



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN FUNCIÓN DEL COSTO “EN LA
EMPRESA BIOALIMENTAR CIA. LTDA.”.**

GARCÉS GUERRERO MARICELA DE LOURDES

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Abril 15 de 2011

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

MARICELA DE LOURDES GARCÉS GUERRERO

Nombre del Estudiante

Titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN FUNCIÓN DEL COSTO "EN LA EMPRESA BIOALIMENTAR CIA. LTDA.".

Sea aceptada como parcial complementación de los requisitos para la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

f) Decano de la Facultad de Mecánica.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) Director de Tesis

f) Asesor Tesis.

Facultad de Mecánica




CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

Nombre del estudiante: MARICELA DE LOURDES GARCÉS GUERRERO

TÍTULO DE LA TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN FUNCIÓN DEL COSTO "EN LA EMPRESA BIOALIMENTAR CIA. LTDA.".

Fecha de Examinación: Abril 15 de 2011.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN

Comité de Examinación	Aprueba	No aprueba	Firma
Ing. Geovanny Novillo A.	/		
Dr. José Granizo.	/		
Ing. Pablo Montalvo J.	/		

Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se han cumplido.



 f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de la autora. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink is positioned above a solid black horizontal line. The signature is stylized and appears to be the name 'Maricela'.

f) Maricela Garcés Guerrero

AGRADECIMIENTO

Hay tantas cosas que agradecerle Dios pero en esta oportunidad quiero darte las gracias por haber permitido formarme como profesional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Quiero dar un agradecimiento sincero a todos los catedráticos de la Escuela de Mantenimiento quienes fueron los responsables de mi formación académica y los facilitadores de haber alcanzado un escalón más en mi vida.

Agradezco al director de tesis Dr. José Granizo, asesor Ing. Pablo Montalvo, Empresa Bioalimentar y al Ing. E. Hernández por todo el apoyo recibido para el desarrollo de la tesis.

Maricela Garcés Guerrero

DEDICATORIA

Hoy es la oportunidad de retribuir en algo el esfuerzo y el apoyo incondicional que recibí a lo largo de mi carrera es por ello que esto va dedicado a mi madre Lucila Guerrero y a mis hermanos Juan y Raúl quienes siempre han estado a mi lado para levantarme cuando eh caído.

En especial le dedico a Dios por haberme dado salud, vida, inteligencia y una familia que confió en mi capacidad dándome la oportunidad de alcanzar mi tan anhelado sueño y hoy juntos sonreírle a la vida.

Maricela Garcés Guerrero

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1 GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN BIOALIMENTAR CIA. LTDA.	
2.1 Organización administrativa.....	3
2.2 Flujograma de proceso	9
2.3 Investigación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento.	10
2.3.1 Historial de equipos	10
2.3.2 Orden de trabajo	15
2.3.3 Planes y programas de mantenimiento	16
2.4 Comparación inicial de costos (preventivo vs. Correctivo) aplicada en la empresa.	18
2.4.1 Tipos de mantenimiento.....	18
2.4.2 Costos de mantenimiento	19
2.5 Estudio de los indicadores de gestión de mantenimiento.....	29
2.5.1 Disponibilidad	30
2.5.2 Eficiencia total de los equipos.....	30

3 DETERMINACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA.

3.1	Fijar el nivel de detalle del análisis.....	32
3.2	Análisis de criticidad de la planta de balanceado	33
3.2.1	Definición.....	33
3.2.2	Aplicación	33
3.2.3	Matriz y flujograma de criticidad	33
3.3	Análisis del modo y efecto de falla (AMEF)	43
3.3.1	Clasificación de funciones	43
3.3.2	Definición de falla funcional.....	45
3.3.3	Definición de modos de fallos.....	46
3.3.4	Descripción de los efectos de los modos de fallas.....	46
3.3.5	Consecuencias de las fallas	46
3.3.6	Tareas de mantenimiento	53
3.4	Diagrama de evaluación de tareas	56
3.5	Optimización del plan de mantenimiento.....	56
3.6	Costo óptimo del mantenimiento.....	58
3.7	Formatos para llevar información de la gestión de mantenimiento.....	61

4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Costos de mantenimiento	64
4.2	Optimización de los indicadores que se utilizaran para evaluar la gestión de mantenimiento.....	67
4.2.1	Disponibilidad y eficiencia.....	67
4.2.2	Rentabilidad de mantenimiento.....	67

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones..... 73

5.2 Recomendaciones 74

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....75

BIBLIOGRAFÍA.....76

LINKOGRAFÍA.....77

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1. HISTORIAL DE AVERÍAS DEL AÑO 2009.....	12
2.2. CANTIDAD DE TAREAS SEMANALES DEL AÑO 2009.....	18
2.3. CÁLCULO DE MENSUALES RECIBIDOS.....	21
2.4. COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL AÑO 2009.....	25
2.5. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL AÑO 2009.....	29
2.6. CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL AÑO 2009.....	31
3.1. MATRIZ DE CRITICIDAD.....	36
3.2. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	38
3.3. FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS MOLINO.....	41
3.4. FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLADORA.....	42
3.5. FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA PELETIZADORA.....	43
3.6. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS.....	52
3.7. CANTIDAD DE TAREAS SEMANALES DEL AÑO 2010.....	58
3.8. ORDEN DE TRABAJO.....	63
3.9. HISTORIAL DE MANTENIMIENTO.....	64
4.1. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2010.....	66
4.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO AÑO 2010.....	67
4.3. CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL AÑO 2010.....	68
4.4. CÁLCULO DEL PRECIO DEL PRODUCTO DE LOS AÑOS 2009 Y 2010.....	70

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1. Organigrama Estructural del Departamento de Mantenimiento.....	4
2.2. Organigrama Posicional del Departamento de Mantenimiento.....	5
2.3. Organigrama Funcional del Departamento de Mantenimiento.....	6
2.4. Flujograma de la Planta de Balanceados.....	10
2.5. Cantidad de Tareas Semanales del Año 2009.....	19
3.1. Jerarquía de activos.....	33
3.2. Flujograma de criticidad.....	37
3.3. Gráfica del proceso que realizan los tres equipos críticos de la planta de balanceado.....	44
3.4. Categorías de las consecuencias de los modos de fallas.....	48
3.5. Hoja de decisión para la categorización de las consecuencias de los modos de falla.....	50
3.6. Proceso de implementación del AMEF.....	51
3.7. Curva de comportamiento de las fallas potenciales.....	55
3.8. Cantidad de Tareas Semanales del Año 2010.....	59
3.9. Costo óptimo de mantenimiento.....	60
3.10. Esquema no rentable.....	61
3.11. Costo óptimo de mantenimiento linealizado.....	62
4.1. Grafica de la rentabilidad del mantenimiento.....	70
4.2. Utilidad en función de los costos de mantenimiento.....	71

LISTA DE ABREVIACIONES

S&S	Seguridad y salud
MA	Medio ambiente
C&P	Calidad y productividad
P	Producción
TO	Tiempos operacionales
TBF	Intervalos entre actividades
V	Voltaje
Hz	Hertz
MT	Tiempos y costos de mantenimiento
C	Critico
SC	Semicrítico
NC	No crítico
OT	Orden de trabajo
CANT	Cantidad
Mm	Minutos
F.	Firma
HT	Horas totales
Sist.	Sistema

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Plan de Mantenimiento de la Planta de Balanceado

ANEXO 2: Diagrama de Evaluación de Tareas

ANEXO 3: Plan de Mantenimiento Optimizado

SUMARIO

Se ha realizado la investigación sobre la Optimización del Mantenimiento en Función del Costo en la Empresa Bioalimentar Cía. Ltda. con el propósito de disminuir los costos totales de mantenimiento ya que la empresa invierte una cantidad excesiva esto se debía a que realizaba el mantenimiento de una forma limitada, mediante acciones correctivas. Es por ello que se ha implementado herramientas de gestión que ayuden a optimizar el plan de mantenimiento.

Se determinó que los equipos críticos de la planta de balanceado son el molino, mezcladora y peletizadora a través del Análisis de criticidad. Ah estos equipos se les ha realizado el AMEF (Análisis de modo y efecto de fallo) y del diagrama de evaluación con el fin de seleccionar y evaluar las tareas que eliminan los modos de fallo para prevenir el mantenimiento correctivo y controlar el mantenimiento preventivo.

Implementar la optimización de mantenimiento preventivo en función a costo ha contribuido a reducir los costos totales en un 7.3% del año 2009 al 2010.

Aumentar los ratios de disponibilidad en un 2%, la eficiencia en un 4% y disminuir los costos totales de mantenimiento mejora la rentabilidad. El parámetro numérico que debe evaluar la optimización del mantenimiento en función al costo es la rentabilidad y con este indicador se puede evaluar el aporte del departamento de mantenimiento al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

Además se recomienda capacitar constantemente al personal sobre técnicas de gestión de mantenimiento y garantizar la continuidad del plan de mantenimiento preventivo de los equipos.



SUMMARY

The research is about the maintenance optimization in relation to the Bioalimantar Co. Ltd. enterprise cost. With the purpose of reducing the total maintenance costs, due to the company spends too much, this is because the maintenance was performed in a limited way through a corrective action. That's why management tools to help optimize the maintenance plan have been implemented.

It was determined that the critical equipment in the balanced food plant are: the mill, mixer and peeler through a criticality analysis. These machines have been subjected to AFME (Analysis of failure mode and effects) (AMEF) and the assessment diagram to select and evaluate the tasks in order to eliminate the failure mode to prevent the corrective maintenance and control the preventive maintenance.

To implement the preventive maintenance optimization related to the cost has contributed to reduce the total costs by 7,3% from 2009 to 2010.

To increase availability ratios by 2%, 4% efficiency and reduce the maintenance costs improves profitability. The numerical parameter which should evaluate the maintenance optimization related to the cost is the profitability and this indicator can evaluate the contribution of de maintenance department to fulfill the objectives of the company.

It is also recommended to ofer a constant training for the staff based on maintenance management skills and guarantee continuity for the equipment preventive maintenance plan.



CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La empresa BIOALIMENTAR Cía. Ltda. de la familia Garzón Garzón, fue constituida como tal el 22 de Febrero del 2002, con número de expediente 37537 y RUC 1891706967001, otorgados por la Superintendencia de Compañías y el SRI respectivamente.

Se encuentra ubicada en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Izamba, en el Parque Industrial Ambato IV etapa.

Bioalimentar produce y comercializa alimentación para todas las explotaciones pecuarias, fármacos y productos biológicos para la salud animal, producción de huevos para consumo humano y la primera cadena de supermercados de carnes en el centro del país.

La empresa tiene una planta de producción con tecnología de punta de la cual siete personas se encargan del mantenimiento

1.2 Justificación

Como es de conocimiento general, los costos de mantenimiento correctivo pueden resultar muy elevados para cualquier empresa. El precio de dejar que un equipo crítico falle puede ser muy alto ya que no solo se debe tomar en cuenta el costo de la reparación, sino también los que se generan por pérdida de producción.

En Bioalimentar, los costos de mantenimiento correctivo se han elevado considerablemente ya que el personal encargado de la Gestión del Mantenimiento no está debidamente capacitado, es por ello que la empresa se ve en la necesidad de buscar ayuda externa.

Para contrarrestar aquello, actualmente se cuenta con herramientas que ayudan al profesional del mantenimiento principalmente a mejorar la disponibilidad de sus equipos, pero la implementación de cualquiera de estas herramientas debe ser controlado en cuanto al costo que esto representa ya que con solo mejorar el preventivo se puede conseguir una disminución sustancial del costo de mantenimiento correctivo, pero si incrementamos el preventivo sin control, puede resultar que el costo total sea mayor.

La presente proposición incentiva el incremento del mantenimiento preventivo de manera progresiva y controlada, permitiendo que el costo del mantenimiento correctivo tienda a cero sin que los costos totales se incrementen sustancialmente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el mantenimiento preventivo en función del costo “en la empresa Bioalimentar Cía. Ltda.”

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la gestión de mantenimiento en Bioalimentar Cía. Ltda.
- Determinar e Implementar la optimización del mantenimiento preventivo en la empresa.
- Evaluar los resultados, de la propuesta implementada.

CAPÍTULO II

2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN BIOALIMENTAR CIA. LTDA.

El departamento de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda. Cuenta con un director de mantenimiento, un supervisor y cinco técnicos todas las funciones que realizan están en caminadas a mantener los equipos en buenas condiciones.

El departamento de mantenimiento se ha dedicado más a la parte técnica dejando a un lado las herramientas de la gestión del mantenimiento que son de vital importancia para cumplir con uno de sus objetivos principales reducir los costos de mantenimiento.

2.1 Organización administrativa

EMPRESA BIOALIMENTAR Cía. Ltda.
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL

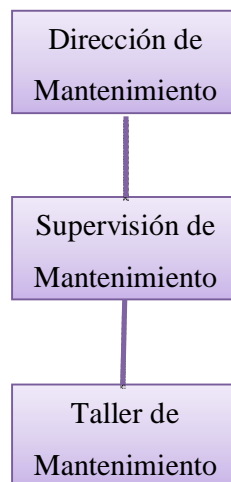


Figura 2.1: Organigrama Estructural del Departamento de Mantenimiento.

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

EMPRESA BIOALIMENTAR Cía. Ltda.
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
ORGANIGRAMA POSICIONAL

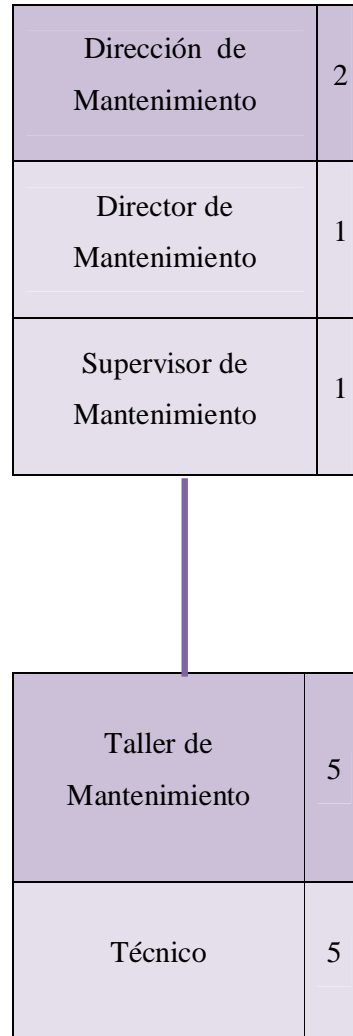


Figura 2.2: Organigrama Posicional del Departamento de Mantenimiento

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

EMPRESA BIOALIMENTAR Cía. Ltda.
 DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
 ORGANIGRAMA FUNCIONAL

Dirección de Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con la Dirección de Producción y de Control de Calidad. • Controlar y verificar las reparaciones efectuadas por los técnicos de mantenimiento. • Desarrollar el plan de mantenimiento anual. • Aplicar los indicadores de mantenimiento para evaluar la gestión. • Organizar el abastecimiento de materiales, componentes y combustible. • Tomar las medidas necesarias para la optimización del mantenimiento. • Supervisar el funcionamiento de los equipos. • Gestionar el mantenimiento desde el punto de vista técnico.
Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar las tareas de mantenimiento mecánico, eléctrico y neumático en la planta. • Solicitar los materiales necesarios oportunamente. • Sugerir los cambios para reducir los tiempos de las tareas de mantenimiento. • Elaborar las órdenes de trabajo.

Figura 2.3: Organigrama Funcional del Departamento de Mantenimiento

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

En la figura 2.3 describe cada una de las funciones que deben realizar el personal de mantenimiento para cumplir con lo estipulado por la empresa.

HOJAS DE DETALLES DE FUNCIONES

Título del puesto: Director de Mantenimiento.

Naturaleza: Planificar, Organizar, dirigir, integrar, coordinar y controlar tareas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

Características: Este puesto se caracteriza por su responsabilidad administrativa y por el cumplimiento de procedimientos técnicos para el manejo total del departamento.

Funciones y responsabilidades: Dar cumplimiento a las instrucciones y normas, emanadas del nivel superior, relacionadas con el mantenimiento.

- Coordinar con la Dirección de Producción y de Control de Calidad.
- Realizar las compras de materiales necesarios para realizar el mantenimiento.
- Presentar el presupuesto anual de mantenimiento.
- Programar los costos de mantenimiento que más se ajusten a la realidad del departamento.
- Desarrollar el plan de mantenimiento anual.
- Aplicar los indicadores de mantenimiento para evaluar la gestión.
- Emplear metodologías para localizar y eliminar averías de los equipos y máquinas.

Requisitos mínimos exigibles:

Educación: Título de Ingeniero Mecánico o de Mantenimiento.

Experiencia mínima: 5 años en posiciones idénticas.

Educación Adicional: Cursos en Gestión de Mantenimiento, Seguridad Industrial, Administración de Empresas.

Responsabilidades del superior:

Dotar de todos los recursos necesarios para el cumplimiento de las funciones y evaluar resultados.

HOJAS DE DETALLES DE FUNCIONES

Título del puesto: Supervisor de Mantenimiento.

Naturaleza: Supervisar y controlar todos los trabajos a realizarse por los técnicos.

Características: Este puesto se caracteriza por la ejecución técnica de la programación del mantenimiento.

Funciones y responsabilidades:

- Gestionar el mantenimiento desde el punto de vista técnico.
- Tomar las medidas necesarias para la optimización del mantenimiento.
- Identificar los problemas que se presenten en la realización de los trabajos y notificar.
- Sugerir propuestas para simplificar los trabajos y perfeccionar los métodos empleados en el mantenimiento.
- Organizar el abastecimiento de materiales, componentes y combustible, repuestos y herramientas.
- Implementar herramientas de gestión de mantenimiento para reducir costos de mantenimiento.

Requisitos mínimos exigibles:

Educación: Ing. de Mantenimiento o carreras afines.

Experiencia mínima: 3 años

Educación Adicional: Cursos de Gestión de Mantenimiento, Seguridad Industrial, Relaciones Humanas.

Responsabilidades del superior:

Dotar de todos los recursos necesarios para el cumplimiento de las funciones y evaluar resultados.

HOJAS DE DETALLES DE FUNCIONES

Título del puesto: Técnicos de Mantenimiento.

Naturaleza: Ejecutar trabajos de mantenimiento programados y los imprevistos.

Características: Este puestos se caracteriza por ejecutar tareas de mantenimiento preventivas y correctivas en el campo eléctrico, mecánico, neumático.

Funciones y responsabilidades:

- Encender y apagar los equipos
- Ejecutar las tareas de mantenimiento mecánico, eléctrico y neumático en la planta.
- Informar de los inconvenientes presentados en la ejecución de las actividades de mantenimiento, a su inmediato superior.
- Solicitar los materiales necesarios oportunamente.
- Realizar las actividades diarias de inspección, revisión, limpiezas, ajustes y lubricación.
- Sugerir los cambios para reducir los tiempos de las tareas de mantenimiento.

Requisitos mínimos exigibles:

Educación: Bachiller Técnico

Experiencia mínima: 1 año en cargos similares.

Responsabilidades del superior:

Dotar de todos los recursos necesarios para el cumplimiento de las funciones y evaluar resultados

2.2 Flujograma de proceso

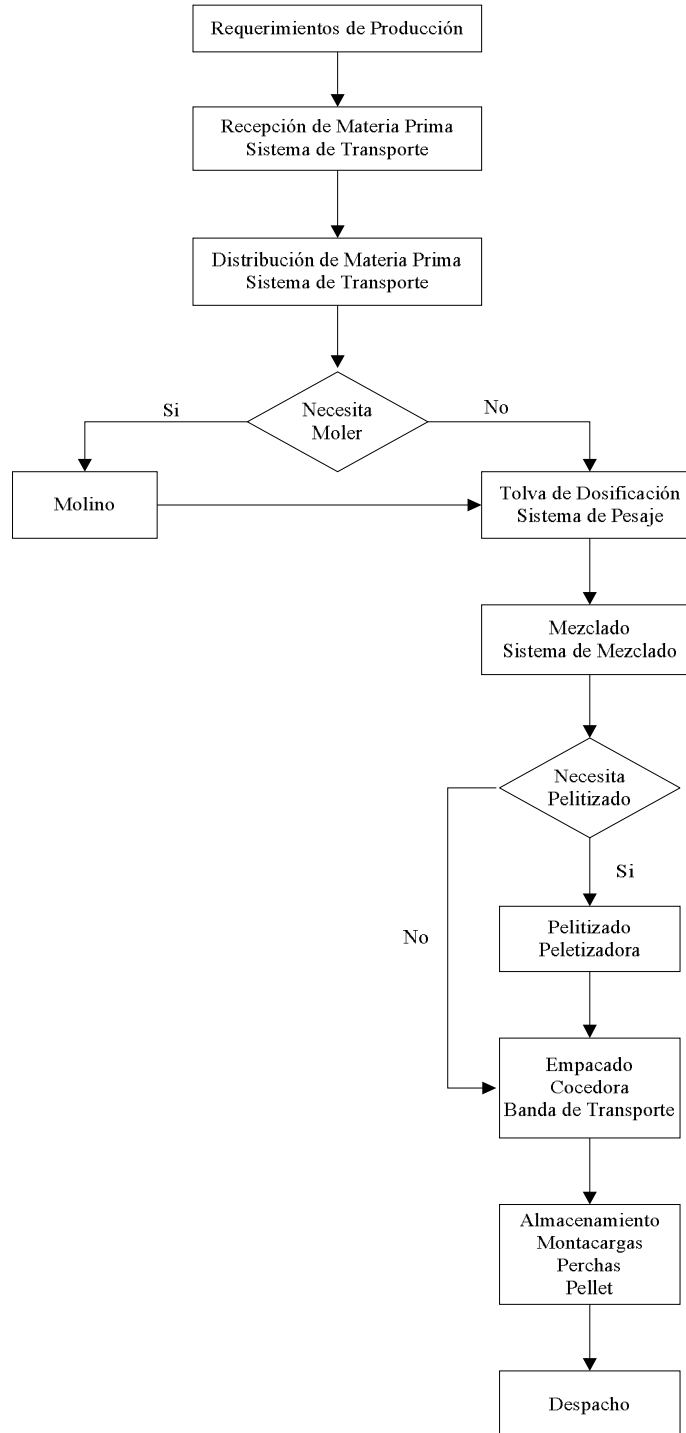


Figura 2.4: Flujograma de la Planta de Balanceados

Fuente: Departamento de Producción de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

La figura 2.4 describe el proceso de la planta de balanceado. Primero se recibe la materia prima para luego ser distribuida al molino o a la balanza de pesaje dependiendo si necesita o no ser molido luego pasa por la mezcladora en la que se homogeniza la mezcla para ser peletizado en caso de ser necesario si no va directo a la empacadora para finalmente despachar el producto.

2.3 Investigación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento.

2.3.1 Historial de equipos

El archivo de historia de los equipos es un documento en el que se registra la información acerca de todo el trabajo realizado en un equipo o instalación particular. Contiene la información acerca de todas las actividades realizadas (reparaciones, inspecciones, servicio, ajustes), el tiempo muerto y las especificaciones del mantenimiento planificado.

Un buen historial de averías es vital para manejar, mantener y mejorar las máquinas. Desafortunadamente sólo pocas compañías mantienen y utilizan una historia de equipos bien organizada. Sin ella no podríamos indicar las fallas repetitivas. Un buen historial de los equipos se necesita para:

- Evaluar el rendimiento de sus equipos a través del tiempo.
- Desarrollar un buen enfoque para el mejoramiento de los equipos, utilizando la retroalimentación.

En la tabla 2.1 se detalla el historial de averías con el que cuenta la planta de balanceado de Bioalimentar Cía. Ltda. el cual debe ser mejorado para obtener una óptima información técnica de los equipos, la que servirá de base para poder analizar la gestión de mantenimiento que se realiza.

Tabla 2.1: HISTORIAL DE AVERÍAS DEL AÑO 2009

Fecha	Tiempo de Paro	Toneladas menos	Razón	Causa
ene-09				
05/01/2009	2	20	Se paraliza Peletizado	Daño en el sensor del molino
08/01/2009	1	10	Se paraliza dosificado	Contaminación de agua con aceite por filtraciones internas. Se procede a purgar en la balanza
09/01/2009	1	10	Daño del tablero de control de la línea de Peletizado	Se reventaron los fusibles del motor del ventilador del enfriador del palet por corto circuito
12/01/2009	2	20	Se detiene la línea de Peletizado	Se fracturan los pernos sujetadores de la tapa de la matriz
19/01/2009	1	10	Se paraliza dosificado	Contaminación de agua con aceite por filtraciones internas. Se procede a purgar en la balanza
TOTAL	7	70		
feb-09				
02/02/2009	2	20	Se paraliza Peletizado	Cambio en la tubería de condensado
10/02/2009	2	20	Daño del tablero de control de la línea de Peletizado	Se reventaron los fusibles del motor del ventilador del enfriador del palet por corto circuito
16/02/2009	2	20	Se paraliza el dosificado	Sufre una avería en el motoreductor (piñón) del extractor de la mezcladora
19/02/2009	4	40	Daño del tablero de control de la línea de Peletizado	Se reventaron los fusibles del motor del ventilador del enfriador del palet por corto circuito
TOTAL	10	100		

Continuación de la tabla 2.1 historial de averías del año 2009

Mar-09				
02/03/2009	1	20	No arranca el dosificado	Temperatura del aceite bajo el limite
10/03/2009	2	20	Se paraliza la producción del Peletizado	Daño en el encendido del motor del ventilador
19/03/2009	3	30	Se paraliza Peletizado	Cambio de válvula neumática de comando de compuerta de Peletizadora Giuliani
25/03/2009	4	80	Se detiene dosificado por falta de aire	Daño en los tableros de control de los compresores
TOTAL	10	150		
abr-09				
01/04/2009	8	80	Se paraliza la dosificación	Daño en el tornillo sinfín del extractor de la mezcladora
06/04/2009	4	40	Se detiene dosificado por daño en el molino	Daño en el eje principal en el molino Giuliani no permite el arranque del mismo
10/04/2009	2,5	25	Se detiene la línea de Peletizado	Daño en el arrancador del ventilador del enfriador de la peletizadora. Se coloca un arrancador suave
15/04/2009	3	30	Se paraliza el dosificado	Instalación de protección (breaker) en los tableros principales de corriente
24/04/2009	2,5	25	Se detiene dosificado por daño en la extractora de la mezcladora.	Sufre un daño el motor del extractor el cual se cambia
TOTAL	20	200		
May-09				
01/05/2009	3	30	Se reduce la velocidad del peletizado Giuliani. Zaranda en mal estado	Mantenimiento en la zaranda Giuliani, reparación de la malla
12/05/2009	7	70	Se paraliza peletizado debido a daño en la zaranda	Reparación en los tambores de vibración de la zaranda Giuliani

Continuación de la tabla 2.1 historial de averías del año 2009

18/05/2009	3	30	Se paraliza peletizado debido a daño en la zaranda	Mantenimiento en la zaranda Giuliani, reparación de la malla
27/05/2009	2	20	Se detiene dosificado por problemas en la dosificación del aceite de palma.	Daño en las bombas de circulación de agua caliente provocan empastado de tubería, sello mecánico
TOTAL	15	150		
jun-09				
03/06/2009	1	10	Se paraliza dosificado	Cambio de unidad de mantenimiento en la mezcladora
08/06/2009	4	40	Se paraliza la peletizadora Giuliani	Cambio de cojinetes elevador frío
17/06/2009	3	30	Se paraliza peletizado debido a daño en la zaranda	Mantenimiento en la zaranda Giuliani, resortes
22/06/2009	2	20	Se detiene dosificado por falta de soya	Daño en el transportador uno, sobre celdas, impide llenado de pasta de soya
30/06/2009	3	30	Se paraliza peletizado debido a daño en la zaranda	Mantenimiento en la zaranda Giuliani, resortes
TOTAL	13	130		
jul-09				
09/07/2009	3	30	Se paraliza peletizado debido a daño en la zaranda	Mantenimiento en la zaranda Giuliani, actuador
17/07/2009	4	40	Se paraliza peletizado en Giuliani	Reparación en la zaranda de la peletizadora
22/07/2009	1.5	15	Se paraliza el dosificado	Daño en una de las compuertas, granelero 3
TOTAL	7	85		

Continuación de la tabla 2.1 historial de averías del año 2009

ago-09				
03/08/2009	1	10	Se paraliza el dosificado	Atoramiento en el elevador del mezclado
14/08/2009	1	10	Se paraliza el dosificado	Atoramiento en el elevador del mezclado
19/08/2009	2,5	25	Se paraliza Peletizado	Cambio de empaques en pistón de compuerta de Peletizadora Giuliani
28/08/2009	2	20	Se paraliza el dosificado	Sufre una avería en el motoreductor (piñón) del extractor de la mezcladora
TOTAL	6,5	65		
sep-09				
07/09/2009	1	10	Se paraliza el dosificado	Atoramiento en el alimentador del molino Giuliani de material metálico
29/09/2009	1	10	Se detiene peletizado	Se rompe el seguro del sinfín de carrera de la peletizadora se procede a cambiar.
TOTAL	2	20		
oct-09				
08/10/2009	1,25	15	Se detiene la línea de Peletizado	Se fracturan los pernos sujetadores de la tapa de la matriz
16/10/2009	3	30	Se paraliza el dosificado	Daño del extractor de la mezcladora
20/10/2009	0,75	10	Se paraliza el dosificado	Avería en la tubería de aire
30/10/2009	3	30	Se paraliza Peletizado	Cambio de los rodamientos internos del rodillo, peletizadora
TOTAL	7,25	85		

Continuación de la tabla 2.1 historial de averías del año 2009

nov-09				
04/11/2009	1,25	15	Se detiene la línea de Peletizado	Se fracturan los pernos sujetadores de la tapa de la matriz
09/11/2009	5	50	Se paraliza dosificado	Daño en la válvula de doble vía. Transferencia de materia prima a molienda
18/11/2009	2	20	Paralizado línea de harinas	Presencia de aceite en el producto por daño de calefacción en el tanque de aceite.
27/11/2009	3	30	Se paraliza Peletizado	Reparación de zaranda. Ajuste de pernos
TOTAL	11,25	115		
dic-09				
16/12/2009	4	40	Se paraliza Peletizado	Instalación de tubería de condensado de vapor
22/12/2009	2	20	Se paraliza el dosificado	Sufre una avería en el motoreductor (piñón) del extractor de la mezcladora
29/12/2009	8	80	Se detiene la línea de Peletizado	Se revientan los pernos sujetadores de las trabas del aro porta matriz se cambia el aro y los pernos más grandes
TOTAL	14	140		

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimantar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

2.3.2 Orden de trabajo

Las Ordenes de Trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los

instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

[1]

Este formulario permite organizar la ejecución de los trabajos y obtener la información para la administración del Mantenimiento básicamente:

- Sirve para el control, tanto del trabajo como de los costos del Mantenimiento.
- Ayuda a preparar informes que evalúan la carga y la cantidad de trabajo.
- Suministran información para crear un historial para cada equipo, un archivo técnico y un control de repuestos y materiales empleados.

El departamento de mantenimiento de Bioalimentar no genera órdenes de trabajo documento importante para llevar registros y control del departamento de mantenimiento.

2.3.3 Planes y programas de mantenimiento

2.3.3.1 Objetivos de la planificación y la programación del mantenimiento

- Determinar las necesidades de reparación para los equipos y edificaciones de planta.
- Permitir la producción lo más continua posible.
- Revelar la cantidad de trabajo de mantenimiento.
- Permitir un pronóstico de los trabajos normales que deben realizarse.
- Contribuir a balancear la programación de los trabajos y a nivelar los costos ocasionados por estos.

Bioalimentar cuenta con un plan de Mantenimiento que no se cumple al 100% debido a la mala distribución de las tareas como se detalla en la Tabla 2.2 y no tiene un programa de mantenimiento establecido.

Se llama Programa de Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento.

Para conocer el Plan de Mantenimiento de Bioalimentar revisar el Anexo 1.

Tabla 2.2: CANTIDAD DE TAREAS SEMANALES DEL AÑO 2009

Numero de Semanas	Cantidad de tareas	Numero de Semanas	Cantidad de tareas
0	4	27	6
1	5	28	10
2	25	29	25
3	20	30	20
4	20	31	15
5	5	32	10
6	26	33	26
7	19	34	19
8	20	35	15
9	29	36	35
10	63	37	64
11	26	38	25
12	59	39	53
13	15	40	20
14	5	41	5
15	26	42	26
16	24	43	19
17	15	44	20
18	6	45	6
19	5	46	5
20	30	47	25
21	20	48	36
22	38	49	28
23	63	50	64
24	33	51	26
25	52	52	86
26	23		

Fuente: Plan de Mantenimiento de la planta de balanceado.

Elaborado por: La autora.

En la figura 2.5 muestra la mala distribución de las tareas de mantenimiento hay semanas en las que las tareas son pocas y semanas que las tareas son elevadas lo que dificulta la ejecución del plan de mantenimiento y esto conlleva a los paros imprevistos.

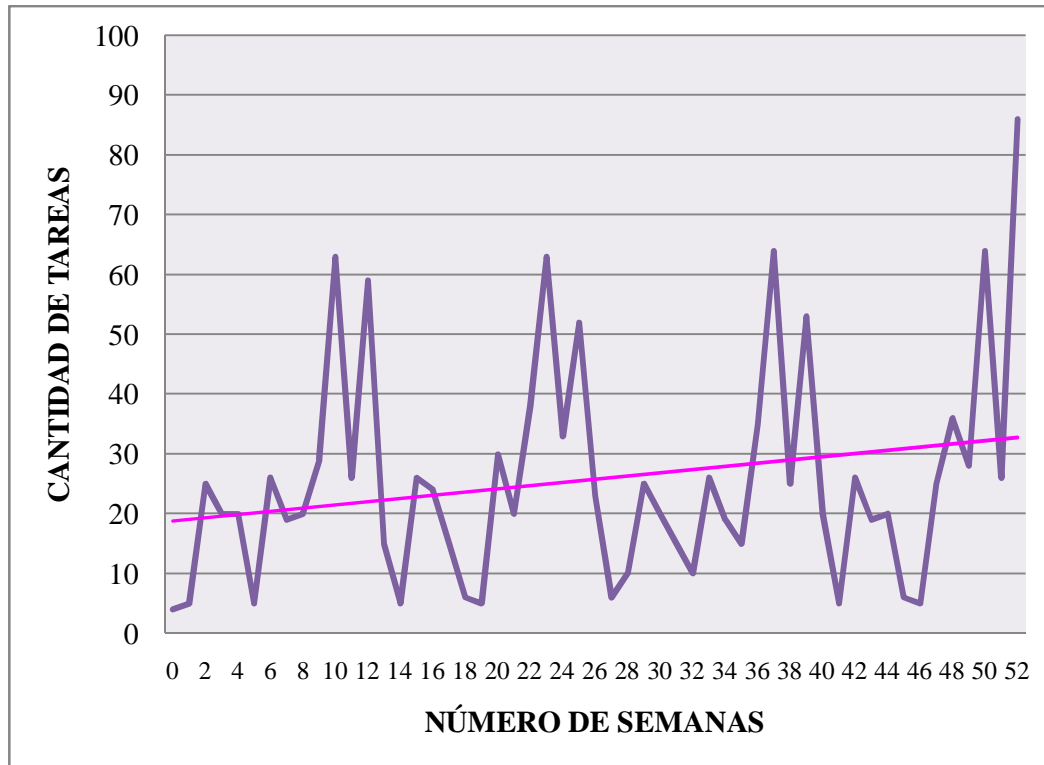


Figura 2.5: Cantidad de Tareas Semanales del Año 2009

2.4 Comparación inicial de costos (preventivo vs. Correctivo) aplicada en la empresa.

2.4.1 Tipos de mantenimiento

Existen dos tipos clásicos de Mantenimiento:

- Mantenimiento por Fallas (Correctivo).
- Mantenimiento Preventivo.

2.4.1.1 Mantenimiento por fallas (correctivo)

Es la actividad de mantenimiento, en la cual la reparación se realiza una vez que ocurre la falla. Generalmente esto está asociado a un paro no previsto y por lo tanto afecta planificación de la producción u otros programas.

En algunos casos, es más conveniente esto que utilizar Mantenimiento Preventivo. Evaluar todos los costos involucrados en una falla.

2.4.1.2 Mantenimiento preventivo

Son actividades ejecutadas para Prevenir y Detectar condiciones que lleven a interrupciones de la producción, Averías y Deterioro acelerado del equipo, ejecutadas en un paro programado, basado en un análisis cíclico.

Las actividades realizadas en los Mantenimientos Preventivos nos deberían garantizar que el equipo será confiable hasta su próxima intervención.

2.4.2 Costos de mantenimiento

Es necesario calcular los costos de mantenimiento correctivo ya que estos influyen directamente a los costos totales de mantenimiento y el propósito principal de optimizar los costos de mantenimiento preventivo es para reducir los costos totales de mantenimiento.

2.4.2.1 Costos de mantenimiento correctivo

Los costos del mantenimiento correctivo son los siguientes:

- Costos por mano de obra
- Costos por horas extras
- Costos por materiales fungibles
- Costos por repuestos

- Costos por pérdidas de producción
- Costos por pérdida de materia prima
- Costos por multas debido al daño ambiental
- Costos por pérdidas de ventas
- Costos por pérdida de calidad
- Costos administrativos
- Costos de movilización
- Costos de seguridad
- Costos de inversión
- Perdidas de capacidad

- **Costos por mano de obra**

Son aquellos que incluyen los costos hora – hombre de los técnicos u obreros que se necesitan para ejecutar reparaciones imprevistas.

Este cálculo es sencillo y consiste en sumar los valores mensuales recibidos por los mantenedores (planificadores y ejecutores). Esta sumatoria se divide para el número de ejecutores y para 4122 horas que corresponde al número de horas promedio de trabajo de un empleado (días laborales en el mes multiplicado por horas diarias de trabajo). [2]

En la tabla 2.3 se calcula los costos de mano de obra mensuales de los trabajadores del departamento de mantenimiento.

Tabla 2.3: CÁLCULO DE MENSUALES RECIBIDOS

CARGO	SUELDO MENSUAL	NÚMERO DE EJECUTORES	TOTAL ANUAL
DIRECTOR DE MANTENIMIENTO	\$ 732,10	1	\$ 8.785,20
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	\$ 689,76	1	\$ 8.277,12
TÉCNICO	\$ 289,45	5	\$ 17.367,00
TOTAL	\$ 1.711,31	7	\$ 34.429,32

Fuente: Departamento de Contabilidad de Bioalimantar Cía. Ltda.

$$\text{Costo hora} = \frac{34429,32}{(7*4122)} = 1,19 \text{ dólares } \frac{\text{hora}}{\text{hombre}} \quad (2.1)$$

$$\text{CMO} = \text{HMC} \times \text{C/H} \times \text{CP} \quad (2.2)$$

Dónde:

CMO = Costos de mano de obra

HMC = Horas de mantenimiento correctivo

C/H = Costos/Hora

CP = Cantidad de personal

- **Costos por horas extras**

Son los costos generados por las horas extras que el personal emplea para realizar mantenimiento correctivo.

- **Costos por materiales fungibles**

Son aquellos que incluyen los costos de materiales también denominados suministros de mantenimiento tales como: pintura, tuercas pernos, focos, fusibles, alambres, accesorios para tubos, grasas, empaques, brocas, cuchillas, brochas, etc. Materiales que se emplea para efectuar los diversos trabajos de mantenimiento correctivo.

- **Costos por repuestos**

Son los costos de las piezas que se emplea para realizar cambios en las reparaciones imprevistas.

- **Costos por pérdidas de producción**

Son los que se generan por las paradas inesperadas y mucho más si son frecuentes impacta negativamente en la producción.

$$PP = \text{cantidad de ítems que no se produjeron} \times \text{utilidad bruta} \quad (2.3)$$

- **Costos por pérdida de materia prima**

Son los costos que se generan por pérdida de materia prima que no se puede reciclar.

- **Costos por multas debido al daño ambiental**

Son aquellos costos que se generan por daños imprevistos que afectan al medio ambiente.

- **Costos por pérdidas de ventas**

Si los tiempos de entrega prometidos a los clientes no pueden ser cumplidos por paradas imprevistas, lo más probable es que el cliente busque otro proveedor.

- **Costos por pérdida de calidad**

Costos relacionados con rechazos o reproceso por producción de defectuosos esto ocurre cuando el mantenimiento es deficiente.

- **Costos administrativos**

Son aquellos costos efectuados en las diversas gestiones administrativas no programadas que realiza el departamento de mantenimiento.

- **Costos de movilización**

Son aquellos costos efectuados en las diversas movilizaciones que se realizan para la adquisición de repuestos.

- **Costos de seguridad**

Son aquellos costos de la seguridad del personal por fallas en los dispositivos de seguridad también están relacionados con accidentes por la ocurrencia de fallas funcionales.

- **Costos de inversión**

Debido a los daños repetitivos se requiere más repuestos en las bodegas. Mantener mayor cantidad de repuestos en stock genera costos de inversión considerables.

- **Pérdidas de capacidad**

Implica deterioro y desgaste del equipo porque se aplica mantenimiento correctivo en largos periodos de operación. Esto significa una reducción en la capacidad del equipo.

$$\text{perdidas de capacidad} = \text{productos que no se producen} \times \text{utilidad bruta} \quad (2.4)$$

En la tabla 2.4 se calcula el costo total de mantenimiento correctivo generado en el año 2009 que es de 136271,7 dólares esto es el resultado de la suma de los costos que forman parte del mantenimiento correctivo.

Tabla 2.4: COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL AÑO 2009

	HMC	Costos de Mano de Obra	Costos por Materiales Fungibles	Costos de Repuestos de M. Correctivo	Costos por Perdidas de Producción	Costos Administrativos	Costos por Movilización	Total de Mantenimiento Correctivo
ene-09	7	\$ 58,31	\$ 47,50	\$ 2.455,68	\$ 5.047,70	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 7.629,19
feb-09	10	\$ 83,30	\$ 23,90	\$ 2.365,68	\$ 7.211,00	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 9.703,88
mar-09	10	\$ 83,30	\$ 84,23	\$ 2.455,68	\$ 10.816,50	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 13.459,71
abr-09	20	\$ 166,60	\$ 16,20	\$ 9.890,68	\$ 14.422,00	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 24.515,48
may-09	15	\$ 124,95	\$ 10,90	\$ 3.763,18	\$ 10.816,50	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 14.735,53
jun-09	13	\$ 108,29	\$ 61,67	\$ 2.580,68	\$ 9.374,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 12.144,94
jul-09	7	\$ 58,31	\$ 261,67	\$ 1.545,68	\$ 6.129,35	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 8.015,01
ago-09	6,5	\$ 54,15	\$ 28,56	\$ 2.999,43	\$ 4.687,15	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 7.789,29
sep-09	2	\$ 16,66	\$ 12,90	\$ 3.455,68	\$ 1.442,20	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 4.947,44
oct-09	7,25	\$ 60,39	\$ 18,76	\$ 3.365,68	\$ 6.129,35	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 9.594,18
nov-09	11,25	\$ 93,71	\$ 29,12	\$ 2.568,18	\$ 8.292,65	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 11.003,66
dic-09	14,	\$ 116,62	\$ 45,67	\$ 2.455,68	\$ 10.095,40	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 12.733,37
Total	123	\$ 1.024,59	\$ 641,08	\$ 39.901,91	\$ 94.464,10	\$ 60,00	\$ 180,00	\$ 136.271,68

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

2.4.2.2 Costos de mantenimiento preventivo

Están conformados por:

- Costos de mano de obra
- Costos de repuestos
- Costos de materiales fungibles
- Costos de servicios exteriores
- Costos administrativos
- Costos por almacenamiento de repuestos
- Costos de movilización
- Costos de Seguros
- Costos de Capacitación

- **Costos de mano de obra**

Son aquellos que incluyen los costos hora – hombre de los técnicos u obreros que se necesitan para ejecutar las tareas de mantenimiento de los equipos.

$$CMO = Ct - Cc \quad (2.5)$$

Dónde:

CMO = Costos de mano de obra

CT = Costo Total

CC = Costo Correctivo

$$Ct = HTM(C/H)CP \quad (2.6)$$

Dónde:

HTM = Horas totales de mantenimiento

C/H = Costos/Hora

CP = Cantidad de personal

- **Costos de repuestos**

Son los costos de las piezas programadas para reemplazar aquellas que no pueden ya ser objeto de reparación o rehabilitación.

- **Costos de materiales fungibles**

Son aquellos que incluyen los costos de materiales también denominados suministros de mantenimiento tales como: pintura, tuercas pernos, focos, fusibles, alambres, accesorios para tubos, grasas, empaques, brocas, cuchillas, brochas, etc. Materiales que se emplea para efectuar los diversos trabajos de mantenimiento preventivo.

- **Costos de servicios exteriores**

Son los costos de los trabajos de mantenimiento ejecutados a través de contratistas que no forman parte de la empresa.

- **Costos administrativos**

Son aquellos costos efectuados en las diversas gestiones administrativas programadas que realiza el departamento de mantenimiento.

- **Costos por almacenamiento de repuestos**

El costo de almacenamiento representa los costos incurridos en financiar y manejar el inventario de piezas de recambio e insumos necesarios para la función mantenimiento, se incluye:

- El interés financiero del capital inmovilizado por el inventario.
- La mano de obra y la infraestructura computacional dedicada al manejo del inventario.

- Amortización de sistemas adjuntos.
- Costos en seguros.
- Costos en obsolescencia.

- **Costos de movilización**

Son aquellos costos efectuados en las diversas movilizaciones que se realizan tanto para la adquisición de repuestos como para ejecución del mantenimiento preventivo.

- **Costos de seguros**

Son costos de compensación que se emplea en el personal de mantenimiento.

- **Costos de capacitación**

Los costos que se generan por capacitación al personal.

En la tabla 2.5 se determina que en el año 2009 se invierte por realizar mantenimiento preventivo 30.341,48 dólares esto es el resultado de la suma de los costos generado por realizar este tipo de mantenimiento.

Tabla 2.5: COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL AÑO 2009

	HMP	Costos de Mano de Obra	Costos de Repuestos	Costos de Materiales Fungibles	Costos Administrativos	Costos por Movilización	Total de Mantenimiento Preventivo
ene-09	6	\$ 49,98	\$ 1.151,87	\$ 400,78	\$ 100,00	\$ 200,00	\$ 1.902,66
feb-09	6	\$ 49,98	\$ 1.121,93	\$ 100,56	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 1.672,44
mar-09	6	\$ 49,98	\$ 1.151,70	\$ 300,00	\$ 150,00	\$ 200,00	\$ 1.851,88
abr-09	6	\$ 49,98	\$ 3.296,99	\$ 120,89	\$ 300,00	\$ 200,00	\$ 3.967,77
may-09	6	\$ 49,98	\$ 1.254,60	\$ 280,00	\$ 400,00	\$ 200,00	\$ 2.184,38
jun-09	6	\$ 49,98	\$ 1.526,45	\$ 390,00	\$ 300,00	\$ 200,00	\$ 2.466,88
jul-09	6	\$ 49,98	\$ 2.181,68	\$ 437,89	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 3.069,77
ago-09	6	\$ 49,98	\$ 1.333,65	\$ 543,23	\$ 453,00	\$ 200,00	\$ 2.579,36
sep-09	6	\$ 49,98	\$ 1.151,96	\$ 328,43	\$ 675,00	\$ 200,00	\$ 2.405,31
oct-09	6	\$ 49,98	\$ 2.121,84	\$ 678,23	\$ 987,00	\$ 200,00	\$ 4.037,11
nov-09	6	\$ 49,98	\$ 1.189,62	\$ 239,54	\$ 245,00	\$ 200,00	\$ 1.923,92
dic-09	6	\$ 49,98	\$ 1.151,81	\$ 224,12	\$ 654,00	\$ 200,00	\$ 2.280,00
Total	72	\$ 599,76	\$ 1.8634,05	\$ 4.043,67	\$ 4.664,00	\$ 2.400,00	\$ 30.341,48

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Producción de Bioalimantar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

2.4.2.3 Costos totales

Es la sumatoria de los dos costos del correctivo más el preventivo.

$$Ct = Cc + Cp \quad (2.7)$$

Dónde:

Ct = Costo total

Cc = Costo mantenimiento correctivo

Cp = Costo mantenimiento preventivo

$$Ct = \$136.271,7 + \$ 30.341,48$$

$$Ct = 166.613,16 \text{ dólares}$$

Los costos totales de mantenimiento de la planta de balanceados es de \$166.613,16 en el año 2009 de los cuales se puede decir que el 81,7% corresponde a los costos de mantenimiento correctivo.

2.5 Estudio de los indicadores de gestión de mantenimiento.

Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo, calidad y precio.

Los factores críticos de éxito de la gestión del mantenimiento son la Disponibilidad y la Eficiencia, que van a indicarnos la fracción de tiempo en que las unidades o equipos están en condiciones de servicio (Disponibilidad) y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

2.5.1 Disponibilidad

Es el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{H.\text{totales} - H.\text{por parada no programada}}{H.\text{totales}} \times 100\% \quad (2.8)$$

2.5.2 Eficiencia total de los equipos

Es un indicador que se emplea para definir la eficiencia total de los equipos, al englobar bajo un sólo índice los tres parámetros fundamentales relacionados con el funcionamiento de los equipos de producción

$$\text{ET} = \text{Disponibilidad} \times \text{Productividad} \times \text{Calidad} \quad (2.9)$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{producido} - \text{desechado}}{\text{producido}} \quad (2.10)$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producción}}{(\text{horas disponibles} \times \text{ciclos})} \quad (2.11)$$

En la tabla 2.6 se calcula los indicadores de gestión para luego ser evaluados y saber si la implementación de la optimización del mantenimiento preventivo mejora estos indicadores. En el año 2009 tenemos que la disponibilidad es del 97% y la eficiencia total es del 94%.

Tabla 2.6: CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN APLICADOS A BIOALIMENTAR

	Horas por parada no programada	Horas Totales	Disponibilidad Total	Eficiencia Total
ene-09	7	344	98%	95%
feb-09	10	344	97%	93%
mar-09	10	344	97%	91%

Continuación de la tabla 2.6 cálculo de los indicadores de gestión aplicados a Bioalimentar

abr-09	20	344	94%	90%
may-09	15	344	96%	92%
jun-09	13	344	96%	94%
jul-09	7	344	98%	96%
ago-09	6,5	344	98%	98%
sep-09	2	344	99%	97%
oct-09	7,25	344	98%	95%
nov-09	11,25	344	97%	93%
dic-09	14	344	96%	92%
TOTAL	123	4122	97%	94%

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Producción de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

CAPÍTULO III

3 DETERMINACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA.

Las herramientas para optimizar el mantenimiento preventivo son:

- Fijar el nivel de detalle.
- Análisis de criticidad.
- Análisis del modo y efecto de fallas.
- Diagrama de evaluación de tareas.

3.1 Fijar el nivel de detalle del análisis

En este punto se define el nivel de detalle que se requiere para realizar el análisis de criticidad. Este nivel se refiere específicamente al grado de división existente en la organización, ya que dentro del área productiva de una empresa compleja existen varias unidades productivas o plantas de producción donde cada una de ellas cuenta con uno o más sistemas productivos y a su vez estos tienen varios equipos instalados y estos últimos están constituidos por partes o componentes, tal como se puede ver en la figura 3.1.

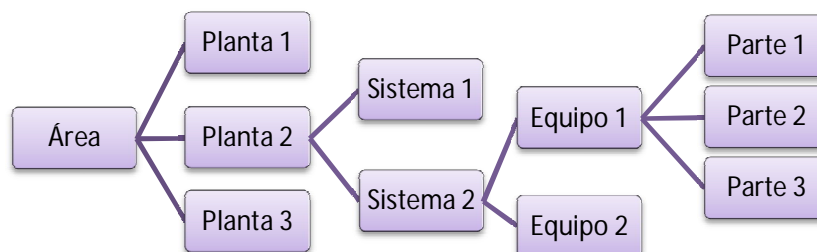


Figura 3.1: Jerarquía de Activos

Los directivos de BIOALIMENTAR decidieron realizar a nivel de equipos para aprovechar de mejor manera la información. Y en aquellos equipos que sean críticos inclinarse hacia un nivel inferior para focalizar en esos elementos los esfuerzos que produzcan el mayor impacto como incrementar la rigurosidad del mantenimiento, mejorar la

disponibilidad en bodega de estos repuestos, especificar el tipo de inspecciones más adecuadas, entrenar al personal sobre su mantenimiento, etc.

El motivo principal de no fijar a nivel de plantas, se debe a que se obtendrán resultados muy generalizados y si se realiza a nivel de parte, se obtendrá mucha información que puede producir confusión.

3.2 Análisis de criticidad de la planta de balanceado

3.2.1 Definición

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Sin importar el tipo o tamaño de una empresa, este análisis constituye el primer paso que debe realizarse como punto de partida a nivel de ingeniería de mantenimiento.

3.2.2 Aplicación

El análisis de criticidad en la planeación ya que permite priorizar los programas y planes de mantenimiento de tal modo que se podrá determinar la rigurosidad con que se mantendrá a un determinado equipo.

En conclusión permitirá delimitar y especificar el tipo de actividad a realizarse e incluso se podría disponer posibles modificaciones menores, además establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

3.2.3 Matriz y flujograma de criticidad

La matriz de criticidad envuelve aspectos gerenciales y criterios de decisión que tratan de abordar los aspectos de impacto global con miras a descubrir los ítems donde deberíamos atacar las consecuencias de las fallas, alineándonos de esta manera con los paradigmas modernos del mantenimiento. Típicamente contiene elementos englobando: [3]

- Estrategia del negocio
- Misión de la planta
- Costo del mantenimiento
- Frecuencias de falla
- Pérdidas de producción
- Riesgos involucrados (humano, seguridad, etc.)

El análisis se efectúa a través de una matriz (ver tabla 3.1) que contiene siete áreas de impacto con los criterios respectivos que ubica a cada ítem en una de tres posibilidades:

- a) Riesgo alto
- b) Riesgo medio
- c) Riesgo bajo

Las áreas de impacto mencionadas anteriormente, son las siguientes:

S&S →	Seguridad y Salud
MA →	Medio Ambiente
C&P →	Calidad y Productividad
P →	Producción
TO →	Tiempos Operacionales
TBF →	Intervalos Entre Actividades
MT →	Tiempos y Costos de Mantenimiento

Tabla 3.1: MATRIZ DE CRITICIDAD

MATRIZ DE CRITICIDAD			
Causas de paradas no planeadas			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Seguridad y Salud (S&S)	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativa del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños al personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
Medio Ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrames y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derrames y fugas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
Calidad y Productividad (C&P)	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
Producción (P)	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
Operación de equipos			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Tiempos de operación (TO)	24 horas diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente o no es un equipo de producción
Intervalos entre actividades (TBF)	Menos de 6 meses	En promedio una vez al año	Raramente
Tiempos y Costos de Mantenimiento (MT)	Tiempo y/o costos de reparación altos	Tiempo y/o costos de reparación razonables	Tiempo y/o costos de reparación irrelevantes

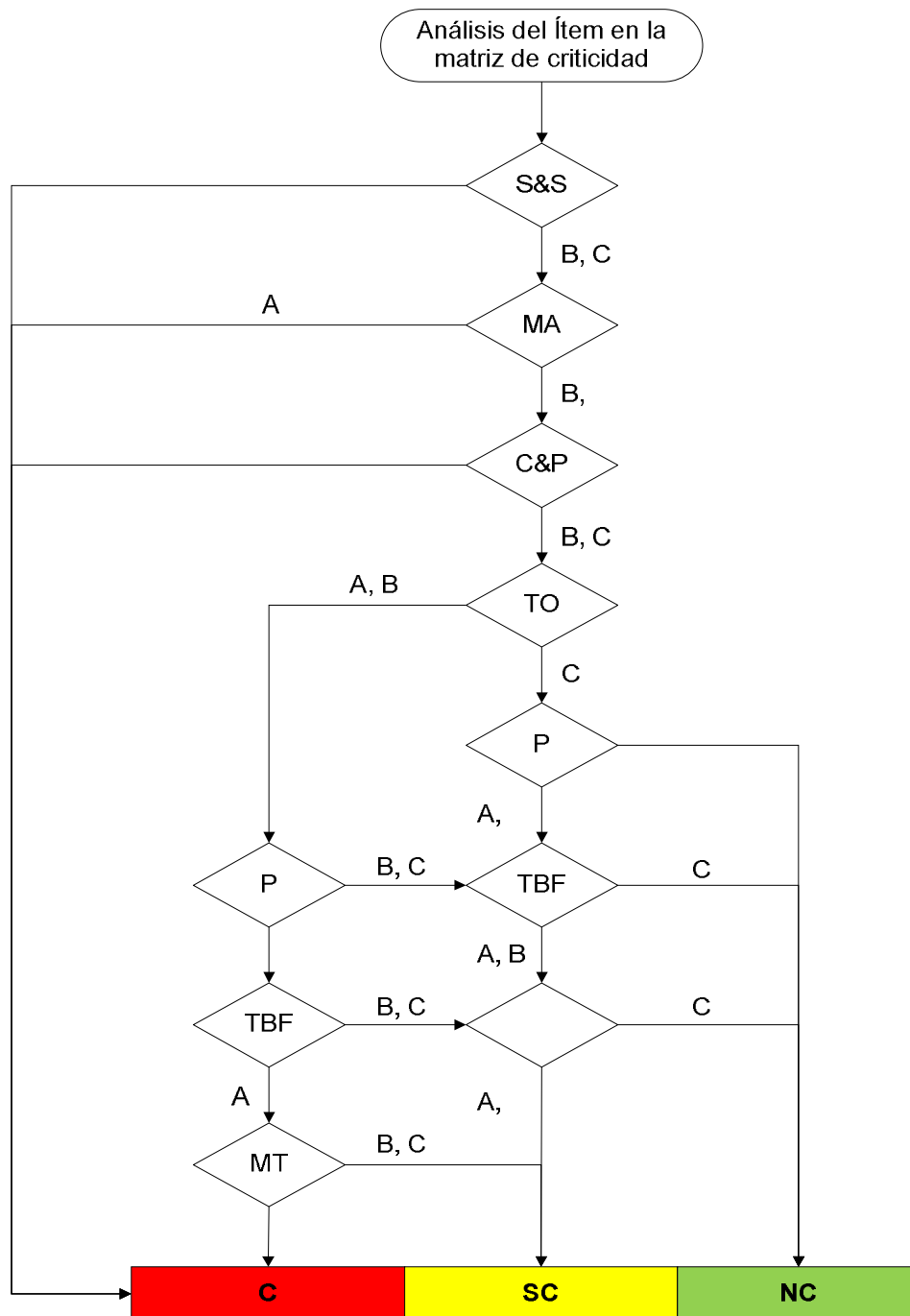


Figura 3.2: Flujograma de Criticidad

- Para poder llenar los datos de la Tabla 3.5 se trabaja en conjunto con el director de mantenimiento y un técnico quienes ya tienen experiencia en la planta y son los más propicios para responder a cada uno de los ítems de la Tabla 3.4 matriz de criticidad.

- Con las valoraciones de la matriz de criticidad, recorremos la Figura 3.2 flujograma de criticidad, clasificando a cada ítem como: crítico, semicrítico y no crítico.

Tabla 3.2: CUADRO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PROCESO	EQUIPO	(S&S)	(MA)	(C&P)	(TO)	(P)	(TBF)	MT	Criticidad
Recepción de materia prima	Sist. de Transporte	C	B	C	B	B	B	B	SC
Distribución de materia prima	Sist. de Transporte	C	C	C	B	B	B	B	SC
Molienda	Molino	A	C	A	B	A	A	B	C
	Sist. Pesaje	C	C	C	B	A	C	A	SC
Mezclado	Mezcladora	C	C	A	B	A	A	A	C
Peletizado	Peletizadora	C	C	A	B	B	A	A	C
	Caldero	B	C	B	B	C	B	B	SC
	Compresor	C	C	B	B	C	B	B	SC
Empacado	Cocedora	C	C	C	B	B	A	C	NC
	Sist. de Transporte	C	C	C	B	C	B	C	NC
Almacenamiento	Montacargas	C	C	C	B	C	C	A	NC
	Montacargas	C	C	C	B	C	C	A	NC
	Montacargas	C	C	C	B	C	C	A	NC

Continuación de la tabla 3.2 cuadro de resultados del análisis de criticidad

EQUIPO	COMPONENTE	(S&S)	(MA)	(C&P)	(TO)	(P)	(TBF)	MT	Criticidad
Molino	Trampa magnética	C	C	C	B	C	B	C	NC
	Tablero de potencia	C	C	C	B	A	A	A	C
	Tablero de control	A	C	C	B	A	A	C	C
	Alimentador del molino	C	C	A	B	A	A	C	C
	Extractor molino	C	C	A	B	A	A	C	C
	Elevador molino	C	C	A	B	A	A	C	C
	Martillos del molino	C	C	A	B	A	A	C	C
Motor Principal	C	C	A	B	A	C	A	C	
Peletizadora	Acondicionador	C	C	C	B	A	A	A	C
	Ventilador	C	C	C	B	A	A	A	C
	Matrices	C	C	C	B	A	A	A	C
	Tablero de Control	A	C	C	B	A	A	A	C
	Tablero de Potencia	C	C	C	B	A	A	A	C
	Zaranda	C	C	A	B	A	A	A	C
	Elevador de Terminados	C	C	C	B	A	A	A	C
	Transportador de finos	C	C	B	B	A	A	A	C
	Alimentador	C	C	C	B	A	A	A	C
	Forzador	C	C	B	B	A	A	A	C
	Quebrador	C	C	B	B	A	A	A	C
	Enfriador	C	C	A	B	A	A	A	C
	Motor	C	C	C	B	A	A	A	C
Rodillos	C	C	C	B	A	A	A	C	

Continuación de la tabla 3.2 cuadro de resultados del análisis de criticidad

EQUIPO	COMPONENTE	(S&S)	(MA)	(C&P)	(TO)	(P)	(TBF)	MT	Criticidad
Mezcladora	Motor	C	C	C	B	A	A	A	C
	Tablero de control	A	C	C	B	A	A	A	C
	Tablero de potencia	C	C	C	B	A	A	A	C
	Cámara de mezclado	C	C	A	B	A	A	A	C
	Elevador de mezcla	C	C	C	B	A	A	A	C
	Extractor de mezcla	C	C	A	B	A	A	A	C
	Distribuidor de mezcla	C	C	A	B	A	A	A	C

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

De acuerdo al resultado que arroja la tabla 3.2 se puede decir que los equipos críticos de la planta de balanceado son el molino la mezcladora y la peletizadora estos equipos van hacer los prioritarios en nuestros planes de mantenimiento.

- **Molino**

El molino de martillos es de marca GIULIANI consta de martillos metálicos que giran a gran velocidad para fraccionar los ingredientes, el tamaño de la partícula final depende de la criba por la cual pasa el producto molido.

El molino se utiliza para fraccionar el maíz o la soya al tamaño adecuado dependiendo de la fórmula que se requiera preparar.

Tabla 3.3: FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS MOLINO

Marca: Giuliani	Fecha de adquisición: Sep. 2005
Serie: AAA – 166 – 05	Fecha de Montaje: Enero 2006
Modelo: MM 110 – 40	País de Origen: Argentina
Distancia entre la criba y el martillo 7/16” a 1/2” para molienda fina.	
Distancia entre la criba y el martillo 3/16” a 7/32” para molienda gruesa.	
PLANOS	
ELÉCTRICOS: (SI)	GENERALES: (NO)
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Frecuencia: 60HZ	# Fases: 3
Instalación: 440V	
Características Físicas:	
Alto : 1,92 m	Ancho: 1,465 m Largo: 2.35m

Fuente: Manual del Molino Giuliani

Elaborado por: La autora

- **Mezcladora**

En la mezcladora se adicionan todos los ingredientes que componen los balanceados para formar una sola masa logrando una consistencia homogénea de la materia prima.

Tabla 3.4: FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLADORA

Marca: Giuliani	Fecha de adquisición: Sep. 2005
Serie: AAA – 213 – 05	Fecha de Montaje: Enero 2006
Modelo: MHP 3400	País de Origen: Argentina
Características Generales	
Tiempo de mezclado: 10 a 15 min.	
Porcentaje de aceptación de líquidos: del 10 al 15%.	
Capacidad de mezclado: 2000 kg	
PLANOS	
ELÉCTRICOS: (SI)	GENERALES: (SI)
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Frecuencia: 60HZ	# Fases: 3
Instalación: 440V	
Característica Físicas:	
Alto : 1.785 m	Ancho: 1.50 m
Largo: 3.912 m	

Fuente: Manual del Molino Giuliani

Elaborado por: La autora

- **Peletizadora**

La Peletizadora es utilizada en la peletización que es un procesamiento húmedo y con calor, el calor se logra la gelatinización de los almidones, la plastificación de las proteínas y además disminuye el número de agentes patógenos que pueden contaminar el producto, mientras que con la humedad hay una mayor lubricación, ablandamiento y gelatinización de los almidones.

Una vez que el alimento ha sido acondicionado con humedad y temperatura es forzado a pasar mediante un rodillo por un dado de diámetro específico, después del cual sale el alimento en forma de espagueti, para ser cortado al tamaño adecuado.

Tabla 3.5: FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA PELETIZADORA

PELETIZADORA	
Marca: Giuliani	Fecha de adquisición: Sep. 2005
Serie: AAA – 226 – 05	Fecha de Montaje: Enero 2006
Modelo: PP 440 – 155 – 2	País de Origen: Argentina
Características Generales	
Temperatura que alcanza el producto: 82 a 88°C, con 15.5-17% de humedad durante 30 a 45 segundos.	
PLANOS	
ELÉCTRICOS: (SI)	GENERALES: (NO)
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Frecuencia: 60HZ	# Fases: 3
Instalación: 440V	
Característica Físicas:	
Alto : 1.295 m	Ancho: 2.75 m
Largo: 2.785 m	

Fuente: Manual del Molino Giuliani

Elaborado por: La autora

Una vez determinado los equipos críticos de la planta de balanceado empezamos a dirigir los esfuerzos hacia esos equipos para optimizar el mantenimiento preventivo ya que si uno de ellos deja de funcionar la producción se detiene y representa una pérdida económica para la empresa.

En la figura 3.3 se describe el proceso de los 3 equipos críticos.

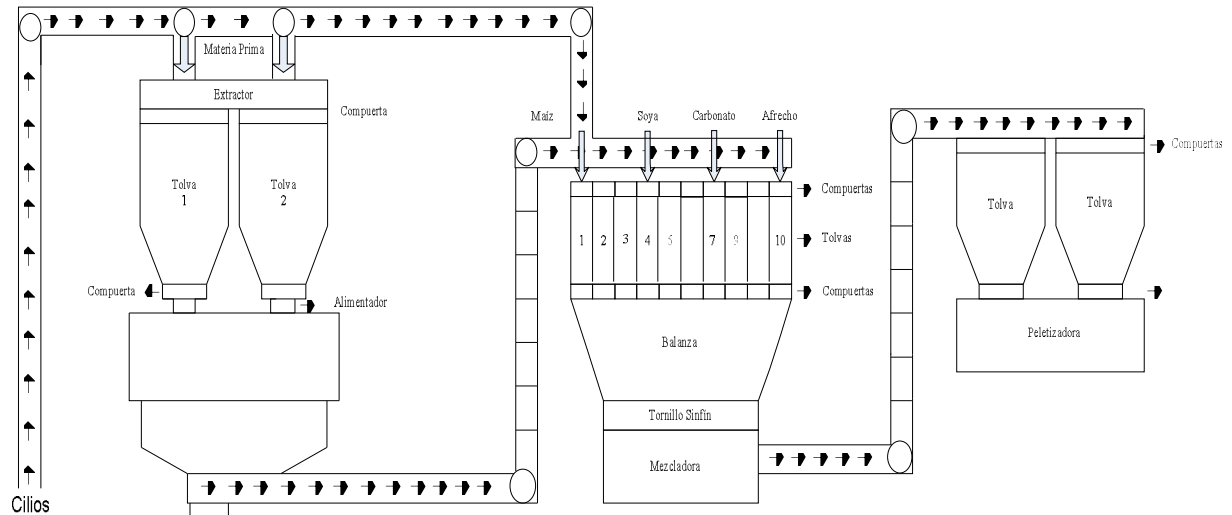


Figura 3.3: Grafica del proceso que realizan los tres equipos críticos de la planta de balanceado

3.3 Análisis del modo y efecto de falla (AMEF)

El AMEF es una herramienta de la gestión de mantenimiento adecuada para optimizar el plan de mantenimiento.

Un aspecto importante dentro del AMEF, es definir adecuadamente la función o las funciones asociadas a cada activo en su contexto operacional. Hay que tener presente que cada activo, usualmente tiene más de una función. [5]

3.3.1 Clasificación de funciones

Para el AMEF, las funciones evidentes de un activo pueden ser divididas en cinco Categorías:

3.3.1.1 Funciones primaria

Cada activo es puesto en servicio para cumplir eficientemente una función o varias funciones específicas, las cuales se conocen como funciones primarias y constituyen la razón de ser del activo. La función primaria de un activo esta usualmente definida por el propio nombre del activo.

3.3.1.2 Funciones secundaria

En adición a las funciones primarias, la mayoría de los activos tiene un número significativo de funciones secundarias. Estas son usualmente menos obvias que las funciones primarias, pero las consecuencias que podrían generar sus fallas pueden ser más serias que las consecuencias originadas por las fallas de una función primaria, hecho por el cual se justifica al invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su análisis con el fin de preservar el buen funcionamiento de este tipo de funciones.

3.3.1.3 Funciones de protección

En la actualidad, los activos a mantener tienden a ser más complejos, lo que hace que el número de caminos por los cuales pueden fallar estos activos se incremente de forma exponencial, trayendo consigo un crecimiento en la variedad y severidad de las consecuencias de fallas. Para tratar de eliminar (o al menos reducir) estas consecuencias de fallas, se ha incrementado el uso de equipos de protección con funciones de protección en los activos a mantener.

3.3.1.4 Funciones de control

Al igual que los equipos de protección que cumplen funciones de protección existen también dispositivos de control que cumplen funciones de control en los activos a mantener. El patrón de funcionamiento de los equipos de control consiste en tomar mediciones con

dispositivos especiales, los cuales se encargan de captar señales (temperatura, presión, flujo, cantidad de compuesto, etc.) las cuales serán traducidas en valores específicos y comparadas con rangos normales de operación previamente establecidos, permitiendo de esta forma controlar y vigilar el buen funcionamiento de los distintos procesos.

3.3.1.5 Funciones subsidiaria

Funciones subsidiarias ocurren cuando un activo posee equipos adicionales ajustados a un particular y adicional proceso diferente del proceso principal.

En otras palabras son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal. Las funciones subsidiarias de estos equipos especiales son descritas por su propósito.

3.3.2 Definición de falla funcional

Falla funcional es definida como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente.

En otras palabras, el cumplimiento de forma no satisfactoria de una determinada función por parte de un activo en su contexto operacional, puede definirse como falla funcional. El nivel de insatisfacción producido por causa de una falla funcional, dependerá básicamente de las consecuencias que pueda generar la aparición de la misma dentro del contexto operacional.

3.3.3 Definición de modos de fallos

Las fallas funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son denominadas modos de fallas (causas de las fallas funcionales). Las actividades de prevención, anticipación o corrección de fallas funcionales según, deben estar orientadas a atacar modos de fallas específicos. Esta afirmación, constituye una de las mayores diferencias entre la forma tradicional de gestionar el mantenimiento y la actual, es decir, que las actividades de mantenimiento generadas a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo, atacarán específicamente a cada uno de los modos de fallas asociados a cada falla funcional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla).

3.3.4 Descripción de los efectos de los modos de fallas

Consiste en identificar lo que sucederá en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado, La identificación de los efectos de fallas deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla.

3.3.5 Consecuencias de las fallas

El impacto que cualquier modo de falla puede tener sobre la organización, dependerá, básicamente, de tres factores:

1. Del contexto operacional donde trabaje el activo.
2. Del estándar de ejecución deseado, asociado a una determinada función.
3. De los efectos o consecuencias físicas que puede provocar la ocurrencia de cada modo de falla.

La combinación de los tres factores mencionados, hace que cada modo de falla tenga una forma característica de impactar a la seguridad, al ambiente o a las operaciones. Para poder

entender esta parte, se han clasificado las consecuencias de los modos de fallas en cuatro categorías (ver Figura 3.4 Categorías de las Consecuencias de los Modos de Fallas):

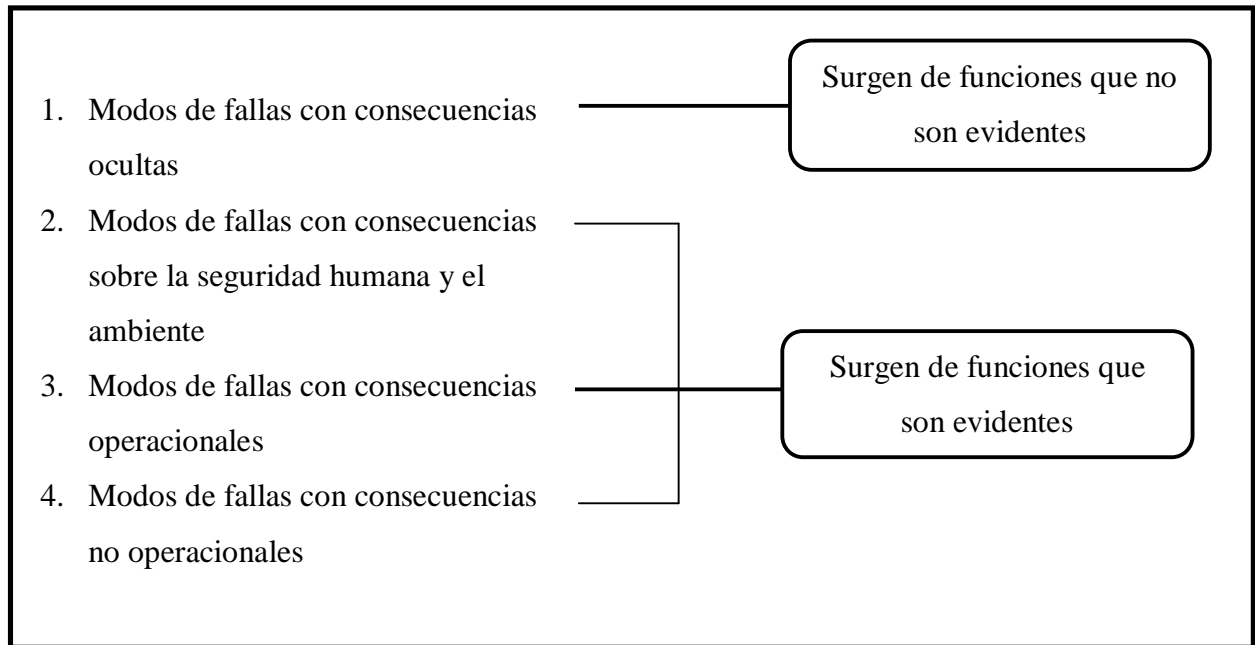


Figura 3.4: Categorías de las consecuencias de los modos de fallas

3.3.5.1 Consecuencias de fallas ocultas

Las consecuencias de este tipo de modo de fallas, se generan a partir de las funciones ocultas o no evidentes que presentan algunos activos en el contexto operacional (especialmente los equipos de seguridad, protección, reserva y control).

La aparición de modos de fallas con consecuencias ocultas no será evidente dentro del desarrollo normal de las operaciones de un determinado sistema.

Usualmente este tipo de modos de fallas ocurren en los equipos de protección y reserva. En la actualidad las plantas y equipos modernos son afectados por este tipo de modos de fallas, debido al incremento en la utilización de sistemas de seguridad y protección, como consecuencia

de las nuevas y estrictas exigencias internacionales en áreas como la seguridad humana, el ambiente, y las mismas operaciones (calidad del producto).

3.3.5.2 Consecuencias para la seguridad y ambiente

Las consecuencias de los modos de fallas sobre la seguridad y el ambiente surgen a partir de funciones evidentes de los activos, cuyas fallas funcionales afectaran: en primer lugar, a la seguridad humana (muertes, heridas a las personas o condiciones inseguras) y en segundo lugar, al ambiente (incumplimiento de estándares ambientales: internacionales, nacionales, regionales o estatales).

3.3.5.3 Consecuencias operacionales

Los modos de fallas que afectan a las operaciones, surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales afectaran de forma importante a la producción o las operaciones (cantidad de producto, calidad del producto, calidad del servicio prestado al cliente, costos de operación y costos directos de reparación).

3.3.5.4 Consecuencias no operacionales

Los modos de fallas con consecuencias no operacionales, surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales no afectaran de forma importante (aceptable) a la seguridad, al ambiente o las operaciones. Generalmente, este tipo de modo de falla, solo originará consecuencias económicas (envuelve solo el cosco directo de la reparación).

3.3.5.5 Categorización de las consecuencias

La categorización es el primer paso para posteriormente seleccionar las actividades de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas; como se determinó anteriormente, cada modo de falla tiene una consecuencia asociada a él y solo existen cuatro posibilidades:

1. Consecuencias de fallas ocultas
2. Consecuencias sobre la seguridad humana y el ambiente
3. Consecuencias operacionales
4. Consecuencias no operacionales

Para ayudarnos a categorizar las consecuencias de los modos de fallo de utiliza una hoja de decisión.

3.3.5.6 Hoja de decisión

La hoja de decisión es un diagrama en donde respondiendo las preguntas correspondientes, ubica a cada modo de falla con su respectiva consecuencia. El diagrama mencionado se encuentra en la figura 3.5

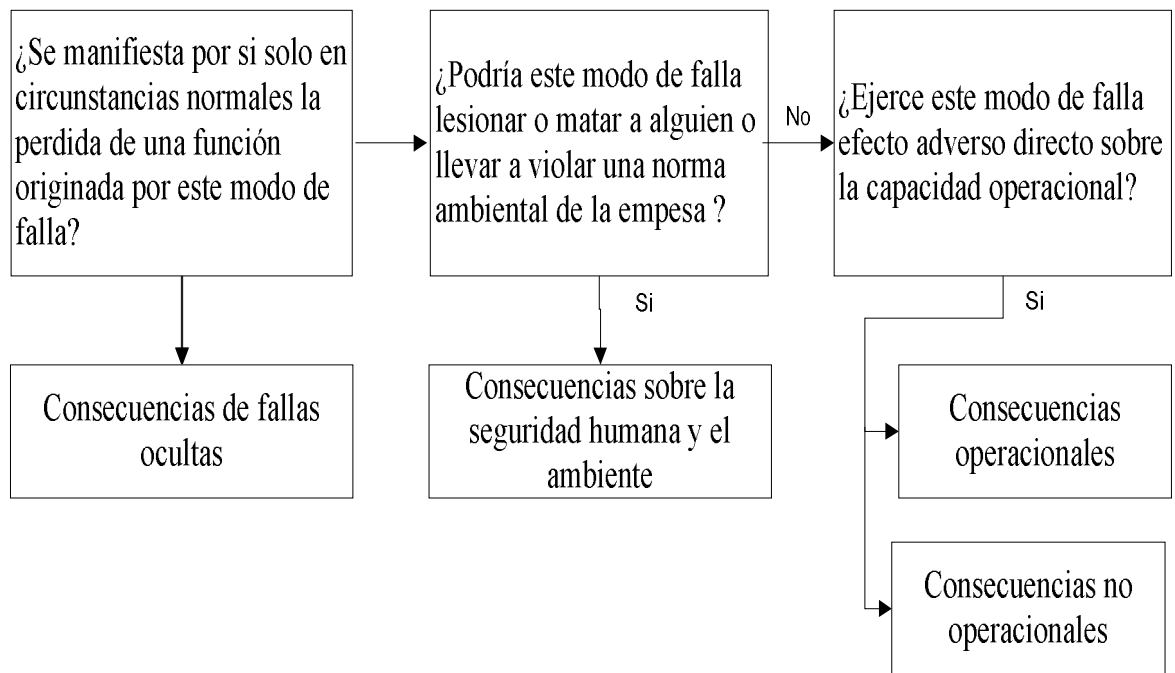


Figura 3.5: Hoja de Decisión para la Categorización de las Consecuencias de los Modos de Fallas

La figura 3.6 muestra el proceso para la implementación del análisis del modo y efecto de fallo.

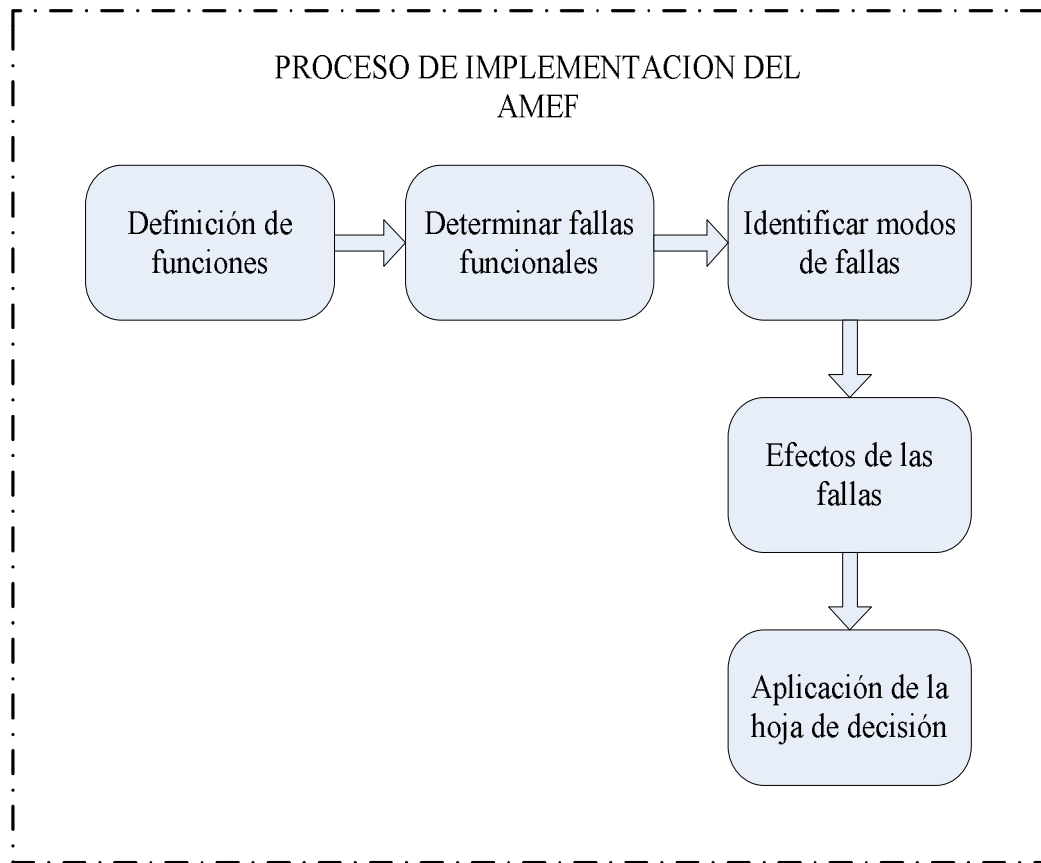


Figura 3.6: Proceso de Implementación del AMEF

En la tabla 3.6 se realiza el AMEF para determinar las tareas del plan de mantenimiento que estarán enfocadas a eliminar los modos de fallas evitando así que se dé el efecto que en su mayoría es la pérdida total de la función de cada uno de los equipos críticos de la planta de balaceados.

Tabla 3.6: ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS

AMEF					
	Descripción de la función	Falla funcional	Modos de falla	Efecto	Consecuencias del modo de fallo
Compuertas superiores	Paso para el llenado de las tolvas	Paso para el llenado de las tolvas	Sensores movidos	Molino no funciona	Operacional
			Daño de los sensores		Operacional
			Daño de las electroválvulas		Operacional
Compuertas inferiores	Permitir el ingreso de la materia prima al alimentador	No permite el ingreso de la materia prima al alimentador	Desajuste del prisionero		Operacional
			Ruptura del prisionero		Operacional
Alimentador	Alimenta el molino	No alimenta al molino	Atascamiento		
Molino	Moler la materia prima	No se muele correctamente	Desgaste de martillos	Reducción de la capacidad del molino	Operacional
			Desgaste de rodamientos		Operacional
Mezcladora	Mezclar la materia prima con los diferentes componentes	No realice la mezcla	Atascamiento de las compuertas de ingreso	No se cierran las compuertas por lo tanto no funciona la mezcladora	Operacional

Continuación de la tabla 3.6 Análisis del modo y efecto de Fallas

AMEF					
	Descripción de la función	Falla funcional	Modos de falla	Efecto	Consecuencias del modo de fallo
Peletizadora	Peletizar el balanceado	Que no peletice el balanceado	Desajuste de los rodillos	Atoramiento de rodillos	Operacional
			Desgaste de los rodillos		Operacional
			Humedad excesiva del producto		Operacional
			Por exceso de producto		Operacional
			Falta de lubricación		Operacional
			Desajuste del eje principal	Daño de los rodamientos de los rodillos	Operacional
			Falta de lubricación		Operacional
			Daño de los retenedores		Operacional
			Temperaturas elevadas	Factura de elementos internos como pernos	Operacional
			Fatiga del material (vibración)		Operacional

Fuente: Departamento de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

3.3.6 Tareas de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento a ejecutar se clasifican en dos grandes grupos, las actividades preventivas y las actividades correctivas, estas últimas, se ejecutarán sólo en el caso de no encontrar una actividad efectiva de mantenimiento preventivo.

Cada grupo de actividades de mantenimiento, tiene sus respectivos tipos de tareas de mantenimiento, los cuales se mencionan a continuación:

3.3.6.1 Tareas preventivas

Existen cuatro posibilidades de tareas preventivas:

- **Tareas programadas en base a condición**

Las actividades programadas en base a condición (predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallas no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan progresivamente en un período de tiempo. Si la evidencia de este tipo de modos de fallas puede ser detectada bajo condiciones normales de operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas en base a la condición del activo, que ayuden a prevenir estos modos de fallas y/o eliminar sus consecuencias.

El momento en el que es posible detectar que la falla funcional está ocurriendo o está a punto de ocurrir es conocido como falla potencial. De esta forma se puede definir falla potencial: como una condición física identificable la cual indica que la falla funcional está a punto de ocurrir o que ya está ocurriendo dentro del proceso. Entre los ejemplos más comunes de fallas potenciales tenemos:

- Lecturas de vibración que indiquen inminentes fallas en cojinetes.
- Grietas existentes en metales indican inminentes fallas por metales fatigados.

- Partículas en el aceite de una caja de engranajes, indican inminentes fallas en los dientes de los engranajes.
- Puntos calientes indican deterioro en el material refractario del hogar de una caldera, etc.

El comportamiento en el tiempo de gran parte de los distintos tipos de modos de fallas se ilustra en la Figura 3.7: Curva del comportamiento de las fallas potenciales. En esta figura, se muestra como una falla comienza a ocurrir (punto de inicio "I", muchas veces este punto no puede ser detectado), incrementado su deterioro hasta el punto en el cual la falla puede ser detectada (punto de falla potencial "P"). Si en este punto la falla no es detectada y corregida, continua aumentando su deterioro (usualmente de forma acelerada) hasta que alcanza el punto donde se produce la falla funcional (punto "F", el activo ha dejado de cumplir su función).

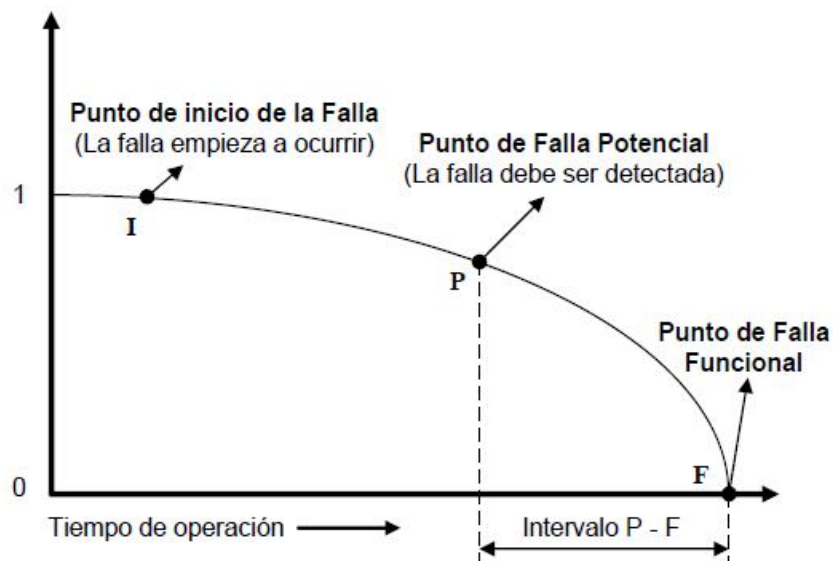


Figura 3.7: Curva de Comportamiento de las Fallas Potenciales

- **Tareas de reacondicionamiento**

Se refieren a las actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo (sistema, equipo, parte) a su condición original. En este tipo de actividades de mantenimiento preventivo, los activos son puestos fuera de servicio, se desarman, se desmontan, se inspeccionan

de forma general y se corrigen y reemplazan de ser necesario, partes defectuosas, con el fin de prevenir la aparición de posibles modos de fallas. Las tareas de restauración programadas son conocidas como overhauls y su aplicación más común es en equipos mayores: compresores, turbinas, calderas, hornos, bombas de múltiples etapas, etc.

- **Tareas de sustitución - reemplazo programado**

Este tipo de actividad preventiva está orientada específicamente hacia el reemplazo de componentes o partes usadas de un activo, por unos nuevos, a un intervalo de tiempo menor al de su vida útil (antes de que fallen). Las actividades de descarte programado le devolverán la condición original al componente, ya que el componente viejo será reemplazado por uno nuevo.

- **Tareas de búsqueda de fallas ocultas**

Las fallas ocultas no son evidentes bajo condiciones normales de operación, por lo cual este tipo de fallas no tienen consecuencias directas, pero las mismas propician la aparición de fallas múltiples en un determinado contexto operacional. Uno de los caminos que puede ayudar a minimizar los posibles efectos de una falla múltiple es tratar de disminuir la probabilidad de ocurrencia de las fallas ocultas

3.3.6.2 Tareas correctivas

Cuando las actividades de prevención para un determinado modo de falla, no son técnicamente factibles o no son efectivas, las actividades correctivas serán las que se apliquen.

Las acciones correctivas a ser ejecutadas en el caso de no conseguir ninguna actividad de prevención serán:

- **Rediseño**, en el caso que no se consigan actividades de prevención que ayuden a reducir los modos de fallas que afecten a la seguridad o al ambiente a un nivel aceptable, es necesario realizar un rediseño que minimice o elimine las consecuencias de los modos de fallas.
- **Actividades de mantenimiento no programado**, en el caso que no se consigan actividades de prevención económicamente más baratas que los posibles efectos que traerán consigo los modos de fallas con consecuencias operacionales o no operacionales, se podrá tomar decisión de esperar que ocurra la falla y actuar de forma correctiva.

3.4 Diagrama de evaluación de tareas

Dada la dificultad de evaluar si una tarea es apropiada para atender determinado modo de fallo, se ha elaborado un diagrama de evaluación de tareas que contribuya a tomar decisiones durante la importante etapa de selección, evaluación y proposición de tareas.

Para poder visualizar el diagrama de evolución de tareas revisar el Anexo 2.

3.5 Optimización del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se optimiza con ayuda de las herramientas de gestión antes mencionadas.

Las tareas se han distribuido homogéneamente como se aprecia en la figura 3.8 esto ayuda a la ejecución del plan de mantenimiento evitando los paros y por ende se reducen los costos de mantenimiento correctivo.

TABLA 3.7: CANTIDAD DE TAREAS SEMANALES DEL AÑO 2010

Numero de Semanas	Cantidad de tareas	Numero de Semanas	Cantidad de tareas
1	19	27	22
2	21	28	18
3	19	29	21
4	21	30	22
5	20	31	20
6	23	32	20
7	21	33	21
8	19	34	22
9	21	35	21
10	21	36	18
11	19	37	19
12	19	38	21
13	20	39	20
14	23	40	22
15	20	41	20
16	19	42	22
17	21	43	21
18	21	44	18
19	22	45	22
20	19	46	22
21	21	47	21
22	22	48	19
23	20	49	24
24	21	50	19
25	20	51	21
26	21	52	21

Fuente: Plan de mantenimiento optimizado

Elaborado por: La autora

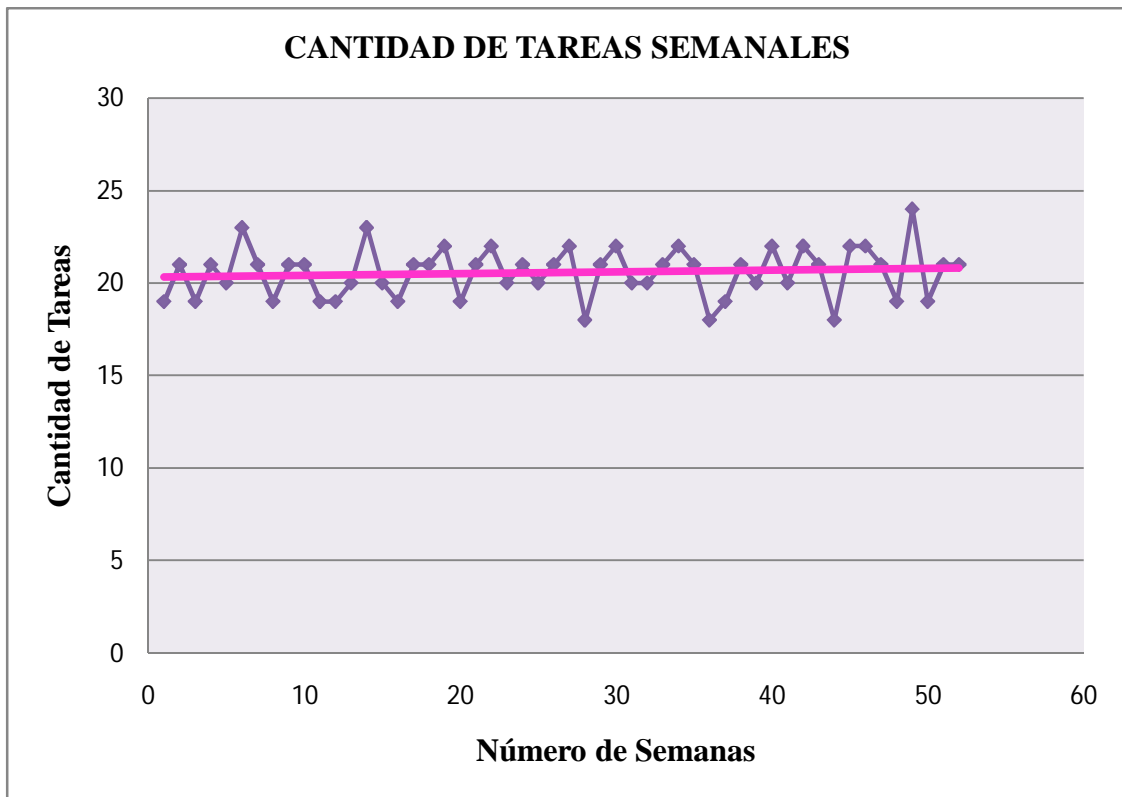


Figura 3.8: Cantidad de Tareas Semanales del Año 2010

El plan de mantenimiento optimizado se puede revisar en el Anexo 3.

3.6 Costo óptimo del mantenimiento

Al disminuir los costos de mantenimiento por pérdidas se podría aumentar el margen potencial de ganancias, sosteniendo la influencia del costo del mantenimiento, en el costo final del producto, dentro del rango del 10 al 20%; es por ello que las Empresas pueden abrir la mente a la idea de ver en el mantenimiento una oportunidad de mejorar y no un costo más que perjudica la rentabilidad. [4]

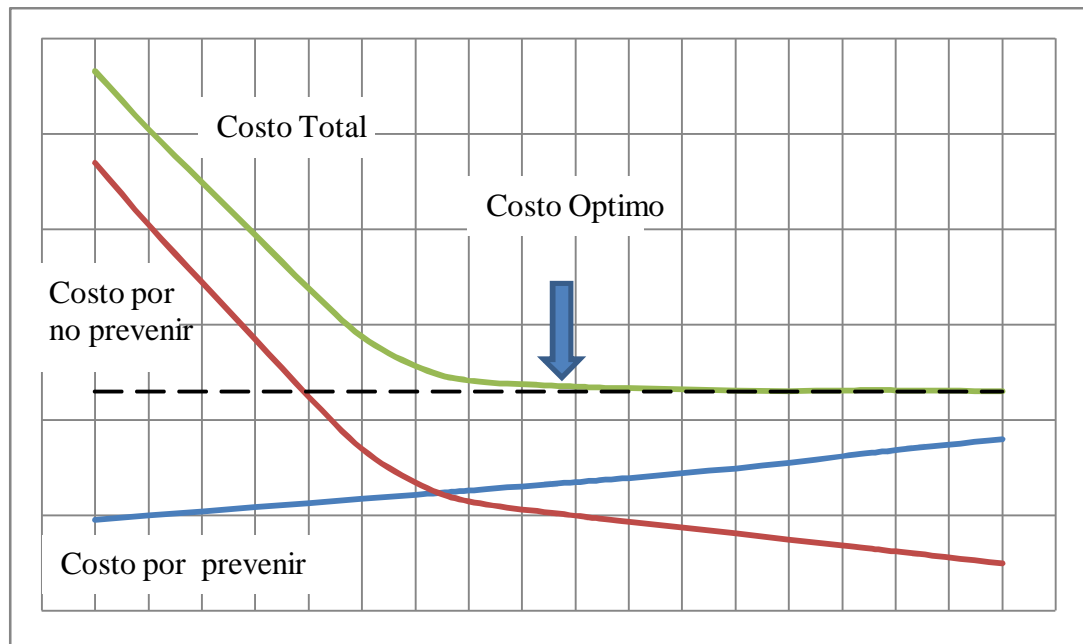


Figura 3.9: Costo Óptimo de Mantenimiento

En la figura 3.9 se puede analizar que el costo total de mantenimiento es influido por el costo de prevenir y de no prevenir. De esta manera, la estrategia óptima de mantenimiento, es aquella que minimiza el costo total, o sea, identifica el punto, donde el costo total es óptimo para mejorar la rentabilidad de la empresa.

Se puede tener un costo óptimo, manteniendo las pendientes de los costos por prevenir y no prevenir iguales pero con signo contrario.

Y a esto se puede llegar identificando las herramientas de gestión que agregan mayor valor e implementándolas mesuradamente ya que los costos por el mantenimiento correctivo deben tender a cero pero no a cualquier costo porque esto puede llevarnos a incrementar el costo total como se puede observar en la Figura 3.10.

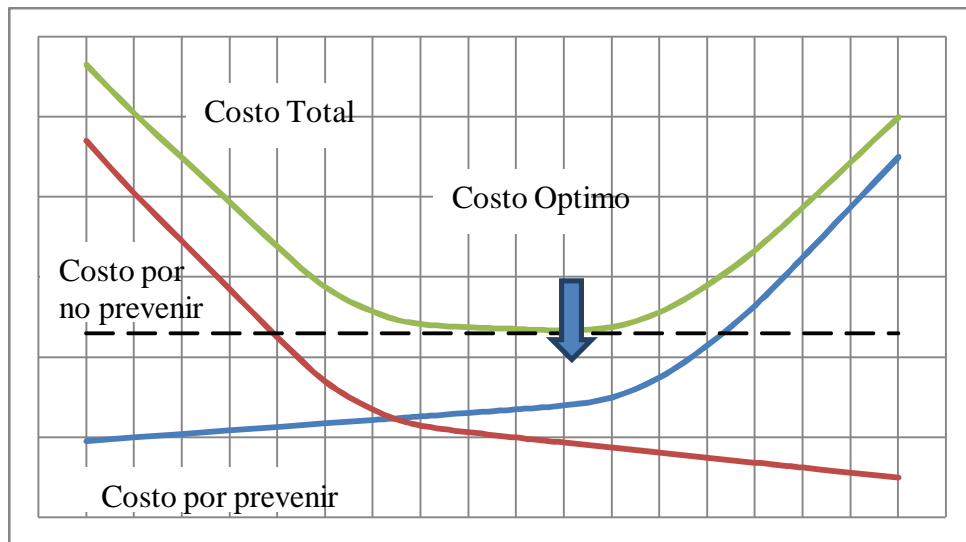


Figura 3.10: Esquema no rentable

De la fórmula del Costo Total (2.7) Podemos decir:

$$\begin{aligned}
 f(x_1) &= \text{preventivo} ; f(x_2) = \text{correctivo} \\
 Ct &= f(x_1) + f(x_2) & (2.8) \\
 f'(x_1) + f'(x_2) \\
 Ct' &= 0 \\
 0 &= f'(x_1) + f'(x_2) \\
 f'(x_1) &= -f'(x_2)
 \end{aligned}$$

Se linealiza la curva del costo óptimo de mantenimiento para poder apreciar de una mejor manera cómo podemos llegar a un costo óptimo reduciendo el mantenimiento correctivo y aumentando mesuradamente el mantenimiento preventivo; disminuir el costo total es sinónimo de mejorar la rentabilidad de la empresa.

$$\begin{aligned}
 Y &= m * X + b \\
 Y1 &= m1 * X + b1 \quad ; \quad Y2 = m2 * X + b2 \\
 Y3 &= Y1 + Y2 \\
 Y3 &= m1 * X + m2 * X + b1 + b2 \\
 Y3 &= (m1 + m2) * X + (b1 + b2)
 \end{aligned}$$

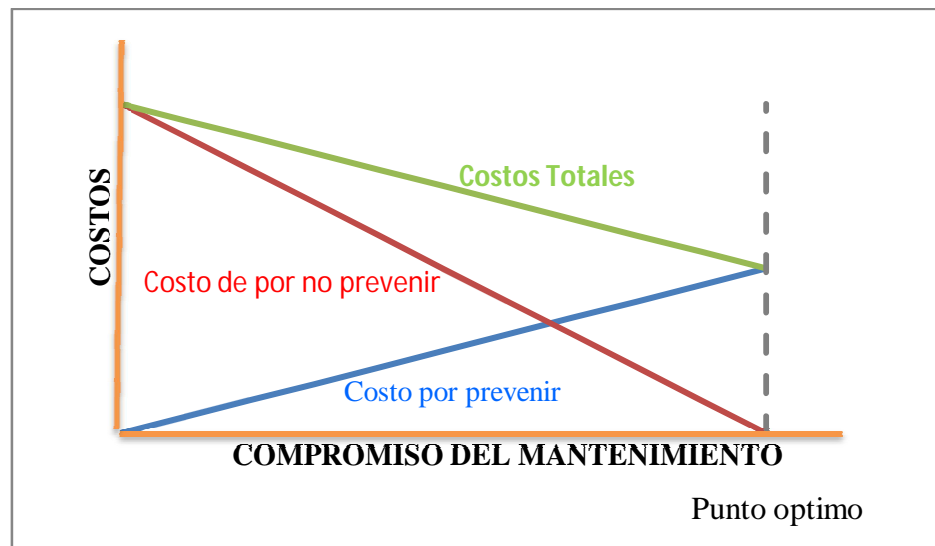



Figura 3.11: Costo óptimo de mantenimiento linealizado

En la figura 3.11 se puede apreciar claramente que es posible reducir los costos totales para esto el análisis de criticidad es de suma importancia ya que podemos determinar los equipos críticos en los cuales es necesario implementar el mantenimiento preventivo.

3.7 Formatos para llevar información de la gestión de mantenimiento


Parte de la organización del mantenimiento es la documentación, la misma que debe estar siempre disponible como son los formularios, documentos y registros que facilitan su control, para poder actuar en caso de existir desviaciones entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

Tabla 3.8: ORDEN DE TRABAJO

		ORDEN DE TRABAJO No <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div>		OT. PROGRAMADA	
				OT. IMPREVISTA	
				EQUIPO	
UBICACIÓN				# SERIE	
SOLICITA	EJECUTA	FECHA INICIO	FECHA FIN	HORA	
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO					
PERSONAL REQUERIDO:					
N°	EJECUTOR		TIEMPO	UNIDAD	
				Mm	
				Mm	
				Mm	
				Mm	
TOTAL MINUTOS				Mm	
MATERIALES Y REPUESTOS:					
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN			COSTO
COSTO TOTAL DE MATERIALES Y REPUESTOS:					
SI PRODUJO PARO INDIQUE EL TIEMPO EN HORAS:					
COSTOS POR PERDIDAS DE PRODUCCIÓN:					
OTROS COSTOS:					
COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO:					
OBSERVACIONES GENERALES				OBSERVACIONES DE SEGURIDAD	
F. DE QUIEN EMITE:		F. DE QUIEN EJECUTA:		F. DE QUIEN APRUEBA:	

Elaborado por: La autora.

Tabla 3.9: HISTORIAL DE MANTENIMIENTO

 HISTORIAL DE MANTENIMIENTO				
MÁQUINA:		# DE SERIE:		
FECHA	MANTENIMIENTO EFECTUADO	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADA	TIEMPO DE PARO	RESPONSABLE

Elaborado por: La autora.

CAPÍTULO IV

4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Costos de mantenimiento

Después de haber optimizado el mantenimiento preventivo a través del análisis de criticidad, AMEF y el diagrama de evaluación de tareas se calculan los costos totales de mantenimiento del año 2010 para evaluar si las herramientas de gestión implementadas redujeron el costo total de mantenimiento.

Con la fórmula 2.7 de los costos totales y los datos de la tabla 4.1 y 4.2 calculamos los costos totales de mantenimiento del año 2010.

$$Ct = Cc + Cp$$

$$Ct = \$44.980,2 + \$ 64.542,97$$

$$Ct = 109.523,14 \text{ dólares}$$

Los costos totales de mantenimiento del año 2010 son de \$109.523,14 si comparamos con los del año 2009 que son \$166.613,16 se comprueba que el optimizar el mantenimiento preventivo con ayuda de las herramientas de gestión reduce los costos de mantenimiento.

Tabla 4.1: COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2010

	HMP	Costos de Mano de Obra	Costos de Repuestos	Costos de Materiales Fungibles	Costos Administrativos	Costos por Movilización	Total de Mantenimiento Preventivo
ene-10	30	\$ 233,24	\$ 12.151,21	\$ 400,78	\$ 100,00	\$ 200,00	\$ 13.085,23
feb-10	24	\$ 249,90	\$ 6.921,56	\$ 100,56	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 7.672,02
mar-10	23	\$ 174,93	\$ 5.651,87	\$ 300,00	\$ 150,00	\$ 200,00	\$ 6.476,80
abr-10	27	\$ 199,92	\$ 3.796,24	\$ 120,89	\$ 300,00	\$ 200,00	\$ 4.617,05
may-10	29	\$ 224,91	\$ 2.254,40	\$ 280,00	\$ 400,00	\$ 200,00	\$ 3.359,31
jun-10	25	\$ 208,25	\$ 3.526,10	\$ 390,00	\$ 300,00	\$ 200,00	\$ 4.624,35
jul-10	30	\$ 249,90	\$ 2.181,09	\$ 437,89	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 3.268,88
ago-10	26	\$ 216,58	\$ 1.333,15	\$ 543,23	\$ 453,00	\$ 200,00	\$ 2.745,96
sep-10	27	\$ 224,91	\$ 1.151,12	\$ 328,43	\$ 675,00	\$ 200,00	\$ 2.579,46
oct-10	24	\$ 199,92	\$ 2.121,02	\$ 678,23	\$ 987,00	\$ 200,00	\$ 4.186,17
nov-10	23	\$ 191,59	\$ 7.989,01	\$ 239,54	\$ 245,00	\$ 200,00	\$ 8.865,14
dic-10	28	\$ 233,24	\$ 1.751,24	\$ 224,12	\$ 654,00	\$ 200,00	\$ 3.062,60
Total	316	\$ 2.607,29	\$ 50.828,01	\$ 4.043,67	\$ 4.664,00	\$ 2.400,00	\$ 64.542,97

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

Tabla 4.2: COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO AÑO 2010

	HMC	Toneladas Menos	Costos de Mano de Obra	Costos por Materiales Fungibles	Costos de Repuestos de M. Correctivo	Costos por Perdidas de Producción	Costos Administrativos	Costos por Movilización	Total de Mantenimiento Correctivo
ene-10	6	28	\$ 49,98	\$ 47,50	\$ 1.457,21	\$ 4.326,60	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 5.901,29
feb-10	3	30	\$ 24,99	\$ 23,90	\$ 1.635,40	\$ 2.163,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 3.867,59
mar-10	4	21	\$ 33,32	\$ 84,23	\$ 1.554,38	\$ 2.884,40	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 4.576,33
abr-10	3	24	\$ 24,99	\$ 16,20	\$ 1.890,91	\$ 2.163,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 4.115,40
may-10	3	27	\$ 24,99	\$ 10,90	\$ 1.664,18	\$ 2.163,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 3.883,37
jun-10	2	25	\$ 16,66	\$ 61,67	\$ 1.980,43	\$ 1.442,20	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 3.520,96
jul-10	3	30	\$ 24,99	\$ 261,67	\$ 1.545,24	\$ 2.163,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 4.015,20
ago-10	2	26	\$ 16,66	\$ 28,56	\$ 999,43	\$ 1.442,20	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 2.506,85
sep-10	1	27	\$ 8,33	\$ 12,90	\$ 1.455,24	\$ 721,10	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 2.217,57
oct-10	3	24	\$ 24,99	\$ 18,76	\$ 2.365,68	\$ 2.163,30	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 4.592,73
nov-10	1	23	\$ 10,00	\$ 29,12	\$ 2.568,18	\$ 865,32	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 3.492,62
dic-10	1,70	28	\$ 14,16	\$ 45,67	\$ 984,56	\$ 1.225,87	\$ 5,00	\$ 15,00	\$ 2.290,26
Total	32,90	313	\$ 274,10	\$ 641,10	\$ 20.100,80	\$ 23.724,20	\$ 60,00	\$ 180,00	\$ 44.980,20

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Bioalimantar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

4.2 Optimización de los indicadores que se utilizaran para evaluar la gestión de mantenimiento.

4.2.1 Disponibilidad y eficiencia

En la tabla 4.3 se calculan los indicadores de disponibilidad y eficiencia del año 2010 de la planta de balanceado de Bioalimentar Cía. Ltda. que comparados con los del año 2009 hay una mejora del 2% de la disponibilidad y del 4% en la eficiencia total.

Tabla 4.3: CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL AÑO 2010

	Horas por parada no programada	Horas de Funcionamiento	Disponibilidad Total	Eficiencia Total
ene-10	6	344	98%	97%
feb-10	3	344	99%	98%
mar-10	4	344	99%	98%
abr-10	3	344	99%	98%
may-10	3	344	99%	99%
jun-10	2	344	99%	99%
jul-10	3	344	99%	99%
ago-10	2	344	99%	99%
sep-10	1	344	100%	99%
oct-10	3	344	99%	99%
nov-10	1,2	344	100%	99%
dic-10	1,7	344	100%	99%
TOTAL	32,90	4122	99%	98%

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Producción de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

4.2.2 Rentabilidad de mantenimiento

El mejoramiento de los ratios de disponibilidad, eficiencia y la reducción de los costos de mantenimiento generan una mayor rentabilidad para la empresa.

Es por ello que es necesario implementar un indicador en el que pueda medir si la rentabilidad mejora o no optimizando el mantenimiento preventivo.

El precio de un producto (PP) viene dado por la fórmula:

$$PP = Costo\ Total + Utilidad\ (UB)$$

Para nuestro análisis, al costo total lo dividiremos en:

- Costo de Mantenimiento (CM), costos totales de mantenimiento dividido para el número de ítems producidos en un periodo de tiempo dado.
- Costo Neto de Producción (CP), que es la sumatoria de todos los costos fijos y variables sin tomar en cuenta, aquellos considerados como Costos de Mantenimiento, dividido para el número de ítems producidos en un periodo de tiempo dado.

De esto, se puede decir que el precio de un producto es igual a la suma de sus tres componentes.

$$PP = CM + CP + UB \quad (4.1)$$

En la tabla 4.4 se calcula el precio del producto del año 2009 y del año 2010 en los que intervienen los tres ítems que conforman el precio del producto.

Tabla 4.4: CÁLCULO DEL PRECIO DEL PRODUCTO DE LOS AÑOS 2009 Y 2010

	AÑO 2009	%	AÑO 2010	%
Costo de Mantenimiento	166613,16	19,7	109523,14	12,4
Costo de Producción	538744,08	63,7	578956,08	65,3
Utilidad Bruta	140394,85	16,6	197484,87	22,3
Precio del Producto	845752,08	100	885964,09	100

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Contabilidad de Bioalimentar Cía. Ltda.

Elaborado por: La autora

En la figura 4.1 se puede observar los porcentajes de los componentes del precio del producto del año 2009 y del año 2010.

Cuando se analizan los Costos, ambos temas - costos y rentabilidad - tienen muchos puntos en común ya que rentabilidad es sinónimo de ganancia, utilidad, beneficio y lucro. Para que exista rentabilidad "positiva", los ingresos tienen que ser mayores a los egresos. Lo que equivale a decir que los ingresos por ventas son superiores a los costos.

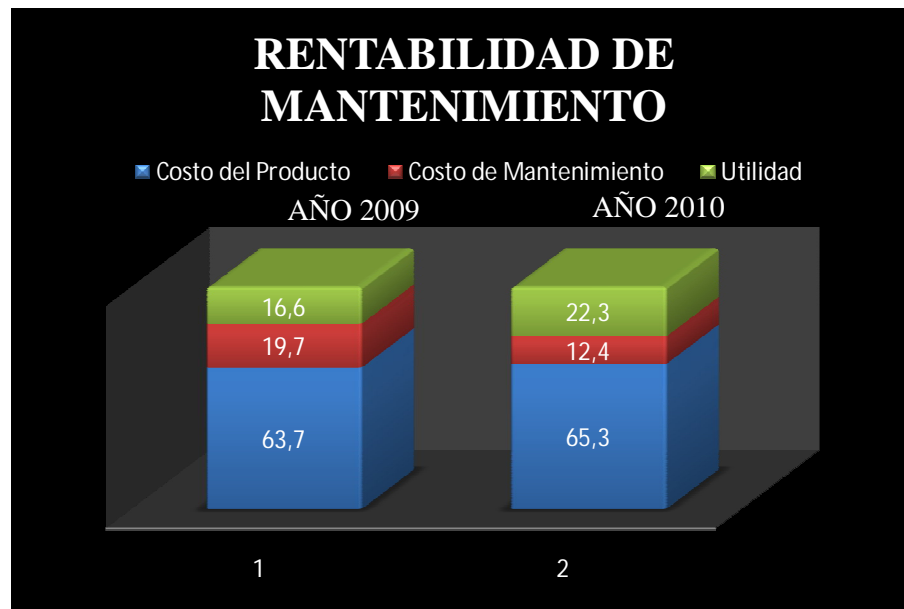


Figura 4.1: Grafica de la Rentabilidad del Mantenimiento

Despejado de la fórmula (4.1) tenemos que:

Ya sea por aspectos de competitividad o por regulaciones estatales, es muy difícil modificar a la alza el precio de un producto, por lo que para nuestro análisis lo consideraremos constante. De igual manera, los costos de producción para periodos de tiempo específicos y bajo condiciones controladas, permanecen invariables, por lo que podemos decir que:

(4.2)

Aunque las condiciones no sean ideales, o sea, aunque el precio del producto y los costos de producción no sean constantes, podemos observar que la utilidad variará también en función de los costos de mantenimiento tal como lo vemos en la figura 4.2.

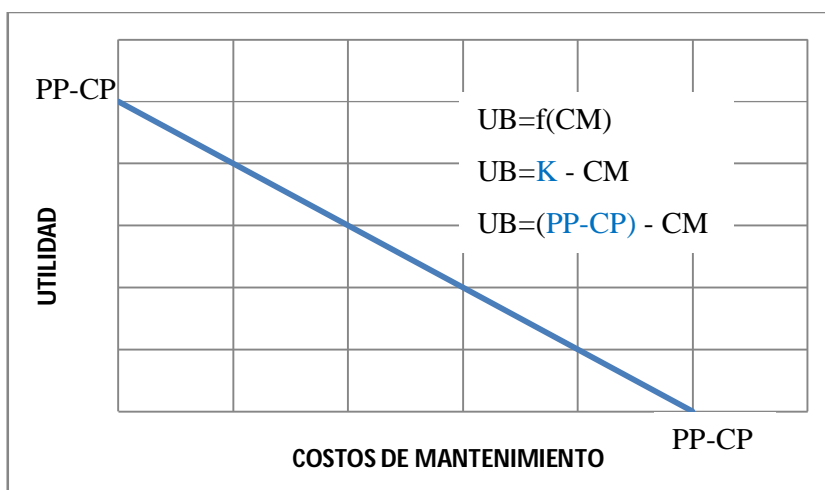


Figura 4.2: Utilidad en Función de los Costos de Mantenimiento

Por lo tanto la utilidad es función inversa proporcional de los costos de mantenimiento y por ende, mientras más pequeño sea CM , la utilidad será mayor y viceversa, mientras mayor sea CM , la utilidad será pequeña.

4.2.2.1 Perjuicio de los costos de mantenimiento (PCM)

Es la relación entre los costos de mantenimiento y el precio del producto

—

(4.3)

Si despejamos CM de la ecuación 4.3 y la reemplazamos en la ecuación 4.2 tenemos:

$$\begin{aligned}
 CM &= PP \times PCM \\
 UB &= (PP - CP) - CM \\
 UB &= (PP - CP) - PP \times PCM
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

De donde podemos observar que la utilidad decrece en función del valor del perjuicio del costo de mantenimiento con una tasa o pendiente igual a $-PP$.

Entonces, habrá una mayor utilidad en cuanto el perjuicio del costo del mantenimiento sea menor.

De la fórmula 4.3:

$$PCM = \frac{CM}{PP}$$

$$PCM = \frac{CM \times N}{PP \times N}$$

De donde: N , es el número de ítems producidos en un periodo de tiempo dado que para nuestro caso será de un año.

$$PCM = \frac{CM \times N}{PP \times N}$$

$$PCM = \frac{\text{COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO}}{\text{VENTAS TOTALES}}
 \tag{4.5}$$

$PCM_1 \rightarrow$ Perjuicio del costo de mantenimiento 2009

$PCM_2 \rightarrow$ Perjuicio del costo de mantenimiento 2010

$$PCM_1 = \frac{166.613,16}{845.752,08} = 0,20 \approx 20,0\%$$

$$PCM_2 = \frac{109.523,14}{885.964,09} = 0,12 \approx 12,0\%$$

Si el perjuicio de un periodo es mayor que el perjuicio del siguiente periodo, existe una mejora en la gestión del departamento de mantenimiento.

$$PCM_1 - PCM_2 > 0 \rightarrow MEJORA$$

$$0,20 - 0,12 = 0,08$$

De la fórmula 4.5:

$$PCM = \frac{COSTOS\ TOTALES\ DE\ MANTENIMIENTO}{VENTAS\ TOTALES}$$

$$COSTOS\ TOTALES\ DE\ MANTENIMIENTO = PCM \times VENTAS\ TOTALES$$

Análogamente a esta fórmula tenemos:

$$RENTABILIDAD = (PCM_1 - PCM_2) \times VENTAS\ TOTALES \quad (4.6)$$

Lo que significa que los costos de mantenimiento que se ahorraron en el segundo año, se transforman en utilidad y este incremento de la utilidad es la rentabilidad generada por el departamento de mantenimiento en ese año.

$$RENTABILIDAD\ 2010 = (0,08) * 885964,09 = \$70.877,12$$

$$\frac{PCM_1 - PCM_2}{PCM_1} * 100\% = TAZA\ DE\ TRANSFORMACION\ RELATIVA\ (TTR)$$

$$TTR = \frac{0,08}{0,20} * 100\% = 40,0\%$$

El TTR es la tasa de disminución del perjuicio entre dos periodos dados.

La tasa de perjuicio de mantenimiento ha disminuido en un 40%.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Para obtener datos reales del análisis de criticidad se debe formar un equipo de trabajo con el personal involucrado en cada una de las áreas de impacto.
- El análisis de criticidad es una herramienta de la gestión vital para reducir los costos de mantenimiento ya que gracias a la aplicación de este método se pudo categorizar los equipos de la planta para poder iniciar los cambios en aquellos que son críticos.
- Se optimiza el plan de mantenimiento con ayuda del AMEF y el diagrama de evaluación de tareas, las tareas van enfocadas a la eliminación de modos de fallos de los equipos críticos y por ende disminuye el mantenimiento correctivo.
- Optimizar el mantenimiento preventivo redujo el costo total de mantenimiento del año 2009 al 2010 en un 7,3%.
- Si se aumenta sin control el mantenimiento preventivo no se disminuirá el costo total de mantenimiento al contrario estos aumentan, es por ello que el mantenimiento preventivo se debe implementar mesuradamente.
- La mejora en los dos ratios de Disponibilidad y eficiencia y la disminución de los costos de mantenimiento aumentan la rentabilidad de la empresa y por tanto tiene influencia directa sobre las utilidades.
- El parámetro numérico que se debe utilizarse para medir la optimización del plan de mantenimiento es la rentabilidad.

- Los costos de mantenimiento que se ahorraron en el segundo año, se transforman en utilidad y este incremento de la utilidad es la rentabilidad generada por el departamento de mantenimiento en ese año.
- El mantenimiento ayuda a cumplir el objetivo principal de la empresa, que es generar rentabilidad.

5.2 Recomendaciones

- Capacitar constantemente al personal encargado de la administración de mantenimiento sobre temas de gestión de mantenimiento.
- Estimular al personal técnico para que su desempeño en la empresa sea cada día mejor.
- Modificar el plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando.
- Confiar en la implementación de las herramientas de gestión.
- Garantizar la continuidad del plan de mantenimiento preventivo de los equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **TAVARES**, Laurival Augusto. Administración moderna de mantenimiento, pp. 1.
- [2] **HERNÁNDEZ**, Eduardo. Gestión de mantenimiento, ESPOCH, pp. 17.
- [3] **ARIAS**, Laura. Mantenimiento implementación y gestión, 2003, pp. 227.
- [4] **JUÁREZ**, Henry. Análisis de criticidad, 2007, pp. 5.
- [5] **HERNÁNDEZ**, Eduardo. Seminario “MCC II”, Riobamba. 2010, pp. 65.

BIBLIOGRAFÍA

- AVILA**, Rubén. Fundamentos de mantenimiento guías económicas, técnicas y administrativas, México, 1995.
- HERNÁNDEZ**, Eugenio. Conferencia internacional de ciencias empresariales. Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. 2004.
- HUACUZ**, Héctor. 1^{er} Congreso confiabilidad y mantenimiento. México. 2003.
- JUÁREZ**, Henry. Análisis de criticidad, 17 de Julio 2007.
- PARRA**, Carlos. Metodología de implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad. Universidad de los Andes, Venezuela, 1997.
- SEXTO**, Luis Felipe. La evaluación de tareas en un proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- SOTUYO BLANCO**, Santiago. Séptimo congreso panamericano de ingeniería de mantenimiento, 23 de septiembre 2004.
- TAVARES**, Lourival. Administración moderna de mantenimiento. Brasil, 2002.
- GIULIANI**, Manual de mantenimiento y operación de la peletizadora, 2006.
- GIULIANI**, Manual de mantenimiento y operación de la mezcladora, 2006.
- GIULIANI**, Manual de mantenimiento y operación del molino, 2006.

LINKOGRAFÍA

Costos del mantenimiento preventivo y correctivo

www.mantenimientomundial.com

www.ceroaverías.com

19/01/2010

Análisis de criticidad

www.camaratru.org.

24/02/2010

Diagrama de evaluación de tareas

www.luisfelipesexto.blogia.com

15/09/2010