de los TMEF obtenidos de modo que esto simbolice un 100%, buscando representar de forma porcentual los TMEF, dividiendo cada uno entre la suma total, hecho esto se ubica el primer 20% de los equipos con menor tiempo entre fallas representando esto los equipos con fallas más recurrentes en el proceso y por ende con criticidad alta (Tipo A), luego excluyendo el 20%

anterior, se repite el proceso con los porcentaje de los TMEF restantes; representando este segundo menor 20% los equipos con criticidad media (Tipo B), por último el 80% restante de la segunda operación constituyen los equipos con criticidad baja (Tipo C), que son equipos que presentan fallas poco recurrentes.

3.7.2.3.6.1 Tiempo medio entre fallas.

Alta	Media	Baja
1	2	3
El equipo está entre el 20% de equipos con menor TMEF.	El equipo está entre el 20% y el 80% de los equipos con menor TMEF.	El equipo está entre el 20% de los equipos con mayor TMEF.

3.7.2.3.7 Costos.

Los parámetros para definir este criterio están establecidos en las políticas de mantenimientos de Empresas Polar.

Alta	Media	Baja
1	2	3
El costo de reposición del equipo es mayor a \$200.000.	El costo de reposición del equipo está entre \$50.000	El costo de reposición del equipo es menor a \$50.000.

Finalmente, se estructuró el árbol de decisión que define la prioridad y relación entre los criterios definidos con que se determinó la criticidad de los equipos.

A continuación en la figura N° 3.3 se muestra el árbol de decisión que definió la criticidad, establecido por la metodología SIGEMA:

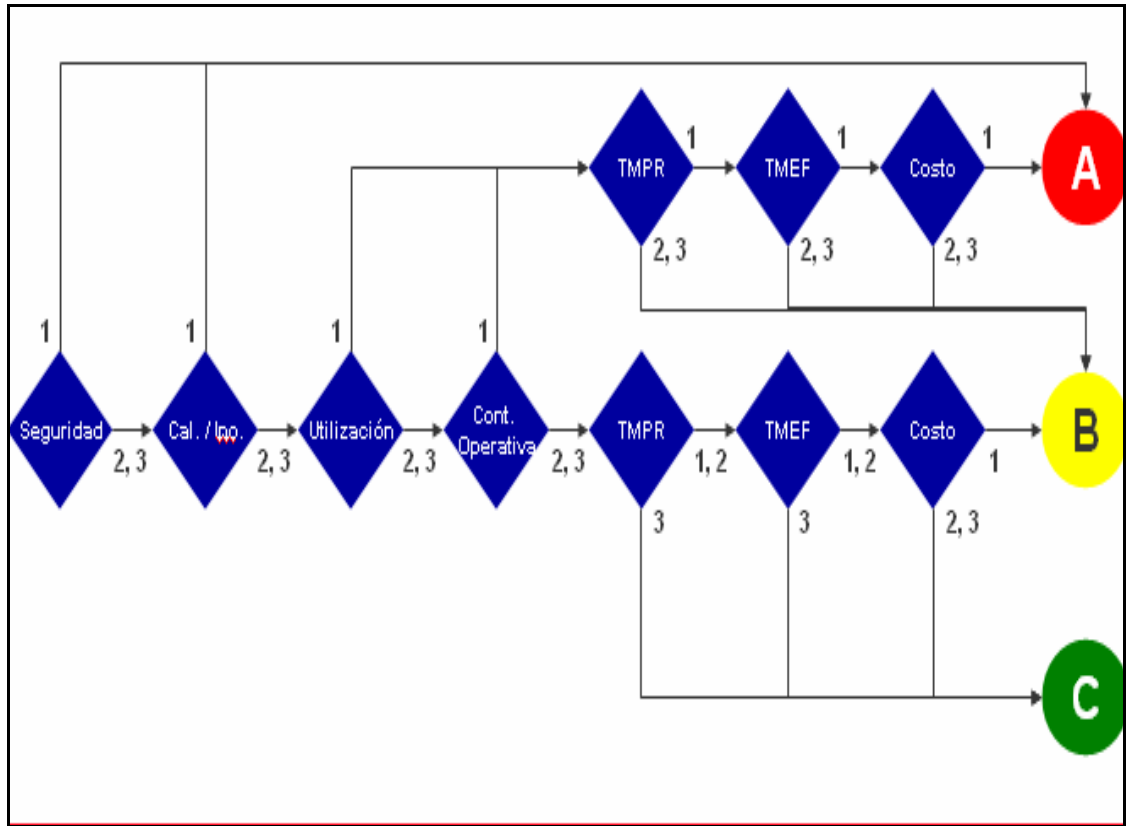


Figura N° 3.3: Ejemplo de matriz de encadenamiento
Fuente: Consultora Accenture (2007)

La matriz de encadenamiento definida por la metodología SIGEMA, se muestra en la figura N° 3.3, con la misma se puede seleccionar la criticidad correspondiente para los equipos del área en estudio, mediante los criterios de criticidad y sus respectivos niveles establecidos anteriormente, cabe destacar que la jerarquización de los criterios mostrados en la figura tienen un valor descendente, siendo uno (1) el valor más alto que se le puede otorgar según lo establecido en la metodología.

Herramienta utilizada, sugerida para la clasificación para cada equipo según los criterios establecidos, tal como lo muestra la figura 3.4.

Ubicación Técnica	Descripción Ubicación Técnica	Código Equipo	Descripción Equipo	Seguridad	Calidad / Inocuidad	Utilización	Continuidad Operativa	Tiempo Medio para Reparar	Tiempo Medio entre Fallas	Costo	Criticidad Sugerida
0714-P-H-LA-L2-AG	ACONDICIONAMIENTO DE GRITS PLANTA 2	2100008631	TEMPER BIN 2.P2-ACERO INOX.-DIAM:1.8 MT	3	2	1	1	3	3	3	B
		10042704	ROTOFLOW BIN 2.P2	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008632	TEMPER BIN 1.P2-ACERO INOX.-DIAM:1.8 MT	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008633	ROTOFLOW BIN 2.P2-BUHLER (16E-1)	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008638	COCINA VERTICAL I LAMINACION II	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008639	COCINA VERTICAL II LAMINACION II	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008651	SIST.NEUMATICO.GTRIS-BINES L2 (23E-25E)	1	2	1	1	3	3	2	A
		2100008729	SIST.ASP.V69 GRITS A PREMOJO P.2	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008814	MEZCLADOR SOBRE TEMPERBINES P.2 (22E)	3	2	1	1	3	3	3	B
		2100008824	SINFÍN DE PREMOJO INTENSIVO P.2 (21E)	3	3	1	1	3	3	2	B
0714-P-H-LA-L2-L1	LAMINADO 1 PLANTA 2	2100008635	SIST.ASP.SECADORA 1 PLANTA 2	2	2	1	1	1	1	2	B
		2100008636	LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E)	1	1	1	1	1	2	1	A
		2100008647	SINFÍN SOBRES SECADORA 1.P2	3	3	1	1	3	3	2	B
		2100008653	SIST.NEUMATIC.1 FLAKE-ENFRIA.2 (KE1-KE2)	1	2	1	1	3	3	2	A
		2100008745	SIST.NEUMATIC.RETORNO-GRITS L2 (27E-28E)	1	2	1	1	3	3	2	A
		2100008822	SECADORA 1.P2-OTW-500 (KE6-KE7)	3	2	1	1	3	2	1	A
		2100008850	SIST. ASPIRACIÓN VAHOS L2 (20E)	3	3	1	2	3	3	3	B

Figura N° 3.4: Ejemplo de la herramienta de clasificación de equipos
Fuente: Consultora Accenture (2007)

La figura N° 3.4 muestra un ejemplo de la herramienta de clasificación de equipos, la misma refleja el resultado definitivo de la criticidad de los equipos que pertenecen al área estudiada, y se obtuvo a partir del análisis realizado con la matriz de encadenamiento (Figura N° 3.3).

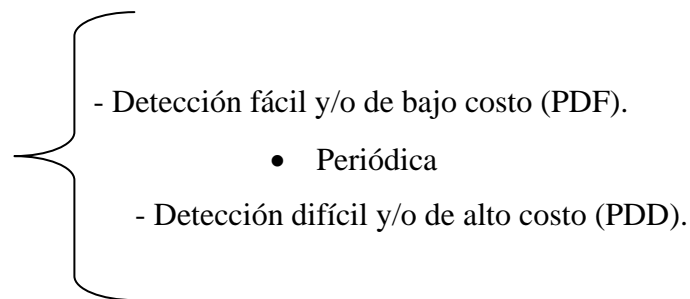
3.7.3 ETAPA III: Aplicación de un análisis de fallas según su frecuencia de aparición de los equipos del área de laminación.

Para el logro de este objetivo se utilizaron Manuales y Catálogos de los equipos, avisos de fallas reportados en el SAP, conocimiento de mecánicos, operadores, supervisores y planificadores de mantenimiento.

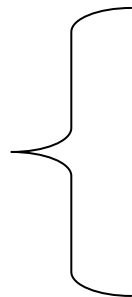
Una vez levantadas las fallas se incluyeron no sólo las que históricamente han ocurrido sino también las que pudiesen ocurrir potencialmente (incluyendo aquellas que actualmente se previenen a través de mantenimientos preventivos).

Las fallas levantadas para los equipos fueron clasificadas según su tipo y frecuencia de aparición.

Según lo establecido en la metodología SIGEMA, las fallas fueron clasificadas en Periódica y Aleatoria, ambas están comprendidas en dos sub-etapas:



Este tipo de fallas se seleccionan de acuerdo a modo de aparición (detección fácil o difícil) o a las repercusiones económicas que pueden tener a la planificación de mantenimiento (detección de bajo costo o alto costo)

- 
- Poco frecuente (APF).
 - Aleatoria
 - Muy frecuente (AMF).

La determinación de este tipo de fallas viene dada debido a las frecuencias de aparición registrada en los históricos de fallas de cada equipo y obtenida a través del sistema de registro SAP, cabe destacar que estas fallas ocurren inesperadamente y dependiendo del tiempo de aparición serán Poco Frecuente o Muy Frecuentes.

La determinación de la criticidad de los equipos y el conocimiento de sus fallas se analizó conjuntamente de manera de obtener las alternativas de mantenimiento que se debe aplicar.

La clasificación de las fallas de los equipos permitió obtener el tipo de mantenimiento más adecuado para cada uno de los equipos, tal como lo muestra la figura 3.5.

Equipo	Criticidad	Falla	Nivel	Descripción Nivel	Tipo de Falla	Característica de la Falla
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Fugas de aceite	Conjunto	BOMBA VIKING PUMPS L4125 10173536	Aleatoria	Aleatoria: Muy Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Falla de Empacaduras	Conjunto	BOMBA VIKING PUMPS L4125 10173536	Periódica	Periódica: Detección Fácil y/o Barata
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Baja de Presión	Conjunto	BOMBA VIKING PUMPS L4125 10173536	Periódica	Periódica: Detección Fácil y/o Barata
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Tranca del reductor por falta de aceite	Conjunto	Reductor	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Fuga de aceite mecánico	Conjunto	Reductor	Periódica	Periódica: Detección Fácil y/o Barata
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Ruptura de componentes internos	Conjunto	Reductor	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Fusible Fundido	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Aleatoria	Aleatoria: Muy Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Alimentación Cortada	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Motor previsto para arranque en triángulo pero conectado en delta	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Defecto en el mando	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Sobrecarga	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Aleatoria	Aleatoria: Poco Frecuente
SIST BOMBEO # 5, ALIMT FORMUL MARGARINA	C	Ventilación Insuficiente	Conjunto	MOTELEC 20 HP 1760 RPM	Periódica	Periódica: Detección Difícil y/o de alto costo

Figura N° 3.5: Ejemplo de la herramienta de clasificación de fallas
Fuente: Consultora Accenture (2007)

3.7.4 ETAPA IV: Establecimiento de las actividades y frecuencias convenientes para los planes de mantenimiento de acuerdo al nivel de criticidad y clasificación de fallas.

3.7.4.1 Definición de actividades de mantenimiento.

Una vez definido el tipo de mantenimiento que se debe aplicar para cada falla fue necesario traducir esta política en actividades de mantenimiento concretas a ser aplicadas a los equipos.

La definición de las actividades de mantenimiento se realizó con ayuda de los expertos de mantenimiento.

3.7.4.2 Descripción de Actividades.

Luego se definieron las actividades de mantenimiento que se deben aplicar para cada falla donde se describió en detalle el procedimiento para ejecutarlas, además de especificar la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento, la misma es la que se señala a continuación:

- Pasos a realizar: **Descripción detallada y enumerada de los pasos específicos a ejecutar para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.**
- Frecuencia: **Es el tiempo con que debe ejecutarse las actividades de mantenimiento.**

- Parámetros de control: **Para los mantenimientos preventivos basados en condiciones, parámetros a inspeccionar y sus respectivos rangos de operación.**
- Repuestos requeridos: **Partes necesarias para ejecutar la actividad.**


Luego de definir las actividades de mantenimiento que se deben aplicar para cada falla se describió el detalle del procedimiento para ejecutarlas, además de especificar la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.

Toda esta información se llenó en un formato de Excel que permitió mantener el orden y la uniformidad con la información levantada para otras líneas.

3.7.5 ETAPA V: Creación de Planes de Mantenimiento.

Finalmente se utilizó una herramienta computarizada que se muestra en la figura N° 3.6, creada por la metodología SIGEMA, donde se especificarán las actividades de mantenimiento que se les realizará a los equipos críticos del área de laminación, utilizando la frecuencia previamente asignada en el análisis de fallas, basándose en el histórico de falla de los mismos.

A continuación se muestra en la figura N° 3.6 la herramienta para la creación de los planes de mantenimiento:



PLANTA:
LINEA:
FECHA:

HERRAMIENTA CREACION PLANES DE ACCION Y DEFINICION DEL MANTENIMIENTO

Código Equipo	Descripción Equipo	Falla	Mantenimiento a Aplicar	Descripción	Nom
2100003779	SIST BOMBEO CENTRAL 1 AGUA PROCESO	JUEGO EN EL ACOPLE (DAÑADO)	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Acople.
		ELEMENTO FLEX DETERIORADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Elemento Flex Ac
		IMPULSOR DESGASTADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Impulsor.
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamientos Bo
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamiento Mot
		MAL MONTAJE O DESGASTE	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Anillo O.
		DESGASTE EN EL SELLO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Sello Mecáic
2100003780	SIST BOMBEO CENTRAL 2 AGUA PROCESO	JUEGO EN EL ACOPLE (DAÑADO)	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Acople.
		ELEMENTO FLEX DETERIORADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Elemento Flex Ac
		IMPULSOR DESGASTADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Impulsor.
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamientos Bo
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamiento Mot
		MAL MONTAJE O DESGASTE	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Anillo O.
		DESGASTE EN EL SELLO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Sello Mecáic
2100003781	SIST BOMBEO CENTRAL 3 AGUA PROCESO	JUEGO EN EL ACOPLE (DAÑADO)	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Acople.
		ELEMENTO FLEX DETERIORADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Elemento Flex Ac
		IMPULSOR DESGASTADO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio de Impulsor.
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamientos Bo
		TRANCAMIENTO RODAMIENTO	B	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo	Cambio Rodamiento Mot

Figura N° 3.6: Ejemplo de la herramienta para la creación de planes de mantenimiento

Fuente: Consultora Accenture (2007)

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

A continuación se presentan los resultados de la investigación, a partir del análisis e interpretación de los datos obtenidos con la observación directa, los resultados arrojados de las diferentes inspecciones y evaluaciones desarrolladas, como también los resultados de la aplicación de las diferentes técnicas de análisis de criticidad y clasificación de fallas según su frecuencia de aparición, que sirvieron como base fundamental para la elaboración del plan de mantenimiento de los equipos del área de laminación de la empresa APC Planta Cumaná, a fin de emitir las conclusiones y con estas proponer las recomendaciones necesarias.

4.1 Presentación y análisis de resultados

En función de las técnicas e instrumentos de recolección de datos aplicados, se describen los procedimientos realizados para el logro y alcance de los objetivos que delimitan la investigación.

4.1.1 Diagnosticar la situación actual tanto física como operacional de los equipos de producción de harina del área de laminación.

Mediante la observación directa, visitas de campos, revisiones a los procedimientos, libros de activos fijos, catálogos e instructivos empleados por el personal de mantenimiento de APC Planta Cumaná, se obtuvo la información necesaria acerca de las características y capacidades de trabajo de los equipos que intervienen en el área de laminación, además del conocimiento de algunos aspectos relacionados con su funcionamiento dentro del proceso.

Después de haber realizado el recorrido se pudo observar que los flujogramas existentes del área de laminación se encontraban desactualizados, en los mismos se pudo notar que existían equipos que ya no están en operación y que han sido desincorporados del área, así como también equipos que habían sido incorporado al proceso productivo y no se encontraban en los mismos. En la figura N° 4.1 se puede observar el diagrama de flujo de laminación desactualizado.

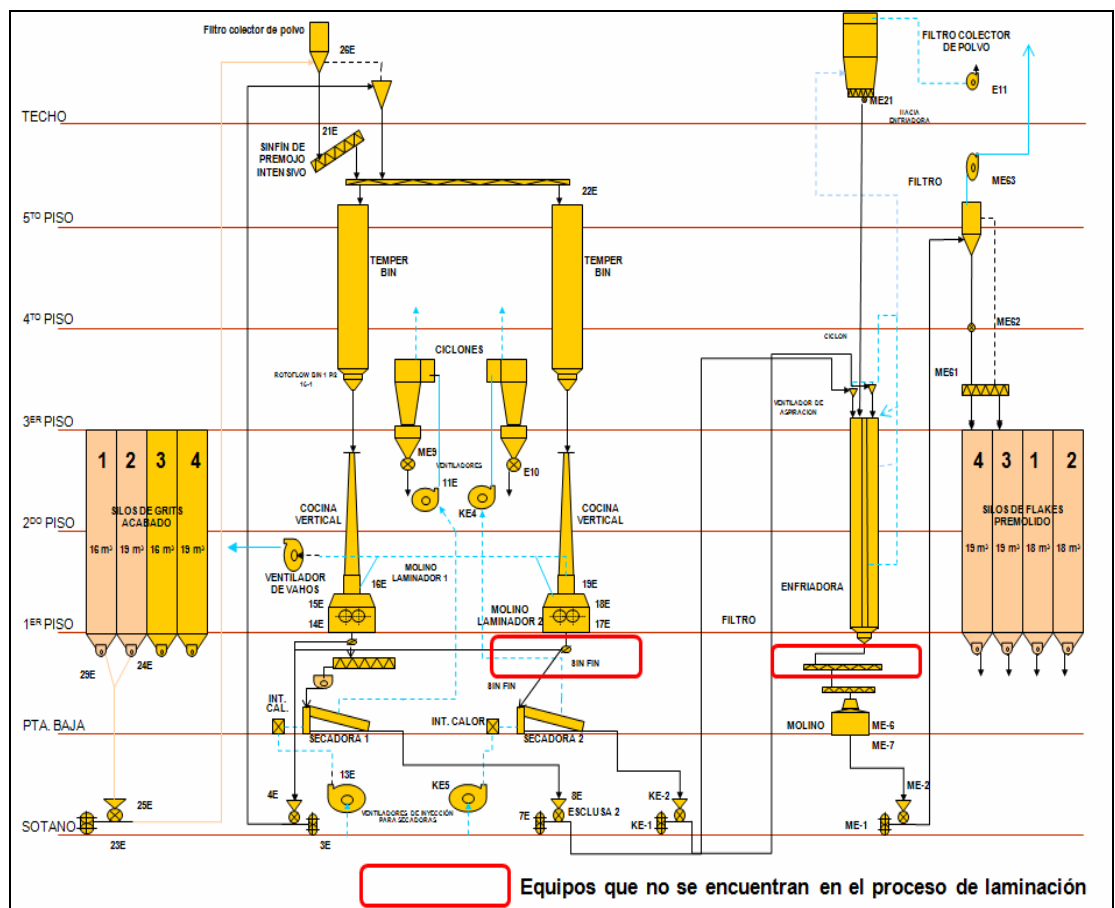


Figura N° 4.1: Diagrama de flujo de proceso de laminación (desactualizado)
Fuente: Autor

Mediante recorrido con los expertos de área se pudo actualizar el diagrama de proceso de laminación de la empresa Alimentos Polar Comercial Planta Cumaná, lo cual trajo como resultado mejoras en cuanto a la descripción visual de los equipos

que intervienen en este proceso y en la nomenclatura de las tuberías de transporte, basada en la NORMA COVENIN (0253-1999), además se encontraron equipos incorporados en el proceso los cuales fueron anexados al flujograma propuesto. En la figura 4.2 se muestra el diagrama de flujo actualizado del área de laminación.

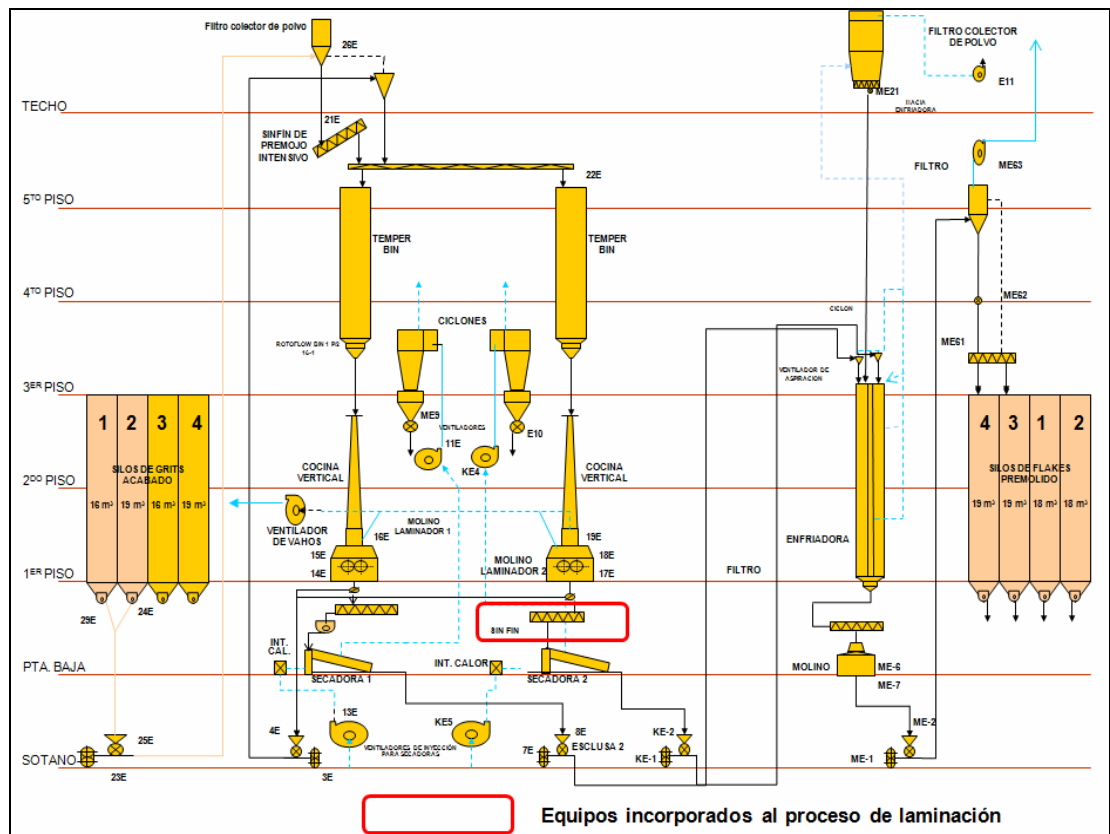


Figura N° 4.2: Diagrama de flujo de proceso de laminación (actualizado)

Fuente: Autor

Después de haber realizado el recorrido se pudo notar que en el sistema de registro de información (SAP) y en el diagrama de flujo del proceso de laminación de APC PLANTA CUMANANA, no se encontraba codificado y descrito el siguiente equipo: *SINFÍN SOBRE SECADORA 1/P2*, debido a que este había sido incorporado a esta área recientemente, trayendo como consecuencia la falta de mantenimiento y control de planificación de estos equipos, ya que el automatismo

del sistema arroja las órdenes de mantenimiento enmarcadas dentro de la planificación, en tal sentido se procedió a la creación del mismo, además se encontraba un equipo desincorporado de esta área de operación: **TRANSPORTADOR SINFÍN PROMOLIDO 1/P2**), El mismo fue desincorporado del área de laminación.

4.1.2 Identificar los equipos críticos del proceso de laminación, mediante la herramienta de Análisis de Criticidad (AC).

Para jerarquizar los equipos del proceso de laminación de la empresa APC Planta Cumaná, se aplicó un análisis de criticidad con los criterios establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo, utilizando como base las políticas de la empresa. Los criterios de evaluación de criticidad utilizados por la metodología SIGEMA constan de tres niveles cada uno de ellos, tal como se especificó en el capítulo 3.

El análisis de criticidad fue realizado, con los distintos supervisores de Seguridad, Calidad, Producción y Mantenimiento, para cada uno de los equipos, obteniendo como resultado el tipo de criticidad.

A continuación se explica cómo se realizó el análisis de criticidad a un equipo del proceso de laminación.

En el siguiente esquema de decisión (Figura N° 4.3 y Tabla N° 4.1), se describe como los jefe de trabajo evaluaron la criticidad del equipo (**LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E)**) cuyo código de equipo es **2100008636**. El primer puesto de trabajo en decidir para el análisis fue el jefe de riesgo y continuidad operativa de la planta que decidió que el equipo Laminador fuese 1, según la jerarquización de la característica que evalúa la seguridad mencionada en el capítulo 3, dándole paso al analista de calidad según el árbol de decisión y así sucesivamente dependiendo de la decisión de cada puesto, para los criterios del TMPR y TMEF evaluados en esta investigación se hace referencia del equipo (**LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19)**) en la tabla N° 4.2 y tabla N° 4.3.

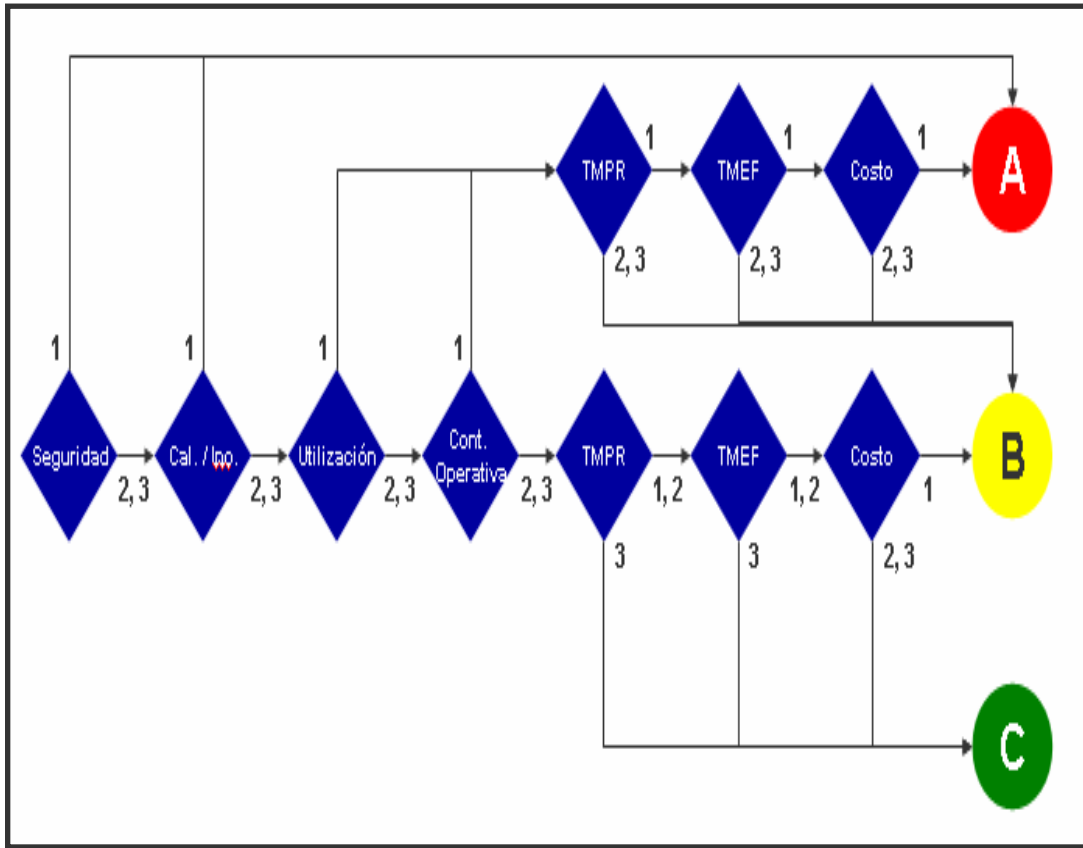


Figura N° 4.3: Diagrama de decisión de criticidad
Fuente: Accenture (2007)

(LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E))

Tabla N° 4.1: Criterios de Criticidad del equipo

Seguridad	Calidad/Inocuidad	Utilización	Continuidad Operativa	TMPR	TMEF	Costo
1	1	1	1	1	2	1

Fuente: El Autor

Cabe destacar, que de acuerdo con el árbol de decisión para el equipo (*LAMINADOR DMWP 1.PII (17E-18E-19E)*), arrojó una criticidad sugerida A (Alta criticidad), consecutivamente en reuniones para llegar a un consenso se decidió tener una criticidad definitiva basándose en los reportes sugerida por la metodología SIGEMA, de que éste equipo tal como se arrojó en los resultados del árbol de decisión fuese establecido de manera definitiva en el nivel de criticidad A (alta criticidad) y así se decidió, ya que es uno de los equipos fundamentales en el proceso de laminación, que al no estar operable paralizaría el proceso, lo cual causaría que no se cumpla con la producción establecida, dejando pérdidas económicas importante para la empresa.

Para los criterios evaluados por mantenimiento que son el Tiempo Medio Para Reparar y Tiempo Medio Entre Fallas se bajaron del sistema SAP las duraciones de paradas (fallas x HR) de los equipos en un período de un año, luego se realizó un análisis de Pareto, explicado en el capítulo 3 (Numeral 3.7.2.3.5 Pag. 69) y el cual se muestra en las tablas N° 4.3 y 4.4, para así poder obtener los equipos que están entre el 20% de equipos con mayor TMPR que son los equipos de criticidad alta (Tipo A), luego se repitió la operación con los TMPR restante, obteniéndose así los equipos que están entre el 20% y el 80% con mayor TMPR, identificados de media criticidad (Tipo B) y por último se obtuvieron los equipos que se encuentran entre el 20% de los equipos con menor TMPR, clasificados de baja criticidad (Tipo C). A continuación se muestran los resultados del análisis de Pareto para el cálculo del TMPR:

Tiempo Medio Para Reparar (TMPR) basado en la metodología SIGEMA.

$$\text{Tiempo Medio para Reparar} = \frac{\text{Horas Paradas no Previstas (Tiempo fuera de servicio por avería)}}{\text{Número Total de Paradas}}$$

La tabla N° 4.2 presentada a continuación, muestra el resultado de criticidad según el análisis de Pareto explicado en capítulo 3, tomando en cuenta el criterio de Tiempo Medio Para Reparar (TMPR) para los equipos del área de laminación.

Tabla N° 4.2: Criterios de Criticidad del equipo (TMPR)

EQUIPO	1º) TMPR*C/E	%	2º) TMPR*C/E	%
Promedio 2100008631	0,75	2%	0,75	3%
Promedio 2100008890	0,71	2%	0,71	3%
Promedio 2100008720	1	3%	1	4%
Promedio 2100008635	1,5	4%	1,5	5%
Promedio 2100008651	1,4175	4%	1,4175	5%
Promedio 2100008655	1,4223	4%	1,4223	5%
Promedio 2100008736	1,335	4%	1,335	5%
Promedio 2100008851	1,25	4%	1,25	4%
Promedio 2100008637	1,6228	5%	1,6228	6%
Promedio 2100008647	1,835	5%	1,835	7%
Promedio 2100008650	1,75	5%	1,75	6%
Promedio 2100008653	1,75	5%	1,75	6%
Promedio 2100008645	2,24	6%	2,24	8%
Promedio 2100008728	2	6%	2	7%
Promedio 2100008824	2	6%	2	7%
Promedio 2100008819	2,5675	7%	2,5675	9%
Promedio 2100008744	2,75	8%	2,75	10%
Promedio 2100008636	3,67	10%	-	-
Promedio 2100008822	3,7775	11%	-	-
TOTAL	35,34	100%	27,9	100%

Fuente: El Autor

Utilizando el mismo archivo generado para el cálculo del TMAP, se calculó los TMEF cambiando la función “promedio” por “cuenta” en la columna de duración de paradas y dividiendo las horas operables de los equipos en un año de trabajo bajadas del sistema SAP, entre los números de paradas por equipo, obteniéndose el Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF), luego se aplicó análisis de Pareto explicado en el capítulo 3, donde se obtuvo el 20% de los equipos con menor TMEF, que son los equipos con criticidad alta (Tipo A), se repitió el proceso con los TMEF restantes y se obtuvieron el 20% de los equipos con criticidad media (Tipo B), por último el 80% restante constituyó los equipos con criticidad baja (Tipo C). A continuación se muestra el análisis de este criterio fundamental, para evaluar la confiabilidad de los equipos del área de Laminación, el cual se obtuvo por medio de la fórmula:

Tiempo Medio entre Falla (TMEF):

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Horas Operables}}{\text{Número Total de Paradas}}$$

Las horas operables son el tiempo de operación productiva en tiempo de funcionamiento para un área de producción, para los efectos de esta investigación en el área de laminación de la empresa APC Planta Cumaná. Las mismas son bajadas del sistema de registro SAP, para un período de tiempo determinado en este caso un año.

Horas Operables: 4122,840 Horas

Tabla N° 4.3 se presenta a continuación y nos refleja los resultados de criticidad según el análisis de Pareto explicado en el capítulo 3, tomando en cuenta el criterio de TMEF, para los equipos del área de laminación.

Tabla N° 4.3: Criterios de Criticidad del equipo (TMEF)

EQUIPO	N° DE PARADAS	1°) HR. OPERABLES/N° DE PARDAS	%	2°) HR. OPERABLES/N° DE PARDAS	%
Cuenta 2100008645	19	216,9915789	0,6%	-	-
Cuenta 2100008655	17	242,52	0,6%	-	-
Cuenta 2100008822	12	343,57	0,9%	-	-
Cuenta 2100008637	7	588,9771429	1,5%	-	-
Cuenta 2100008744	5	824,568	2,1%	-	-
Cuenta 2100008819	4	1030,71	2,6%	-	-
Cuenta 2100008651	4	1030,71	2,6%	-	-
Cuenta 2100008647	3	1374,28	3,5%	-	-
Cuenta 2100008650	3	1374,28	3,5%	-	-
Cuenta 2100008653	3	1374,28	3,5%	-	-
Cuenta 2100008636	2	2061,42	5,2%	2.061,42	7%
Cuenta 2100008851	2	2061,42	5,2%	2.061,42	7%
Cuenta 2100008890	2	2061,42	5,2%	2.061,42	7%
Cuenta 2100008631	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
Cuenta 2100008635	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
Cuenta 2100008720	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
Cuenta 2100008728	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
Cuenta 2100008736	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
Cuenta 2100008824	1	4122,84	10,5%	4.122,84	13%
TOTAL	89	39322,18672	100%	30.921,30	100%

Fuente: El Autor

4.1.3 Aplicación análisis de fallas según su frecuencia de aparición a los equipos críticos del área de laminación.

Para determinar las fallas presentes en el área de laminación, se utilizaron Manuales y Catálogos de los equipos, éstos indican las posibles fallas que pueden ocurrir, pero que el equipo aún no ha presentado, garantizando de ésta forma el mantenimiento para todas las fallas que puedan presentar los equipos; así como también estudios previamente realizados sobre los equipos, avisos de órdenes de mantenimiento correctivo, reportes diarios de avería reportados por los operadores y mantenedores registrado en el sistema SAP (historial de fallas).

Las fallas establecidas no sólo son las que históricamente ocurrieron, sino también las que pudiesen ocurrir potencialmente (incluyendo aquellas que actualmente se previenen a través de mantenimientos preventivos), cada una de las fallas generan un mantenimiento que se puede aplicar según la matriz de decisión de la metodología SIGEMA, y en algunos casos no se escogió el tipo de mantenimiento generado por el árbol decisión, ya que en estos casos se proponía un mantenimiento relativamente costosos a equipos que no son críticos, consiguiendo realizar actividades preventivas de menor costo y en estos casos se tomó la opinión generada por los expertos de mantenimiento del área.

Las fallas de los equipos son presentadas desde la tabla N° 4.5 hasta la tabla N° 4.21, estas tablas son establecidas por la metodología SIGEMA y la información para complementarlas se obtuvo a partir de los históricos de fallas de cada equipo bajado del sistema de registro SAP, así como también de manuales y catálogos de fallas que poseían cada uno. Las tablas de fallas se presentan el Apéndice A desde la tabla N° 4.5 hasta la tabla N° 4.21.

4.1.4 Establecimiento de actividades y frecuencias convenientes para la realización de las hojas de rutas, de acuerdo al nivel de criticidad.

Una vez analizado el tipo de mantenimiento sugerido según el análisis de fallas, se precisaron las actividades de mantenimiento que pueden ser aplicada para cada falla y se validaron con los expertos en el área. Dichas actividades constan de la siguiente información establecida por la metodología SIGEMA.

- **Descripción de los pasos específicos a ejecutar para llevar a cabo las actividades de mantenimiento:** Allí se muestra detalladamente cómo debe hacerse la actividad planificada, de manera que el encargado de esa labor, mantenga un orden para realizarla y pueda concluirla satisfactoriamente.
- **Frecuencia a la cual debe ejecutarse las actividades de mantenimiento:** Se especifica el período de realización de la actividad por ejemplo: 1 mes, 2 meses, 6 meses, etc.
- **Parámetros de control con los cuales se evaluarán los rangos de alguna variable a estudiar:** Estos parámetros serán reflejados cuando el mantenimiento que se deba aplicar sea de Tipo A (Mantenimiento Preventivo Basado en Condición), para efectos de esta investigación serán temperatura y vibración debido a que solo se cuenta en la empresa con un equipo para este tipo de mantenimiento, como lo es el Detector III.

- **Repuestos requeridos para ejecutar la actividad:** Se especifican las piezas de recambios que serán utilizadas en la actividad a realizar, especificando si es una repuesto de importación o nacional.

Todo el análisis previo llevó a la creación de planes de mantenimiento los cuales buscan minimizar la diversidad de fallas que se presentan en los equipos del área de laminación, además de prolongar la vida útil de los equipos. Estos planes traerán grandes beneficios en la planificación de mantenimiento, ya que se podrán realizar las actividades de mantenimiento con una frecuencia acorde para cada uno de los equipos, además de minimizar costos, debido a que los repuestos a utilizar tendrán una frecuencia establecida de recambio. Los planes de mantenimiento se muestran desde la tabla N° 4.22 hasta la tabla N° 4.62, distribuidos de la siguiente manera:

- **Apéndice B: Planes de mantenimiento preventivo (Tabla N° 4.24 hasta la tabla N° 4.39)**
- **Apéndice C: Planes de mantenimiento predictivo (Tabla N° 4.40 hasta la tabla N° 4.52)**
- **Apéndice D: Planes de mantenimiento de mejora (Tabla N° 4.53 hasta la tabla N° 4.6).**

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1 Presentación o fundamentación

El plan de mantenimiento busca minimizar la diversidad de fallas que se presentan en los equipos críticos del proceso de laminación de la empresa APC-Planta Cumaná, además de disminuir los trabajos excesivos de mantenimiento correctivo, mantener la producción bajo los parámetros exigidos por los clientes, garantizar, y asegurar la vida útil de los equipos críticos del proceso de laminación.

Los planes de mantenimiento propuestos en el desarrollo de este trabajo aplican a los equipos críticos pertenecientes al área de laminación de la empresa, el cual constituye el segundo proceso de obtención de harina de maíz precocida, representando este una producción continua. Esta área de producción cuenta con 28 equipos, de los cuales 17 resultaron críticos mediante un análisis de criticidad basado en la metodología SIGEMA, los cuales posteriormente serán sometidos a estudio.

5.2 Factibilidad económica

La factibilidad económica al implantar la propuesta de un plan de mantenimiento basado en la metodología SIGEMA para los equipos críticos del proceso de laminación, acarreará beneficios en la planificación de mantenimiento, ya que se podrán realizar las actividades de mantenimiento con una frecuencia acorde para cada uno de los equipos estudiados, además de minimizar costos, debido a que los repuestos a utilizar tendrán una frecuencia adecuada de recambio.

Así mismo, este plan de mantenimiento propuesto brindará una estabilidad a la planificación presupuestaria, debido a que se contará con una planificación adecuada para los equipos críticos del área de laminación. La implementación de este

plan de mantenimiento tendrá un costo aproximado de 2.350.000 \$, precio que se calculó según el criterio de costo establecido en el capítulo 3 (Numeral 3.7.2.3.7 Pag.71).

5.3 Estructura de la propuesta

A continuación se indica la estructura del contenido de la propuesta desarrollado por la metodología de SIGEMA.

- **Nombre del equipo: Es el nombre del dispositivo objeto al cual se le realizan las actividades de mantenimientos.**
- **Conjunto o equipo: Conjunto son elementos que forman parte de un equipo o cuya función es directamente asociada a un equipo (por ejemplo instrumentos) Ejemplo: manómetros, termómetros, motores, bombas entre otros. Los equipos son objetos físicos e individuales con una función definida dentro del proceso productivo que se deben mantener de forma independiente. Ejemplo: Transportadores, tanques, intercambiadores.**
- **Fallas: Son los hechos fortuitos ocurridos a los equipos o conjuntos que impide su normal funcionamiento y desempeño.**
- **Mantenimiento a realizar: Son los tipos de mantenimiento los cuales están establecidos por la metodología SIGEMA y dependiendo a la falla del equipo se podrá aplicar el más adecuado como: A, B, E, F.**
- **Descripción: Se refiere al significado del tipo de mantenimiento a ser aplicado: A = Mantenimiento preventivo basado en condiciones**

(predictivo), B= Mantenimiento preventivo basado en el tiempo, E= Mantenimiento correctivo, F= Mantenimiento mejora (rediseño).

- **Nombre de la actividad: Comprende todas las acciones de mantenimiento que deben realizarse en el tiempo estipulado, dependiendo de los resultados obtenidos en el análisis de fallas y en la inspecciones.**
- **Pasos a realizar: Se refiere a las normas y medidas de seguridad que debe cumplir el personal de mantenimiento además de las instrucciones a seguir para la ejecución de cada una de las actividades.**
- **Personal: Abarca el tipo de personal especializado y la cantidad necesaria para realizar una actividad.**
- **Frecuencia: Se refiere al periodo de tiempo con que será aplicada la actividad del mantenimiento.**
- **Parámetros de control: Para los mantenimientos preventivos basados en condiciones, parámetros a inspeccionar y sus respectivos rangos de operación, en este caso se trabajo con el Detector III, equipo utilizado para evaluar variación en la vibración y temperatura con un rango de Temperatura de 35- 65 °C y Vibración de 0 -7 mm/s**
- **Repuestos requeridos: Partes de recambio necesarias para ejecutar la actividad de mantenimiento que se desea realizar.**
- **Repuestos de Importación: Definición de si la actividad en cuestión requiere de repuestos de importación.**

- Personal necesario: **Personas capacitadas para ejecutar la actividad, estos pueden ser: mecánicos, electricistas o técnicos.**
- Herramientas especiales requeridas: **Todas las herramientas necesarias para la ejecución de la actividad que los técnicos no llevan habitualmente consigo.**
- Duración de la actividad: **Tiempo estimado para la ejecución de la actividad (en horas).**
- Estado de la instalación: **Definición sobre el estado en el que debe estar el equipo para la ejecución de la actividad (en funcionamiento o fuera de servicio).**

Los planes de mantenimiento de los equipos serán presentados a continuación en las tablas:

- Planes de mantenimiento preventivo (basado en el tiempo), desde la tabla N° 4.23 (Capítulo IV) hasta la N° 4.39 (Apéndice B).
- Planes de mantenimiento predictivo (basado en condición), desde la tabla N° 4.40 hasta la N° 4.52 (Apéndice C).
- Planes de mantenimiento rediseño (mejora), desde la tabla N° 4.53 hasta la N° 4.63 (Apéndice D).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego de culminar la elaboración de un Plan de Mantenimiento basado en la metodología de sistema de gestión de mantenimiento (SIGEMA), para los equipos críticos de producción de harina del área de laminación, de la empresa refinadora de maíz APC Planta-Cumaná, Edo. Sucre, se llegó a las siguientes conclusiones.

En la primera fase de diagnóstico, se determinó que existía un equipo que había sido incorporado del proceso productivo y no se encontraba codificado en el sistema, (*SINFÍN SOBRE SECADORA 1/P2*), por otra parte se obtuvo que existía un equipo codificado en el sistema que se encontraba desincorporado del proceso (*TRANSPORTADOR SINFÍN PROMOLIDO 1/P2*).

Se elaboró un inventario con todos los equipos pertenecientes al proceso de laminación y se verificó si estos poseían planes de mantenimiento actuales cargados en el sistema.

Al realizar una comparación de los resultados de los diferentes niveles de criticidad que se establecen dentro de la metodología SIGEMA, se obtuvo un porcentaje elevado de equipos críticos (61%).

Se determinaron un 54% de fallas aleatorias y un 46% de fallas periódicas, quedando en evidencia que la mayor cantidad de fallas que se presentan en los equipos críticos del área de laminación ocurren de una manera impredecible.

En relación a los tipos de mantenimientos establecidos por la metodología SIGEMA se destaca el predominio del mantenimiento preventivo con un 68%, esto se debe a la búsqueda de la reducción de costos por reparación y reposición de equipos, por otra parte se obtuvo un 7% de mantenimiento predictivo, un 9% de mantenimiento de mejora y por último un 16% de mantenimiento correctivo.

RECOMENDACIONES

A continuación se plantean algunas recomendaciones para mantener y mejorar las condiciones de la gestión de mantenimiento y de la empresa como:

- 1. Aplicar la metodología SIGEMA a los procesos productivos faltantes de planta 2 y servicios, a fin de que la nueva metodología asumida por la gestión de mantenimiento, sea adoptada de manera general.**
- 2. Continuar con los planes iniciados en la gestión de mantenimiento a fin de no interrumpir el proceso de retroalimentación para la mejora continua.**
- 3. Realizar inducciones continuas al personal de mantenimiento y operadores, acerca de los modos de fallas a la hora de notificar avisos de mantenimiento correctivo.**
- 4. Continuar las actividades de integración y capacitación del personal a fin de mantenerlos motivados para asumir los cambios requeridos en la aplicación del mantenimiento.**

BIBLIOGRAFÍA

[1] “Proceso de Laminación”, Centro de Adiestramiento Técnico de Remavenca, 2002.

[2] Suárez, D; Bravo, Darwin. Guía teórica-práctica: Mantenimiento mecánico.2008

[3] Arias, F. El Proyecto de Investigación.(1^{era} ed.). Caracas: Episteme. (1997).

[4] Arias, F. El Proyecto de Investigación: introducción a la metodología Científica (5^{ta} ed.).Caracas: Episteme. (2006).

[5] Empresas Polar. Manual de Mantenimiento. (2007).

[6] Duffua, S., A. Raouf y J. Campbell. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México: Limusa. (2006).

[7] Tamayo y Tamayo. El proceso de la Investigación Científica. (3^{era} ed.). México: Editores Limusa – Noriega Editores. (1999).

[8] Huerta, R. El Análisis de Criticidad como herramienta para la toma de decisiones. (2004).

[9] Contreras, J. (2007). Manual de Sistemas de Mantenimiento.

[10] Zambrano, R y Leal, S. (2005). Fundamentos básicos de mantenimiento Venezuela: Unet

[11] Bruzual, C. (2003). Programa de Mantenimiento Preventivo a los Equipos Críticos de la Planta de Asfalto de la Empresa VEPACA. Universidad Gran Mariscal de Ayacucho, Núcleo Cumaná.

[12] Arias, F. (2006). Militos y errores en la elaboración de tesis y proyectos de investigación. (3^{era} ed.). Caracas: Episteme

[13] Yeguez, I. (2003). Análisis de criticidad y formulación de planes de mantenimiento preventivo de oleoductos troncales adscritos a la gerencia de coordinación, operacional de oriente zona sur de PDVSA.

[14] Guevara, O.; Gómez, N.(2009). Plan de mantenimiento basado en la Metodología Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA) para los equipos de producción de harina en el área de desgerminación, de la empresa refinadora de maíz (Remavenca)-Cumaná, Edo. Sucre.

[15] Pimentel, J. (2005). Evaluación de los sistemas de sistemas de servicio de agua en planta de una empresa procesadora de harina de maíz precocida.

[16] Maíz (2008). Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los enfriadores por aire de la planta compresora Aguasa y 5A del distrito PDVSA Producción Gas Anaco. Edo Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	Elaboración de Plan de Mantenimiento para equipos críticos basado en el Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA). Caso: Equipos de producción de harina del área de laminación de una empresa refinadora de maíz APC-Planta Cumaná.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E- MAIL	
Gómez B. José A.	CVLAC:	17.909.481
	E MAIL:	jose_alejandro26@hotmail.com
	CVLAC:	
	E MAIL:	
	CVLAC:	
	E MAIL:	

PALABRAS O FRASES CLAVES:

MANTENIMIENTO

PREVENTIVO

ANÁLISIS

CRITICIDAD

FALLAS

FRECUENCIA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

El siguiente proyecto de investigación consistió en la elaboración de un Plan de Mantenimiento basado en la metodología SIGEMA para los equipos críticos del área de laminación de la empresa APC-Planta Cumaná, para lo cual se realizó un diagnóstico de todos los equipos que se localizaban en el área para luego jerarquizarlos, de acuerdo a sus funciones dentro del proceso y de las consecuencias que puede causar a la producción una posible falla de los mismos, posteriormente se realizó un análisis de fallas a los equipos que resultaron críticos, con la finalidad de determinar cuales son las actividades y frecuencias a establecer en cada uno de los planes, predominando el plan de mantenimiento preventivo, buscando reducir costos y aprovechar al máximo la vida útil de los equipos. Se concluyó, que el elevado porcentaje de equipos críticos (61%), se debe a que pertenecen al proceso donde se transforma el endospermo en hojuelas. De acuerdo los resultados obtenidos se destaca el predominio del mantenimiento preventivo (68%), esto se debe a la búsqueda de la reducción de costos por reparación y reposición de equipos, por otra parte se obtuvo un (7%) de mantenimiento predictivo, un (9%) de mantenimiento de mejora y por último un (16%) de mantenimiento correctivo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_ MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Suárez, Diógenes	CVLAC:	5.333.471			
	E_MAIL	diogenessuarezq@yahoo.es			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Guevara V. Orlando M.	CVLAC:	16.313.982			
	E_MAIL	Orlando_miguel_g@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Bravo G. Darwin J.	CVLAC:	8.298.181			
	E_MAIL	darwinjbg@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Rodríguez M. Edgar A.	CVLAC:	4.012.952			
	E_MAIL	rmedgar5@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	05	06
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Metodología SIGEMA.doc	Application/ msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Dpto. de Mantenimiento/ APC Planta Cumaná (OPCIONAL)

TEMPORAL: 9 Meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO MECÁNICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE/ NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de trabajos de grado

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

Gómez B. José A.

AUTOR

Diógenes Suárez

TUTOR

Edgar Rodríguez

JURADO

Darwin Bravo

JURADO

Diógenes Suárez

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS