

**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PLANTA
DE HARINA**

SEATECH Intl.

JUAN JOSÉ BARBASTEFANO MORALES

ALFREDO CHANG RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2010

**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PLANTA
DE HARINA**

SEATECH Intl.

JUAN JOSÉ BARBASTEFANO MORALES

Monografía como requisito para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

ALFREDO CHANG RODRÍGUEZ

Monografía como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

Ing. Alfredo Abuchar Curi, MSc., ME.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2010

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Dirección de programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Comité de Evaluación de Proyectos

L. C.

Apreciados señores:

Con el siguiente escrito presento y certifico que la monografía titulada “**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PLANTA DE HARINA - SEATECH Intl.**”, fue elaborado por los estudiantes Juan José Barbastefano Morales Y Alfredo Chang Rodríguez, bajo mi dirección.

Como Director del proyecto considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,



Ing. Alfredo Abuchar Curi
Director del Proyecto

Cartagena De Indias D. T. y C., diciembre de 2010

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Dirección de programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Comité de Evaluación de Proyectos

L. C.

Apreciados señores:

Muy respetuosamente me dirijo a ustedes para presentar a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada **“DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PLANTA DE HARINA - SEATECH Intl.”** Como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente,



ALFREDO CHANG RODRÍGUEZ

Cartagena De Indias D. T. y C., diciembre de 2010

Señores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Dirección de programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Comité de Evaluación de Proyectos

L. C.

Apreciados señores:

Muy respetuosamente me dirijo a ustedes para presentar a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada **"DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PLANTA DE HARINA - SEATECH Intl."** Como requisito para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

Atentamente,

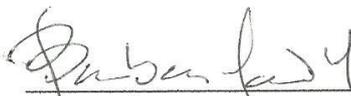


JUAN JOSÉ BARBASTEFANO MORALES

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C., diciembre de 2010

Yo, Juan José Barbastefano Morales, identificado con la cédula de ciudadanía 1.047'366.375 de Cartagena, Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi monografía y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.



JUAN JOSÉ BARBASTEFANO MORALES
Cc 1047366375 *jjm*

PRESENTACION PERSONAL
ANTE LA NOTARIA SEXTA DEL CIRCULO
CARTAGENA

Fue presentado personalmente este documento por

Juan José Barbastefano Morales

Con C.de C. No.: 1.047.366.375

Cartagena, 21 DIC. 2010 de _____ 201__

[Handwritten signature]
LA NOTARIA SEXTA PRINCIPAL



AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C., diciembre de 2010

Yo, Alfredo Chang Rodríguez, Identificado con la cédula de ciudadanía 9'101.501 DE Cartagena, Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi monografía y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.


ALFREDO CHANG RODRÍGUEZ

PRESENTACION PERSONAL
ANTE LA NOTARIA SEXTA DEL CIRCULO
CARTAGENA

Fue presentado personalmente este documento por:
Alfredo Chang Rodríguez

Con C.de C. No.: 9'101.501
de 22 Dic. 2010 201

Cartagena 



NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

A nuestras familias, por el apoyo brindado, a nuestros profesores por su atención y por su aporte a nuestro desarrollo como profesionales, y a los empleados de la empresa SEATECH Intl., sin cuyo aporte no hubiese sido posible el desarrollo de este proyecto

LOS AUTORES

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
TABLA DE CONTENIDO	10
INTRODUCCIÓN.....	17
1. OBJETIVOS.....	18
1.1. Objetivo general.....	18
1.2. Objetivos específicos	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Conceptos de mantenimiento	19
3. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	24
3.1. Misión.....	24
3.2. Visión.....	24
3.3. Política de calidad integrada	24
3.4. Objetivos de calidad integrados.....	25
3.5. Valores corporativos	26
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	27
4.1. Recepción.....	28
4.2. Cocinado	28
4.3. Prensado	28
4.4. Decantado.....	29
4.5. Secado.....	29
4.6. Molienda	29
4.7. Centrifugación.....	29
5. DATOS DE LOS EQUIPOS	30
5.1. Identificación de los equipos	30
5.2. Formato de hoja de vida	31
6. ELEMENTOS DE ANÁLISIS.....	35
6.1. Datos de disponibilidad de los equipos disponibles	35
6.2. Disponibilidad de los equipos	36
6.3. Impacto económico	40
	10

6.4.	Tiempos en falla y equipos críticos	43
6.5.	Indicadores – tornillos.....	45
7.	PLAN DE MANTENIMIENTO	49
7.1.	Tornillo No 1 (HA2-OTR01).....	49
7.2.	Tornillo No 2 (HA2-OTR02).....	49
7.3.	Cocinador (HA2-OCO01)	50
7.4.	Tornillo No 3 (HA2-OTR03).....	50
7.5.	Prensa (HA2-OPR01)	51
7.6.	Tornillo No 4 (HA0-OTR04).....	51
7.7.	Tornillo No 5 (HA0-OTR05).....	52
7.8.	Secador No 1 (HA0-OSC01)	52
7.9.	Secador No 2 (HA0-OSC02)	53
7.10.	Secador No 3 (HA0-SSC03).....	53
7.11.	Tornillo No 6 (HA0-OTR06).....	54
7.12.	Tornillo No 7 (HA0-OTR07).....	54
7.13.	Tornillo No 8 (HA0-OTR08).....	55
7.14.	Molino No 1 (HA0-OML01)	55
7.15.	Molino No 2 (HA0-SML02)	55
7.16.	Tornillo No 9 (HA0-OTR09).....	56
7.17.	Bomba de agua de cola No 1 (HA1-OBM01).....	56
7.18.	Tanque de agua de cola No 1 (HA1-OTN01)	57
7.19.	Bomba de agua de cola No 2 (HA1-OBM02).....	57
7.20.	Tanque de agua de cola No 2 (HA1-OTN02)	57
7.21.	Decanter (HA0-ODC01)	58
7.22.	Bomba de agua decantada (HA1-OBM03).....	58
7.23.	Centrífuga No 1 (HA1-OCS01)	59
7.24.	Centrífuga No 2 (HA1-OCS02)	59
7.25.	Bomba de aceite de pescado (HA1-OBM04)	59
7.26.	Tanque de aceite de pescado (HA1-OTN03).....	60
7.27.	Tanque de almacenamiento aceite de pescado (HA1-OTN04).....	60
7.28.	Bomba de Alimentación carrotanques (HA1-OBM05).....	60
8.	ELEMENTOS DE SEGUIMIENTO	62

8.1. Historial de mantenimiento preventivo.....	62
8.2. Historial de mantenimiento correctivo.....	63
8.3. Historial de modificaciones hoja de vida	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Códigos de los equipos

Tabla 2. Disponibilidad de los equipos de planta

Tabla 3. Precios harina y aceite de pescado, USD por Tonelada FOB

Tabla 4. Costos asociados a fallas.

Tabla 5. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo

Tabla 6. Fallas registradas para tornillos (sic).

Tabla 7. Fallas registradas por elementos – tornillos.

Tabla 8. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 1

Tabla 9. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 2

Tabla 10. Actividades de mantenimiento preventivo – Cocinador

Tabla 11. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 3

Tabla 12. Actividades de mantenimiento preventivo – Prensa

Tabla 13. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 4

Tabla 14. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 5

Tabla 15. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 1

Tabla 16. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 2

Tabla 17. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 3

Tabla 18. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 6

Tabla 19. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 7

Tabla 20. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 8

Tabla 21. Actividades de mantenimiento preventivo – Molino No 1

Tabla 22. Actividades de mantenimiento preventivo – Molino No 2

Tabla 23. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 9

Tabla 24. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua de cola No 1

Tabla 25. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de agua de cola No 1

Tabla 26. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua de cola No 2

Tabla 27. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de agua de cola No 2

Tabla 28. Actividades de mantenimiento preventivo – Decanter

Tabla 29. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua decantada

Tabla 30. Actividades de mantenimiento preventivo – Centrífuga No 1

Tabla 31. Actividades de mantenimiento preventivo – Centrífuga No 2

Tabla 32. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de aceite de pescado

Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de aceite de pescado

Tabla 34. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de almacenamiento aceite de pescado

Tabla 35. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de alimentación carrotanques

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Layout Planta de Harina

Figura 2. Formato de código de equipos

Figura 3. Encabezado hoja de vida de equipos.

Figura 4. Datos del equipo - hoja de vida de equipos.

Figura 5. Datos del proveedor - hoja de vida de equipos.

Figura 6. Datos del proveedor - hoja de vida de equipos.

Figura 7. Formato antiguo de disponibilidad de equipos

Figura 8. Muestra de disponibilidad esperada TORNILLO No 1.

Figura 9. Fórmula de cálculo para disponibilidad real en horas

Figura 10. Fórmula de cálculo para output en TON/hora

Figura 11. Fórmula de cálculo para disponibilidad porcentual

Figura 12. Disponibilidad de equipos de planta

Figura 13. Fórmula de cálculo para tiempo en falla registrado, TORNILLO No 6.

Figura 14. Fórmula de cálculo para tiempo en falla según operación, TORNILLO No 6.

Figura 15. Fórmula de cálculo para costo registrado, TORNILLO No 6.

Figura 16. Aporte a los tiempos totales de falla por equipos - harina

Figura 17. Aporte a los tiempos de falla por equipos (sin STDBY) – harina

Figura 18. Aporte a los tiempos de falla por equipos (sin STDBY) - aceite

Figura 19. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo– harina

Figura 20. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo– aceite

Figura 21. Fórmula de cálculo para tiempo en falla, TORNILLOS

Figura 22. Fórmula de cálculo para porcentaje de tiempo en falla, TORNILLOS

Figura 23. Fórmula de cálculo para MTTR, TORNILLOS

Figura 24. Fórmula de cálculo para MTBF, TORNILLOS

Figura 25. Fallas registradas por elementos – tornillos.

Figura 26. Encabezado formatos de seguimiento

Figura 27. Historial de mantenimiento preventivo

Figura 28. Historial de mantenimiento correctivo

Figura 29. Historial de modificaciones hoja de vida

INTRODUCCIÓN

Podemos englobar en el concepto de mantenimiento todas las acciones que tienen como objetivo conservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Esto implica dos cosas, principalmente: por una parte, la continuidad de la acción o las acciones de mantenimiento, y por otro lado, la intención de restaurar, más que de modificar. Esto requiere un profundo conocimiento de los equipos, de cómo funcionan, y de cómo evoluciona su estado a lo largo del tiempo, además de un nivel adecuado de comprometimiento del mantenedor o del operador, todo esto enfocado a optimizar el rendimiento de la máquina, para que esta responda al nivel de desempeño considerado en el diseño inicial del equipo y la planta a la que éste pertenece.

A pesar de esto, ya sea por falta de recursos (tiempo, dinero, personas), o por falta de atención, muy a menudo se encuentran casos de empresas que, a costo del estado de sus equipos, y elevando el ahorro a corto plazo por encima del mantenimiento de la inversión realizada en activos, dejan de lado la planificación de actividades de mantenimiento y revisión, y se enfocan en realizar labores correctivas, perdiendo no sólo en calidad y estado de los equipos, sino también en el control y seguimiento de cambios, modificaciones y reparaciones realizados a éstos.

Es posible que el análisis de los requerimientos de una planta en cuanto a este referente muestre que sólo se necesitan realizar acciones correctivas, por consideraciones económicas, pero esto no implica dejar de lado el desarrollo de herramientas de control y seguimiento, que sirvan como soporte principal al mantenedor para evaluar en cualquier momento, y desde cualquier punto de vista el estado de sus equipos.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo pretende proveer al ingeniero de mantenimiento asignado a la PLANTA DE HARINA de la empresa SEATECH Intl., de herramientas de control y seguimiento adecuadas, y de un plan de mantenimiento preventivo básico, que juntos le permitan evaluar sus equipos y proyectar a corto, mediano y largo plazo, acciones sobre estos, y sobre el mismo plan, según las necesidades y requerimientos de la planta, tanto a nivel de producción, como económicamente.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la planta productora de harina de pescado de la empresa SEATECH intl., basado en datos históricos de mantenimiento correctivo, fallas y confiabilidad de los equipos, y en la utilización de datos de confiabilidad off-shore asociada a los mismos, que responda a las necesidades de la planta.

1.2. Objetivos específicos

- Organizar la información disponible de los equipos, desarrollando un modelo de hoja de vida, con el fin de proveer a la empresa de una herramienta de fácil uso para el seguimiento de cambios, reparaciones y mantenimientos realizados a los equipos.
- Identificar las fallas comunes y las de mayor impacto, analizando los datos históricos de confiabilidad de equipos disponibles, para obtener los factores claves para el desarrollo y enfoque del plan de mantenimiento.
- Clasificar las fallas de acuerdo con su criticidad e impacto sobre el proceso, calculando los indicadores tiempo medio entre fallas MTBF, tiempo medio en reparación MTTR, tiempo medio hasta falla MTTF, para así obtener el soporte estadístico para el desarrollo del programa de mantenimiento.
- Complementar la información obtenida, usando datos de confiabilidad off-shore, para cubrir los requerimientos de mantenimiento de equipos a los que no se les ha hecho un seguimiento histórico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos de mantenimiento

Entre las actividades logísticas de Producción, se encuentran las de la cadena de suministros o abastecimiento, mantenimiento, servicios de planta y seguridad industrial, las que junto con nociones sobre la gestión ambiental, iremos viendo en sucesivos trabajos preparados por el cuerpo docente.

El sector Mantenimiento generalmente se incluye en las organizaciones, dentro de la función denominada Ingeniería de Planta, siendo en muchos casos, su actividad excluyente. En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc.

La confiabilidad de un sistema complejo, compuesto por una serie de piezas, puede llegar a ser muy mala a pesar de una no muy mala confiabilidad individual. Esto es tanto más cierto cuanto mayor sea la variabilidad del desempeño de cada uno de los componentes del sistema y su grado de dependencia o independencia. Es particularmente cierto cuando es la mano de obra uno de los componentes. En efecto, si no llevamos a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener confiabilidades resultantes elevadas. También es cierto que es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre un buen y un mal servicio como producto.

2.1.1. *Mantenimiento Correctivo*¹

Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. Se clasifica en:

- No planificado: El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.). Por ejemplo, la detección de una fuga de gas compromete a la Gerencia a tomar la decisión de reparar

¹RENOVETEC. *MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Organización y Gestión de la reparación de averías.* Colección de Mantenimiento Industrial, Volumen 4. Págs.

la pérdida de gas, actuando ante una emergencia (generalmente la detección de un gas combustible, implica la existencia de una concentración peligrosa en el aire ambiente, la cual es explosiva).

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad y también para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia. Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante). Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no nos quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

- **Planificado:** Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente. Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto, la diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, programamos la detención del equipo, pero antes de hacerlo, vamos acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no podríamos hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, aprovecharemos para las paradas, horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos

Esas son las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad (p. ej, empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento (p.ej la industria auxiliar del automóvil o el mercado eléctrico) o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).
- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes
- La vida útil de los equipos se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo

- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones.

2.1.2. Mantenimiento Preventivo

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de:

- Prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como Mantenimiento Preventivo Directo o Periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la Confiabilidad de los Equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados.
- Anticiparse a la aparición de las fallas. Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan por algún medio. Por ejemplo, una lámpara eléctrica debía durar 4000 horas de encendido y se quema cuando sólo se la había empleado 200 horas. Ningún indicio o evidencia simple, nos informó sobre la proximidad de la falla.

2.1.3. Indicadores de mantenimiento²

Los indicadores de gestión son la base para la evaluación de la labor de cualquier plan de mantenimiento, y proveen al ingeniero de mantenimiento y a la empresa de cifras cuantificables que permiten, entre otras cosas:

² **URUMAN, Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad. Seminario-Taller Indicadores de Mantenimiento, Memorias.** Sala de Conferencias – Asociación de Ingenieros de Uruguay. 21 de marzo de 2007.

- Proveer evidencia tangible a la Dirección sobre el seguimiento de los procesos de mejora y el alcance de objetivos
- Permitir el establecimiento de estrategias para alcanzar un alto desempeño
- Facilitar la toma de decisiones
- Permitir la realización del Benchmarking
- Hacer públicos los resultados

Los indicadores deben ser elegidos y medidos con precisión. Con ello se evita una percepción errónea de la performance, lo que lleva a la toma de decisiones equivocada.

Entre los indicadores básicos y más útiles podemos resaltar:

- Tiempo medio entre fallas MTBF: Promedio de duración de los períodos de operación continuos hasta la siguiente falla. Indicador de confiabilidad
- Tiempo medio para recuperar MTTR: Promedio de duración de los períodos no operativos asociados a fallas. Indicador de eficiencia de mantenibilidad.

3. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA³

3.1. Misión

Seatech International Inc. Es una empresa que tiene como misión procesar atún y fabricar envases sanitarios, obteniendo productos de alta calidad, mediante el cumplimiento de los requisitos que garanticen su inocuidad, para satisfacer las necesidades y superar las expectativas de los clientes; además de proveer a los accionistas el retorno esperado de su inversión y proporcionar a sus trabajadores un ambiente que garantice las buenas prácticas laborales.

3.2. Visión

Ser una organización reconocida como la primera Empresa en Latinoamérica procesadora de atún y fabricante de envases sanitarios, destacados por su calidad y estándares de inocuidad, así como las mejores relaciones con sus clientes nacionales e internacionales y lineamientos laborales justos.

3.3. Política de calidad integrada

En Seatech International actuamos en el marco de nuestra Visión y Misión; estamos comprometidos con los sistemas de gestión de:

3.3.1. Calidad y seguridad de los Alimentos

Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes nacionales y extranjeros, mediante la planificación, implementación, mantenimiento y actualización del sistema de gestión de calidad e inocuidad de nuestros productos y procesos, direccionado a suministrar alimentos seguros y de excelente calidad para el consumidor, dando cumplimiento a las especificaciones previamente definidas, así como también con los requisitos legales y reglamentarios aplicables; apoyados en personal comprometido y capacitado que trabaja en equipo.

3.3.2. Política de Buenas Prácticas Laborales

³ SEATECH Intl., *Información Corporativa*. Brochure corporativo. SEATECH Intl. 2009

Seatech se compromete a asumir las buenas prácticas laborales con sus trabajadores, como un compromiso voluntario que está asociado con el cumplimiento de la Declaración Universal de Los Derechos Humanos, los principios básicos de la organización Internacional del Trabajo (OIT) en materia de derecho laboral, el código sustantivo del trabajo, la promoción del comportamiento ético mediante los valores y los lineamientos establecidos en los instrumentos internacionales relacionados con la Norma SA8000.

Estas son las directrices en materia de Buenas Prácticas laborales con los trabajadores, las cuales se aplican a través de un sistema de gestión que incluye el esfuerzo de la empresa por comprometer a sus proveedores y contratistas en el cumplimiento de estos requisitos en sus organizaciones.

Asimismo, Seatech cree en la responsabilidad que tienen las mujeres por hacer progresar sus hogares, por eso la mayoría de nuestra fuerza de trabajo son madres cabeza de familia que ven en la organización su segundo hogar, desarrollándoles planes de capacitación y entrenamiento, lo cual nos permite contribuir en el crecimiento personal y profesional.

La política de Calidad Integrada actúa dentro del cumplimiento de la normatividad y legislación aplicable a nuestra actividad productiva y comercial, los cuales son gestionados a través de un sistema de mejoramiento continuo en los procesos.

3.4. Objetivos de calidad integrados

Con el fin de dar cumplimiento a la política de calidad integrada, Seatech Intenational Inc. Ha establecido los siguientes objetivos:

- Incrementar la fidelidad de nuestros clientes nacionales y extranjeros, a través de la satisfacción de sus necesidades y expectativas, mas alla de los requisitos legales reglamentarios.
- Aumentar la productividad de los procesos operativos.
- Optimizar los recursos operacionales directos e indirectos.
- Gestionar de manera eficiente y efectiva el sistema de calidad e inocuidad de los alimentos.
- Incrementar la competencia del personal.
- Mejorar el desempeño de los procesos del Sistema de gestión de Calidad.

- Incrementar la confianza en los consumidores mediante el suministro de alimentos inocuos.
- Mejorar la gestión de las buenas prácticas Laborales dentro del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001: 2008, mediante la formalización de políticas y el establecimiento de procedimientos dentro del marco de cumplimiento de la norma SA 8000.

3.5. Valores corporativos

Institucionalmente Seatech Int se rige por unos valores que son sus principios éticos, los cuales se deben inculcar para el logro de las políticas:

HONRADEZ: Actuar siempre con base en la verdad. Ser honesto es ser real, transparente en nuestras acciones. Esta actitud siembra confianza en aquellos quienes están en contacto con nosotros.

RESPETO: Fomentamos es trato profesional a nuestros clientes, compañeros y a la empresa, el respeto es fundamental para lograr un ambiente de trabajo estimulante.

ESPONSABILIDAD: Cumplimos eficientemente con los compromisos adquiridos. Procuramos que todos nuestros procesos se realicen con cuidado, atención y cumplimiento del deber.

COMPROMISO: Comprometerse va mas allá de cumplir con una obligación, es poner en juego nuestras capacidades para sacar adelante todo aquello que se nos ha confiado.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

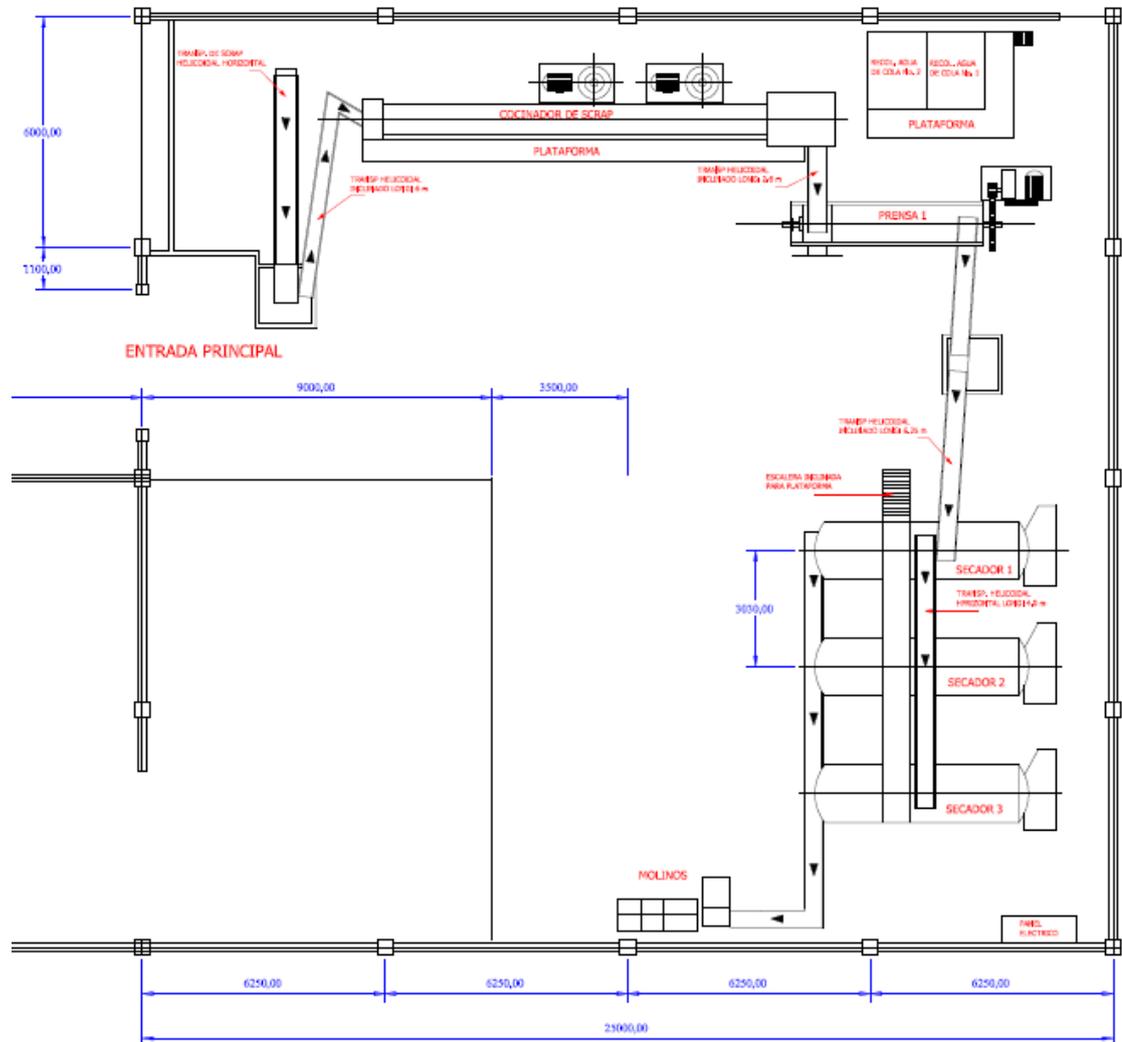


Figura 1. Layout Planta de Harina⁴

La harina de pescado es fuente de proteínas de alta calidad, alto contenido energético y rica en minerales, vitaminas y aminoácidos, empleada en alimentos balanceados para animales con la finalidad de incrementar el valor nutritivo.

La materia prima está compuesta por tres fracciones principales: sólidos (materia seca libre de grasa), aceite y agua. A partir de 1000 Kg. de materia seca se obtienen 212 Kg. de harina y 108

⁴SEATECH INTERNATIONAL. *Layout Planta Harina: Infraestructura y Equipos*. Ing. Hector Marín, Coordinador de mantenimiento y estructuras. 2008.

Kg. de aceite. El propósito es separar estas fracciones lo menor posible, al menor costo y bajas condiciones que favorezcan la calidad del producto.

Los pasos principales del proceso son cocción para la coagulación de la proteína liberando de este modo el agua y el aceite ligados, separación por prensado del producto coagulado produciendo una fase sólida (Torta de Prensa), una fase líquida (Agua de Cola) conteniendo agua y el resto de los sólidos (aceite, proteína disuelta o suspendida, vitaminas y minerales). La parte principal de los lodos en el Agua de Cola es removida por centrifugación en un Decanter y el aceite es subsecuentemente extraído por centrifugación. El Agua de Cola es concentrada en un evaporador multiefecto y el Concentrado es mezclado vigorosamente con la Torta de Prensa, la cual es luego deshidratada usualmente en un sedado. El material seco es molido y almacenado en bolsas o a granel. El aceite es almacenado en tanques

4.1. Recepción

El proceso productivo se inicia una vez que la Planta ha recibido la Materia Prima (desecho de pescado proveniente de la planta elaboradora de pescado). Todas las partes que no se utilizan en el procesado y enlatado del atún, como son la cabeza, espinas y colas, que en conjunto se llaman scrap, son enviadas a la planta de harina para su respectivo procesamiento para la obtención de la harina de pescado y el aceite de pescado.

4.2. Cocinado

La materia Prima ingresa y es sometida a un proceso térmico con vapor (indirecto) con el fin de detener la actividad microbiológica y enzimática responsable de la degradación y coagular las proteínas en fase sólida, permitiendo la separación del aceite y los residuos viscosos líquidos. Este proceso tiene una duración aproximada de 15 minutos en el cocinador.

4.3. Prensado

Esta etapa corresponde a un proceso de prensado mecánico de la materia prima proveniente del cocinador, la cual proporciona el Agua de Cola, que corresponde a la fase líquida y la Torta de Prensa que constituye la fase sólida. La masa de producto es fuertemente comprimida por los tornillos, escurriendo un Agua de Cola a través de las rejillas, y una masa más sólida o Torta de prensa por el extremo.

4.4. Decantado

Este proceso consiste en separar los residuos sólidos del aceite y agua por medio de centrifugación. Estos residuos sólidos son reincorporados a la línea de producción de harina antes de ingresar al proceso de secado. La parte líquida (aceite y agua), es bombeada a un tanque de almacenamiento para posteriormente ingresar a un proceso de separación.

4.5. Secado

La torta prensada es ingresada a unos secadores que durante un tiempo aproximado de 1 hora eliminan toda la humedad restante por medio de vapor (indirecto), el cual calienta las camisas de los secadores y estas a su vez al estar en contacto con la torta prensada evaporan la humedad presente.

4.6. Molienda

El producto seco es transportado hasta el molino, donde se lleva a cabo el proceso de molienda, en el cual se reducen todas las partes de gran tamaño, dando como resultado la harina de pescado, que es empacada en sacos de 50 kilos.

4.7. Centrifugación

En este proceso el líquido decantado es bombeado a una centrifuga, la cual separa el aceite del agua. Este aceite tiene una pureza del 99.8%, y es almacenado para su posterior distribución. El agua que es separada en este proceso es desechada.

5. DATOS DE LOS EQUIPOS

5.1. Identificación de los equipos

La identificación de los equipos con un código único debe realizarse de tal manera que el formato usado para generar el código correspondiente a cualquier equipo dado incluya, sin ser demasiado extenso, los datos más importantes de éste, en cuanto a los siguientes ítems:

- Planta o sistema a la pertenece
- Ubicación física
- Tipo de componente

El manejo de la información de los equipos alrededor de un código de este tipo le brinda al ingeniero de mantenimiento datos de primera mano importantes al momento de hacer programación de actividades diarias, semanales o mensuales, y permite la manipulación sistemática por medio de filtros, exclusiones o similares, usando como identificadores las claves del formato.

De acuerdo con lo anterior, el formato de identificación en el presente proyecto incluye:

- Dos (2) dígitos alfanuméricos que identifican la planta a la que pertenece el equipo.
- Un (1) dígito numérico que indica el alcance del efecto del elemento dentro del proceso productivo, éste diferencia:
 - Equipos que sólo intervienen en producción de harina.
 - Equipos que sólo intervienen en producción de aceite.
 - Equipos que intervienen en ambos procesos.
- Dos (2) dígitos alfanuméricos que identifican el tipo de equipo.
- Un (1) dígito numérico que muestra si el equipo es de operación permanente o stand-by.
- Dos (2) dígitos de secuencia que identifican finalmente al tipo de equipo.

El formato final se muestra en la **figura 2**, que muestra el código del tornillo No 3, y el detalle de la codificación para todos los equipos se encuentra en la **tabla 1**.

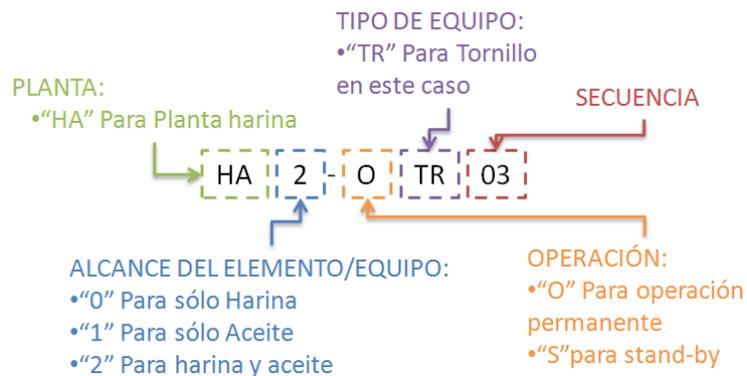


Figura 2. Formato de código de equipos

EQUIPO	CÓDIGO
TORNILLO 1	HA2-OTR01
TORNILLO 2	HA2-OTR02
COCINADOR	HA2-OCO01
TORNILLO 3	HA2-OTR03
PRENSA	HA2-OPR01
TORNILLO 4	HA0-OTR04
TORNILLO 5	HA0-OTR05
SECADOR 1	HA0-OSC01
SECADOR 2	HA0-OSC02
SECADOR 3	HA0-SSC03
TORNILLO 6	HA0-OTR06
TORNILLO 7	HA0-OTR07
TORNILLO 8	HA0-OTR08
MOLINO No 1	HA0-OML01
MOLINO No 2	HA0-SML02
TORNILLO 9	HA0-OTR09
BOMBA DE AGUA DE COLA No 1	HA1-OBM01
TANQUE DE AGUA DE COLA No 1	HA1-OTN01
BOMBA DE AGUA DE COLA No 2	HA1-OBM02
TANQUE DE AGUA DE COLA No 2	HA1-OTN02
DECANTER	HA0-ODC01
BOMBA DE AGUA DECANTADA	HA1-OBM03
CENTRÍFUGA No 1	HA1-OCS01
CENTRÍFUGA No 2	HA1-OCS02
BOMBA DE ACEITE DE PESCADO	HA1-OBM04
TANQUE DE ACEITE DE PESCADO	HA1-OTN03
TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACEITE DE PESCADO	HA1-OTN04
BOMBA DE ALIMENTACIÓN CARROTANQUES	HA1-OBM05

Tabla 1. Códigos de los equipos

5.2. Formato de hoja de vida

Una hoja de vida de equipos es un documento físico o electrónico que contiene los datos y características más importantes de los equipos, y sirve no sólo para la identificación de estos, sino también para registrar otros datos importantes, como fabricante, proveedor, mantenimiento asociado, entre otros. Además de lo anterior, la hoja de vida puede registrar información de eventos concernientes a los equipos y a la hoja de vida misma, convirtiéndose en el eje principal de registro de las operaciones de mantenimiento y las modificaciones realizadas. De acuerdo con lo anterior, se diseñó un formato de hoja de vida que incluye los siguientes datos:

- Encabezado (ver **figura 3**):
 - Código del equipo
 - Versión de hoja de vida
 - Fecha de la versión

NOMBRE DE LA EMPRESA	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS - PLANTA HARINA	CÓDIGO 0 VERSIÓN FECHA
----------------------	--	-----------------------------------

Figura 3. Encabezado hoja de vida de equipos.

- Datos del equipo (ver **figura 4**)
 - Nombre del equipo
 - Código
 - Ubicación
 - Marca
 - Modelo
 - Referencia
 - Serie
 - Imagen o esquema funcional
 - Componentes
 - Output
 - Voltaje
 - Consumo
 - Cuenta con manual

NOMBRE DEL EQUIPO					
CÓDIGO				UBICACIÓN	
MARCA			REFERENCIA		
MODELO			SERIE		
IMAGEN O ESQUEMA FUNCIONAL					
COMPONENTES					
OUTPUT		VOLTAJE		CONSUMO	
CUENTA CON MANUAL					

Figura 4. Datos del equipo - hoja de vida de equipos.

- Datos del proveedor del equipo (ver **figura 5**)
 - Nombre del proveedor
 - Dirección
 - Fecha de adquisición

NOMBRE DEL PROVEEDOR			
DIRECCIÓN		FECHA DE ADQUISICIÓN	

Figura 5. Datos del proveedor - hoja de vida de equipos.

- Datos básicos de mantenimiento preventivo (ver **figura 6**)
 - Actividad
 - Periodicidad

DESCRIPCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO	
ACTIVIDAD	PERIODICIDAD

Figura 6. Datos del proveedor - hoja de vida de equipos.

Además de los datos anteriores, cada hoja de vida electrónica contiene tres formatos más dedicados al seguimiento de actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y control de cambios, que se expondrán en el apartado de herramientas de seguimiento.

6. ELEMENTOS DE ANÁLISIS

6.1. Datos de disponibilidad de los equipos disponibles

El seguimiento de la disponibilidad, fallas y tiempos de falla de los equipos se adelantó desde septiembre de 2008 hasta junio de 2009, de manera casi constante, por medio de un formato que incluía los siguientes datos (*figura 7*):

- Fecha
- Equipo
- Horas trabajadas
- Fallas
- MTTR
- Observaciones

SEATECH INTERNATIONAL INC.
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

FECHA		
DIA	MES	AÑO

PLANTA HARINA
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

EQUIPO	HORAS TRAB/DIA	FUNCIONAMIENTO	
		TIPO DE FALLA	MTTR
TORNILLO No 1			
TORNILLO No 2			
COCINADOR			
TORNILLO No 3			
PRENSA			
DECANTER			
CENTRIFUGA No 1			
CENTRIFUGA No 2			
TORNILLO No 4			
TORNILLO No 5			
TORNILLO No 6			
SECADOR No 1			
SECADOR No 2			
SECADOR No 3			
TORNILLO No 7			
TORNILLO No 8			
MOLINO			
TORNILLO No 9			
OBSERVACIONES			

Figura 7. Formato antiguo de disponibilidad de equipos

El análisis de estos datos fue cuidadosamente observado para determinar las necesidades específicas del plan de mantenimiento a diseñar, de acuerdo con el estado de la planta, que se refleja a su vez en estos datos.

Los resultados del análisis de estos datos que se presentan a continuación, incluyen información acerca de los equipos principales de la planta, siendo estos:

- Tornillos No 1-No 9
- Cocinador
- Prensa
- Decanter
- Centrífugas No 1 y No 2
- Secadores No 1, No 2 y No 3
- Molino

6.2. Disponibilidad de los equipos

Por ser esta una planta cuyo volumen de material a procesar y producción depende del scrap que se genera en otro proceso, el nivel de disponibilidad de los equipos se calculó teniendo en cuenta la capacidad de procesamiento de cada equipo por separado, pero poniendo como tope la capacidad de la planta como un todo. Esto es, 30 TON en total de capacidad de procesamiento⁵, que están en capacidad de producir, según las proposiciones estimadas por la FAO⁶, 6,36 TON de harina de pescado (21,2%) y 3,24 TON de aceite (10,8%).

Para el cálculo de los elementos de análisis se usaron los siguientes supuestos:

- La disponibilidad esperada de los equipos se extrajo de los datos de disponibilidad que se encontraban en la planta, siendo en cada caso el tiempo mayor de operación registrado en cualquier momento.
- El output esperado se calculó dividiendo la producción diaria esperada entre el número de horas que el equipo debe trabajar.
- La disponibilidad real de los equipos se calculó tomando el promedio de horas trabajadas por equipo.

⁵ Según datos de producción.

⁶ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO. *Sistema de Información de recursos del pienso*. Documento en web <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/332.HTM>.

- La disponibilidad porcentual está basada en los valores de disponibilidad esperada y la disponibilidad real.
- Los cálculos están basados en un período de observación de 85 días.

A continuación se presenta el cálculo tipo, para el primer equipo relacionado en la **tabla 2**, el TORNILLO No 1:

- Disponibilidad esperada: **10 horas**. De los datos de disponibilidad de equipos extraídos del formato de control, se toma el valor mayor registrado, que es además el más común, lo que indica el número de horas que se espera que el equipo opere bajo condiciones normales. La **Figura 8** muestra un extracto de los datos filtrados de disponibilidad.

190	19/12/2008	TORNILLO No 1	4,5
208	01/06/2009	TORNILLO No 1	10
226	02/06/2009	TORNILLO No 1	10
244	03/06/2009	TORNILLO No 1	10
262	04/06/2009	TORNILLO No 1	10
280	05/06/2009	TORNILLO No 1	10
298	08/06/2009	TORNILLO No 1	10
316	09/06/2009	TORNILLO No 1	10
334	10/06/2009	TORNILLO No 1	10
352	11/06/2009	TORNILLO No 1	10
370	12/06/2009	TORNILLO No 1	10
388	16/06/2009	TORNILLO No 1	8
406	17/06/2009	TORNILLO No 1	8
424	18/06/2009	TORNILLO No 1	10
442	19/06/2009	TORNILLO No 1	8

Figura 8. Muestra de disponibilidad esperada TORNILLO No 1.

- Disponibilidad real: **6,95 horas**. Se calculó el promedio en la misma hoja con los datos filtrados. Se usó una fórmula de promedio condicional, usando como parámetro el nombre del equipo en todo el rango de los datos. La fórmula de cálculo se encuentra en la **Figura 9**.

Excel formula bar: `=PROMEDIO.SI(Hoja1!B2:B1531;B4;Hoja1!C2:C1531)`

Formula: `PROMEDIO.SI(rango; criterio; [rango_promedio])`

EQUIPO	OUTPUT (TON)	DISPONIBILIDAD (horas)		
		ESPERADA	REAL	PORCENTUAL
TORNILLO No 1	0,64	10	=PROMEDIO.SI	71,8%

Figura 9. Fórmula de cálculo para disponibilidad real en horas

- Output: **3 toneladas/hora**. Se calculó con la producción diaria esperada para el equipo y la disponibilidad esperada. El TORNILLO No 1, por ser el primer elemento de la línea, debe procesar la totalidad del material que entra diariamente, esto son 30 toneladas, y debe trabajar 10 horas diarias según los datos anteriores. La fórmula de cálculo se muestra en la **figura 10**.

EQUIPO	OUTPUT (TON/hora)	DISPONIBILIDAD (horas)		
		ESPERADA	REAL	PORCENTUAL
TORNILLO No 1	=30/D4	10	7,18	71,8%

Figura 10. Fórmula de cálculo para output en TON/hora

- Disponibilidad porcentual: **71,8%**. Disponibilidad real sobre disponibilidad esperada. La fórmula de cálculo se muestra en la **figura 11**.

EQUIPO	OUTPUT (TON/hora)	DISPONIBILIDAD (horas)		
		ESPERADA	REAL	PORCENTUAL
TORNILLO No 1	3,00	10	7,18	=E4/D4

Figura 11. Fórmula de cálculo para disponibilidad porcentual

En análisis de los datos (**Tabla 2, figura 12**) se destacan tres aspectos principales:

- Los niveles más bajos de disponibilidad se encuentran en el conjunto de procesamiento de aceite de pescado y agua de colada (centrífugas 1 y 2, decanter).
- El set de secadores presenta los datos de disponibilidad más bajos dentro del proceso de harina.

- Las disponibilidades más bajas fueron de 34% para el sistema de separación del aceite (centrífuga 1) y de 51% para el sistema de producción de harina (secador 3).

EQUIPO	OUTPUT (TON/hora)	DISPONIBILIDAD (horas)		
		ESPERADA	REAL	PORCENTUAL
TORNILLO No 1	3,00	10	7,18	71,8%
TORNILLO No 2	3,00	10	8,05	80,5%
COCINADOR	2,73	11	8,08	73,5%
TORNILLO No 3	3,00	10	8,04	80,4%
PRENSA	2,73	11	8,10	73,7%
DECANTER	0,53	12	7,13	59,4%
CENTRIFUGA No 1	0,35	18	6,15	34,2%
CENTRIFUGA No 2	0,35	18	7,92	44,0%
TORNILLO No 4	0,64	10	8,06	80,6%
TORNILLO No 5	0,64	10	8,07	80,7%
TORNILLO No 6	0,64	10	8,13	81,3%
SECADOR No 1	0,45	14	9,66	69,0%
SECADOR No 2	0,45	14	10,67	76,2%
SECADOR No 3	0,45	14	7,23	51,7%
TORNILLO No 7	0,53	12	8,04	67,0%
TORNILLO No 8	0,53	12	8,49	70,7%
MOLINO	0,53	12	9,36	78,0%
TORNILLO No 9	0,53	12	9,35	77,9%
PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA				69,5%

Tabla 2. Disponibilidad de los equipos de planta

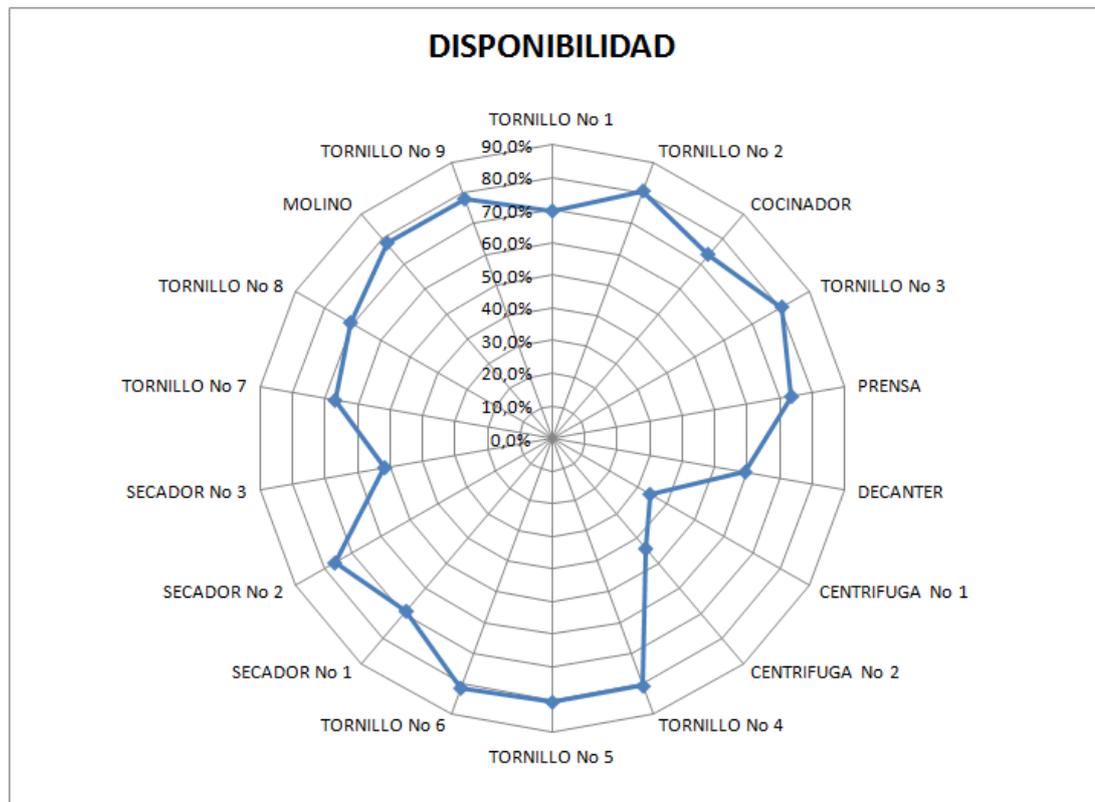


Figura 12. Disponibilidad de equipos de planta

Además de estos resultados, deben tenerse en cuenta dos aspectos claves para analizar la información resultante:

- Los datos pertenecientes a equipos que son stand-by, y que por tanto no operan permanentemente (centrífuga 2, secador 3).
- La necesidad de asociar tiempo a los costos, por cuanto las pérdidas económicas asociadas a fallas pueden ser más grandes (o más pequeñas) en diferentes equipos, aún con tiempos iguales de falla

6.3. Impacto económico

Para el análisis del impacto económico de las fallas se realizaron los siguientes cálculos:

- El tiempo en falla registrado se calculó usando una suma condicionada, tomando como parámetro el nombre del equipo, en el rango completo de los datos de disponibilidad, y sumando los valores registrados de MTTR. La fórmula de cálculo del tiempo en falla registrado para el TORNILLO No 6, que registra **3,5 horas** se encuentra en la **figura 13**.

EQUIPO	TIEMPO EN FALLA (horas)		COSTO REGISTRADO (USD)	
	REGISTRADO	SEGÚN OPERACIÓN	HARINA	ACEITE
TORNILLO No 6		=SUMAR.SI(Hoja1!B12:B1541;B4;Hoja1!E12:E1541)		\$ 1.087,18
TORNILLO No 5		SUMAR.SI(rango; criterio; [rango_suma])	17 \$ 11.482,87	\$ 4.038,08

Figura 13. Fórmula de cálculo para tiempo en falla registrado, TORNILLO No 6.

- El tiempo en falla según datos de operación para el TORNILLO No 6 es de **159.15 horas**. Este tiempo se calculó restando la suma de horas disponibles del equipo – que a su vez se calculó con una suma condicionada, tomando como parámetro el nombre del equipo en el rango de los datos de disponibilidad – del tiempo ideal de trabajo en los 85 días registrados, resultado de multiplicar la disponibilidad esperada por el número de días del seguimiento. Este tiempo muestra el impacto real de la inoperatividad del equipo sobre la producción, de una manera más amplia que el indicador anterior. La fórmula de cálculo se muestra en la **figura 14**.

EQUIPO	TIEMPO EN FALLA (horas)		COSTO REGISTRADO (USD)	
	REGISTRADO	SEGÚN OPERACIÓN	HARINA	ACEITE
TORNILLO No 6	3,50	=DISPONIBILIDAD!D14*85-SUMAR.SI(Hoja1!B12:B1541;B4;Hoja1!C12:C1541)		

Figura 14. Fórmula de cálculo para tiempo en falla según operación, TORNILLO No 6.

- El costo registrado se calculó por separado para la producción de harina y para la producción de aceite, según el impacto del equipo en uno u otro proceso. El costo registrado es el resultado de la multiplicación del precio de mercado del producto, la disponibilidad del equipo y el tiempo en falla. Los precios de mercado de los dos productos de la planta se registran en la **tabla 3** y la fórmula de cálculo está en la **figura 15**

Mes	HARINA	ACEITE
jun-10	\$ 1.817,13	\$ 1.215,12
jul-10	\$ 1.705,03	ND
ago-10	\$ 1.673,83	ND
sep-10	\$ 1.632,19	\$ 1.112,40
oct-10	\$ 1.666,66	\$ 1.150,45

Tabla 3. Precios harina y aceite de pescado, USD por Tonelada FOB⁷

EQUIPO	TIEMPO EN FALLA (horas)		COSTO REGISTRADO (USD)	
	REGISTRADO	SEGÚN OPERACIÓN	HARINA	ACEITE
TORNILLO No 6	3,50	159,15	=C4*1666,6*BUSCARV(B4;DISPONIBILIDAD!\$B\$4:\$C\$21;2;FALSO)	

Figura 15. Fórmula de cálculo para costo registrado, TORNILLO No 6.

Los resultados de los cálculos para los equipos se encuentran en la **tabla 4**

EQUIPO	TIEMPO EN FALLA (horas)		COSTO REGISTRADO (USD)	
	REGISTRADO	SEGÚN OPERACIÓN	HARINA	ACEITE
TORNILLO No 6	3,50	159,15	\$ 3.709,85	\$ 1.087,18
TORNILLO No 5	13,00	164,17	\$ 13.779,45	\$ 4.038,08
TORNILLO No 2	0,50	165,67	\$ 2.499,90	\$ 155,31
TORNILLO No 3	0,00	166,67	\$ -	\$ -
TORNILLO No 4	1,00	172,67	\$ 1.059,96	\$ 310,62
MOLINO	57,50	224,25	\$ 50.789,64	\$ 17.860,74
TORNILLO No 9	3,00	225,67	\$ 2.649,89	\$ 931,86
PRENSA	48,00	246,17	\$ 42.398,30	\$ 14.909,83
COCINADOR	0,00	248,17	\$ -	\$ -
TORNILLO No 1	4,50	239,92	\$ 3.974,84	\$ 1.397,80
SECADOR No 2	1,00	283,00	\$ 883,30	\$ 310,62
TORNILLO No 8	2,50	298,42	\$ 2.208,25	\$ 776,55
TORNILLO No 7	0,00	337,00	\$ -	\$ -
SECADOR No 1	31,33	369,00	\$ 27.676,67	\$ 9.732,81
SECADOR No 3	3,00	597,00	\$ 2.649,89	\$ 931,86
DECANTER	4,75	414,00	\$ -	\$ 1.475,45
CENTRIFUGA No 2	8,00	856,50	\$ -	\$ 2.484,97
CENTRIFUGA No 1	44,00	1007,00	\$ -	\$ 13.667,35
			\$ 68.650,37	
			COSTO REGISTRADO	

Tabla 4. Costos asociados a fallas.

Según los datos anteriores:

- El mayor impacto económico está en las fallas de molino y prensa.

⁷ Datos del FONDO MONETARIO INTERNACIONAL, mes de octubre de 2010, USD por TON FOB.

- Los tiempos de falla registrados corresponden a un período de 85 días. Según esto las pérdidas anuales subirían hasta USD \$294.792, lo que corresponde a un 5,716% de las ventas brutas.
- Los costos, calculados sólo con las fallas y los tiempos registrados, pueden ser potencialmente mucho más altos si se consideran los registros de tiempo de operación. Los costos registrados en la tabla pueden ser considerados entonces como una muestra del valor unitario de cada equipo.

Al tomar en cuenta el impacto de los tiempos reales de producción, más allá de los tiempos de falla registrados, resalta la importancia de los tiempos no operativos por fallas, que de acuerdo con los registros llegan a ser significativamente más altos para algunos equipos que no representa un costo unitario asociado a falla muy elevado. Esto se verá más claramente a continuación.

6.4. Tiempos en falla y equipos críticos

La **figura 16** muestra una relativa uniformidad con respecto a los tiempos en falla por equipos de acuerdo con el total. Para darle validez al análisis, es necesario retirar los equipos stand-by (secador 3 únicamente) de los gráficos de distribución. Llegamos a las **figuras 17 y 18**.

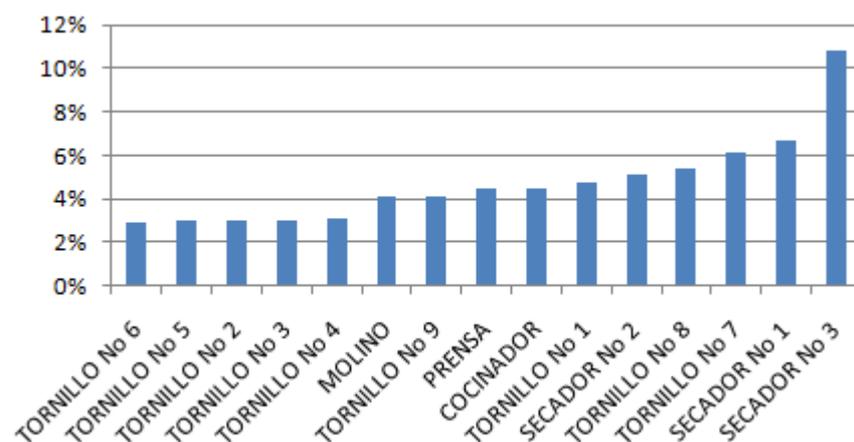


Figura 16. Aporte a los tiempos totales de falla por equipos - harina

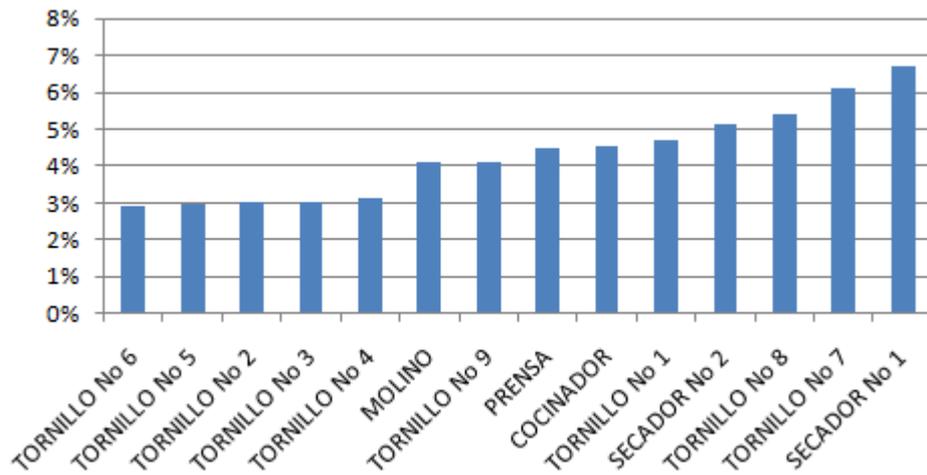


Figura 17. Aporte a los tiempos de falla por equipos (sin STDBY) – harina

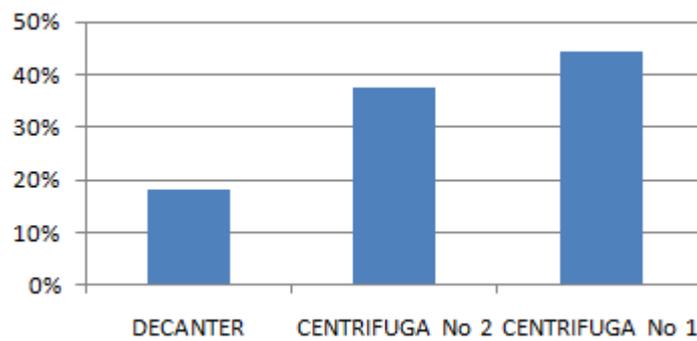


Figura 18. Aporte a los tiempos de falla por equipos (sin STDBY) - aceite

Si los problemas que presentan los equipos son el resultado de la ausencia de las actividades de mantenimiento preventivo, es natural llegar a la conclusión de que las consecuencias de esta falta la sufran de igual manera equipos del mismo tipo, por lo que los datos se pueden resumir, en última instancia, según el tipo de equipo, el cual, salvo pequeñas excepciones que se puedan presentar agrupa todos los similares en cuanto a actividades y consideraciones en el plan de mantenimiento. La **tabla 5** y las **figuras 19 y 20** son el resultado de esta compresión.

EQUIPO	TIEMPO EN FALLA (horas)		APORTE	HARINA
	REGISTRADO	SEGÚN OPERACIÓN		
MOLINO	57,5	224,3	5,8%	
PRENSA	48,0	246,2	6,3%	
COCINADOR	0,0	248,2	6,4%	
SECADORES	35,33	1249,00	32,1%	
TORNILLOS	28,0	1929,3	49,5%	

DECANTER	4,8	414,0	18,2%	ACEITE
CENTRÍFUGAS	52,0	1863,5	81,8%	

Tabla 5. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo

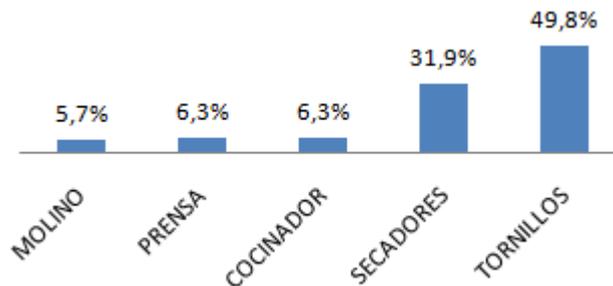


Figura 19. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo– harina

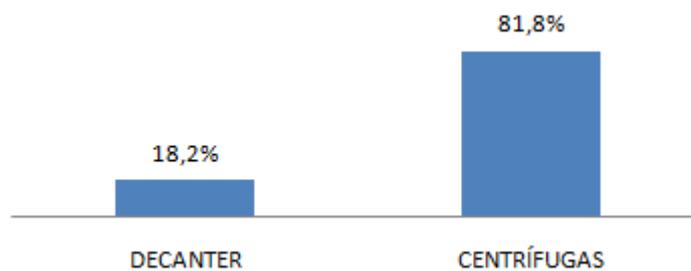


Figura 20. Aporte a los tiempos de falla por tipo de equipo– aceite

El propósito del siguiente paso es demostrar, tomando el caso de mayor incidencia (tornillos) en la producción principal de planta (harina), las amplias diferencias que existen entre los índices que registran los manuales de mantenimiento, y los datos de disponibilidad de equipos.

6.5. Indicadores – tornillos

Para este análisis se utilizaron los datos de fallas disponibles, tal y como fueron registrados en los formatos de control de disponibilidad de equipos, sin modificarlos. Estos datos se muestran en la **tabla 6**.

FALLAS REGISTRADAS - TORNILLOS				
FECHA	FALLA	MTTR (HORAS)	ELEMENTO	MTBF (DÍAS)
15/09/2008	CADENA DE REDUCTOR FORZADA	1	MOTORREDUCTOR	0
16/09/2008	DAÑO EJE REDUCTOR	2,5	MOTORREDUCTOR	1
25/09/2008	SE SALIÓ EL SPROCKET	0,333333333	MOTORREDUCTOR	9
06/10/2008	SE COLOCÓ TORNILLO PASADOR	0,1666667	CUERPO DEL TORNILLO	0
21/10/2008	CAMBIO DE TAPA DELANTERA	2	TAPAS INICIAL Y FINAL	0
23/10/2008	TENSIÓN DE CADENA	0,5	MOTORREDUCTOR	28
13/11/2008	JUEGO RADIAL REDUCTOR	1	MOTORREDUCTOR	21
18/11/2008	FALLA PASADOR Y RODAMIENTOS	0,5	MOTORREDUCTOR	5
18/11/2008	FALLA RODAMIENTOS	0,5	CHUMACERAS	0
19/11/2008	CAMBIO RODAMIENTO Y PASADORES	4	CHUMACERAS	1
20/11/2008	CAMBIO REDUCTOR	3	MOTORREDUCTOR	2
21/11/2008	FRENADA. ASPAS ROZAN LA CARCASA	2	MOTOR	0
24/11/2008	RUIDO EN REDUCTOR. JUEGO EJE.	1	MOTORREDUCTOR	4
26/11/2008	CAMBIO BASE DEL REDUCTOR	5	MOTORREDUCTOR	2
16/12/2008	SE COLOCÓ TAPA	1	TAPAS INICIAL Y FINAL	56
18/06/2009	SE COLOCÓ CADENA	0,5	MOTORREDUCTOR	0
14/12/2008	CAMBIO RODAMIENTO	1	CHUMACERAS	25
01/07/2009	REPARACIÓN SIN FIN ROTO	4	CUERPO DEL TORNILLO	268

Tabla 6. Fallas registradas para tornillos (sic).

Con base en los datos anteriores, se realizaron los siguientes cálculos:

- Tiempo total en falla: se calculó usando una suma condicionada, con el nombre de equipo como parámetro en el rango de los datos de fallas registradas en la **tabla 6**. La fórmula de cálculo se encuentra en la **figura 21**.

TAPAS INICIAL Y FINAL	3,00	10,00%	1,50	0,50	28,00	90
CUERPO DEL TORNILLO	=SI.ERROR(SUMAR.SI(\$E\$5:\$E\$22;H9;\$D\$5:\$D\$22);0)					90
CHUMACERAS	SI.ERROR(valor; valor_si_error) %		1,83	1,00	8,67	90
MOTORREDUCTOR	15,33	51,11%	1,53	2,00	7,20	90

Figura 21. Fórmula de cálculo para tiempo en falla, TORNILLOS

- El porcentaje de aporte se tomó como el tiempo en falla del componente sobre el total del tiempo de falla. La fórmula de cálculo se encuentra en la **figura 22**.

TAPAS INICIAL Y FINAL	3,00	10,00%	1,50	0,50	28,00	90
CUERPO DEL TORNILLO	4,17	=I9/SUMA(\$I\$5:\$I\$11)			134,00	90
CHUMACERAS	5,50	SUMA(número1; [número2]; ...)			8,67	90
MOTORREDUCTOR	15,33	51,11%	1,53	2,00	7,20	90

Figura 22. Fórmula de cálculo para porcentaje de tiempo en falla, TORNILLOS

- El tiempo medio para recuperar se calculó con el promedio de los tiempos de recuperación de las fallas asociadas a cada uno de los elementos, con una fórmula de promedio condicionado. La fórmula de cálculo se encuentra en la **figura 23**.

TIPO DE FALLA	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (DÍAS)	PROPORCIÓN DE FALLAS (%)	TIEMPO MEDIO DE RECUPERACIÓN (DÍAS)	TIEMPO ACUMULADO (DÍAS)
TAPAS INICIAL Y FINAL	3,00	10,00%	1,50	28,00
CUERPO DEL TORNILLO	4,17	13,89%	=SI.ERROR(PROMEDIO.SI(\$E\$5:\$E\$22;H9;\$D\$5:\$D\$22);0)	
CHUMACERAS	5,50	18,33%	1,83	8,67
MOTORREDUCTOR	15,33	51,11%	SI.ERROR(valor; valor_si_error)	

Figura 23. Fórmula de cálculo para MTTT, TORNILLOS

- El tiempo medio entre fallas se calculó con el promedio de los tiempos entre las fallas asociadas a cada uno de los elementos, con una fórmula de promedio condicionado. La fórmula de cálculo se encuentra en la **figura 24**.

TIPO DE FALLA	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (DÍAS)	PROPORCIÓN DE FALLAS (%)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (DÍAS)	TIEMPO ACUMULADO (DÍAS)
TAPAS INICIAL Y FINAL	3,00	10,00%	1,50	28,00
CUERPO DEL TORNILLO	4,17	13,89%	=SI.ERROR(PROMEDIO.SI(\$E\$5:\$E\$22;H9;\$F\$5:\$F\$22);0)	
CHUMACERAS	5,50	18,33%	1,83	
MOTORREDUCTOR	15,33	51,11%	1,53	SI.ERROR(valor; valor_si_error)

Figura 24. Fórmula de cálculo para MTBF, TORNILLOS

Los datos de la **tabla 7**, que son el resultado del análisis de las fallas de acuerdo con el elemento en el que se presentan muestran los siguientes particulares, según los datos y lo que se ilustra en la **figura 25**:

- Más del 50% del tiempo en falla se gasta en fallas asociadas a los motorreductores.
- Los tiempos medios entre falla son ostensiblemente bajos, siendo el caso de los motorreductores el más sensible, nuevamente.
- Los resultados del análisis muestran sin duda que el estado de los equipos es incipiente. Si bien los tiempos de recuperación estimados son bajos, el tiempo acumulado en fallas es muy alto por la gran cantidad de fallas que se presentan.
- Es clara la diferencia entre los indicadores de mantenimiento derivados de los manuales de datos de confiabilidad offshore, y los datos extraídos de la información disponible de los equipos, y en algunos casos es excesivamente grande la diferencia, como en el caso del tiempo medio entre fallas de los motorreductores, apenas 7,2 días.

- Se puede decir que, en términos generales, dada la poca diferencia entre los tiempos de recuperación de falla provenientes de los manuales y los reales – al menos en comparación con las diferencias en los tiempos medios entre fallas –, los costos asociados a fallas responden más a la frecuencia de ocurrencia de éstas que a la capacidad del equipo de mantenimiento para solucionar los problemas que se presentan.

ELEMENTO	TIEMPO EN FALLA (horas)	%	MTTR (HORAS)	MTBF (DÍAS)
GUARDA CADENA REDUCTOR	0,00	0,00%	0,00	0,00
ESTACIÓN DE MANDO	0,00	0,00%	0,00	0,00
MOTOR	2,00	6,67%	2,00	0,00
TAPAS INICIAL Y FINAL	3,00	10,00%	1,50	28,00
CUERPO DEL TORNILLO	4,17	13,89%	2,08	134,00
CHUMACERAS	5,50	18,33%	1,83	8,67
MOTORREDUCTOR	15,33	51,11%	1,53	7,20

Tabla 7. Fallas registradas por elementos – tornillos.

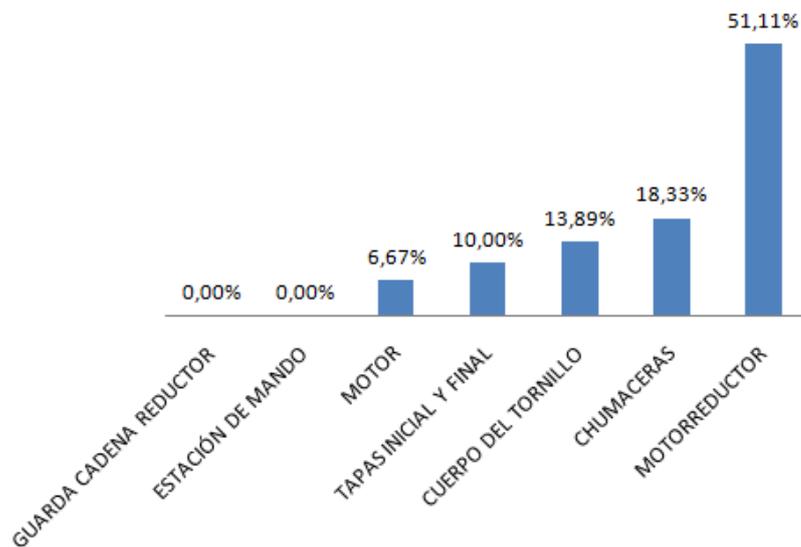


Figura 25. Fallas registradas por elementos – tornillos.

7. PLAN DE MANTENIMIENTO⁸

Antes de iniciar con la presentación del plan de mantenimiento, evaluemos el estado general de la planta de acuerdo a lo expuesto hasta ahora:

- Las acciones de mantenimiento que se realizan hasta la fecha son puramente correctivas y reactivas, no se planifica nada.
- No existe registro alguno de las actividades: el formato de disponibilidad de equipos que se llevaba como control fue usado por última vez en julio del año 2009.
- Los costos debidos a fallas son más del 5,5 % de la producción bruta.

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento propuesto y desarrollado como resultado principal de este proyecto, equipo por equipo.

7.1. Tornillo No 1 (HA2-OTR01)

Este tornillo es el encargado de recibir y transportar en primera instancia el scrap que ingresa a la planta.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 1	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	OP	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 8. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 1

7.2. Tornillo No 2 (HA2-OTR02)

Este tornillo es el encargado de elevar y transportar el scrap hacia la tolva de carga del cocinador.

Actividades de mantenimiento

⁸ ISO 14224:2006, OREDA 2002

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO
						HORAS	RESPONSABLE
TORNILLO 2	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 9. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 2

7.3. Cocinador (HA2-OCO01)

Se encarga de cocinar el scrap durante 15 minutos por medio de vapor indirecto para ayudar a separar la grasa y la humedad de la materia prima.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO
						HORAS	RESPONSABLE
COCINADOR	Tornillo sin fin	Revisión cualitativa de estado de eje y tornillos	TI	4	2	1	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB02 (Ver tabla lubricantes)	TI	4	2	1	MC
	Reductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	4	2	2	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	2	EL
	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	OP	3	3	16	MM
	Acoples	Revisar alineación y cadena transmisión	TI	1	1	0,5	MC
	Arrancador - mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Revisar enclavamiento. Limpieza general	TI	2	1	0,5	EL
	Red de vapor	Revisión cualitativa de integridad. Corregir fugas.	TI	3	3	2	MM

Tabla 10. Actividades de mantenimiento preventivo – Cocinador

7.4. Tornillo No 3 (HA2-OTR03)

Este tornillo es el encargado de transportar la materia prima cocinada del cocinador hacia la prensa.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 3	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 11. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 3

7.5. Prensa (HA2-OPR01)

Este equipo está diseñado para la compactación, deshidratación y transporte de la materia prima que sale del cocinador. Esta tarea se realiza por medio de dos tornillos sin fin que nos proporcionan el transporte y la presión necesaria para comprimir la materia cocinada.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
PRENSA	Caja de transmisión	Revisión cualitativa de estado.	TD	12	1	24	MC
	Caja de transmisión	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	2	2	MC
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	2	2	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	2	MC
	Acoples	Revisar alineación y cadena transmisión	TI	1	1	0,5	MC
	Arrancador - mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Revisar enclavamiento. Limpieza general	TI	2	1	0,5	EL
	Prensa	Revisión de estado cualitativa de los tornillos sin fin. Revisión de rodamientos. Lubricación: LUB02 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	1	4	MC

Tabla 12. Actividades de mantenimiento preventivo – Prensa

7.6. Tornillo No 4 (HA0-OTR04)

Tornillo encargado de recibir y transportar la torta prensada hacia el tornillo 5.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 4	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 13. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 4

7.7. Tornillo No 5 (HA0-OTR05)

Este tornillo se encarga de elevar y transportar la torta prensada hacia el tornillo 6.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 5	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 14. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 5

7.8. Secador No 1 (HA0-OSC01)

Equipo encargado de extraer toda la humedad restante en la torta prensada. Este proceso se realiza por medio de vapor, el cual calienta la camisa que a su vez calienta la torta y evapora la humedad.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
SECADOR 1	Guarda cadena	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	6	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL
	Sistema de vapor	Revisión cualitativa de estado. Prueba de válvulas de seguridad y regulación	TI	4	2	2	MC
	Cuerpo	Revisión estado de aletas.	TD	2	1	4	MC
	Prensaestopas	Revisión cualitativa y ajuste de estado del cordón.	TI	4	1	2	MC

Tabla 15. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 1

7.9. Secador No 2 (HA0-OSC02)

Equipo encargado de extraer toda la humedad restante en la torta prensada. Este proceso se realiza por medio de vapor, el cual calienta la camisa que a su vez calienta la torta y evapora la humedad.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
SECADOR 2	Guarda cadena	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	6	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL
	Sistema de vapor	Revisión cualitativa de estado. Prueba de válvulas de seguridad y regulación	TI	4	2	2	MC
	Cuerpo	Revisión estado de aletas.	TD	2	1	4	MC
	Prensaestopas	Revisión cualitativa y ajuste de estado del cordón.	TI	4	1	2	MC

Tabla 16. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 2

7.10. Secador No 3 (HA0-SSC03)

Equipo encargado de extraer toda la humedad restante en la torta prensada. Este proceso se realiza por medio de vapor, el cual calienta la camisa que a su vez calienta la torta y evapora la humedad. (Equipo en stand-by).

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
SECADOR 3	Guarda cadena	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	6	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL
	Sistema de vapor	Revisión cualitativa de estado. Prueba de válvulas de seguridad y regulación	TI	4	2	2	MC
	Cuerpo	Revisión estado de aletas.	TD	2	1	4	MC
	Prensaestopas	Revisión cualitativa y ajuste de estado del cordón.	TI	4	1	2	MC

Tabla 17. Actividades de mantenimiento preventivo – Secador No 3

7.11. Tornillo No 6 (HA0-OTR06)

Es el tornillo encargado de transportar la torta hacia las tolvas de carga de los secadores.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 6	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 18. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 6

7.12. Tornillo No 7 (HA0-OTR07)

Es el tornillo encargado de recibir el material seco que sale de las tolvas de descarga de los secadores, y transportarlo hacia el tornillo ocho.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 7	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 19. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 7

7.13. Tornillo No 8 (HA0-OTR08)

Este tornillo es el encargado de elevar y transportar el material seco hacia el molino.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 8	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 20. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 8

7.14. Molino No 1 (HA0-OML01)

Este equipo es el encargado de moler la materia para transformarla en harina.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
MOLINO No 1	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL
	Molino	Balanceo dinámico	TD	6	1	6	MC
	Mallas y martillos	Revisión cualitativa de estado	TI	1	1	1	MC
	Acoples	Revisar alineación y cadena transmisión	TI	1	1	0,5	MC

Tabla 21. Actividades de mantenimiento preventivo – Molino No 1

7.15. Molino No 2 (HA0-SML02)

Este equipo es el encargado de moler la materia para transformarla en harina. (Equipo en stand-by).

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
MOLINO No 2	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL
	Molino	Balaceo dinámico	TD	6	1	6	MC
	Mallas y martillos	Revisión cualitativa de estado	TI	1	1	1	MC
	Acoples	Revisar alineación y cadena transmisión	TI	1	1	0,5	MC

Tabla 22. Actividades de mantenimiento preventivo – Molino No 2

7.16. Tornillo No 9 (HA0-OTR09)

Es el encargado de transportar la harina hacia la tolva de descargue para ser empacada en sacos de cincuenta kilos.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TORNILLO 9	Guarda cadena reductor	Cambio de guardacadenas	TI	18	3	16	MM
	Motorreductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	2	2	MC
	Cuerpo tornillo y tapas	Revisión de anclaje. Revisión cualitativa estado de láminas. Revisión estado de tapas.	TI	3	3	0,5	MM
	Rodamientos	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	3	3	1	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Tapas	Cambio de tapas. Instalación de ángulo soporte.	TI	4	3	0,5	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	3	0,5	EL

Tabla 23. Actividades de mantenimiento preventivo – Tornillo No 9

7.17. Bomba de agua de cola No 1 (HA1-OBM01)

Se encarga de bombear todo el liquido (Agua de Cola) que se extrae en el prensado. Este liquido es bombeado hacia el tanque de almacenamiento numero uno.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
BOMBA DE AGUA DE COLA No 1	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado del elastómero	TI	4	1	3	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	4	2	0,5	EL
	Bomba	Revisión de fugas. Revisión de estado cualitativo y evaluación de sellos y rodamientos	TI	4	1	4	MC

Tabla 24. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua de cola No 1

7.18. Tanque de agua de cola No 1 (HA1-OTN01)

En este tanque se almacena y calienta por medio de vapor directo el agua de cola que se extrae en el prensado.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO
						HORAS	RESPONSABLE
TANQUE DE AGUA DE COLA No 1	Cuerpo	Revisión cualitativa de estado. Corrección de fugas	TI	12	3	1	MC
	Estructura	Evaluación cualitativa de deterioro estructural. Refuerzo de zonas débiles.	TI	12	3	1	MC

Tabla 25. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de agua de cola No 1

7.19. Bomba de agua de cola No 2 (HA1-OBM02)

Se encarga de bombear todo el líquido (Agua de Cola) que se extrae en el prensado. Este líquido es bombeado hacia el tanque de almacenamiento número uno. (Esta en serie con la bomba número uno).

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO
						HORAS	RESPONSABLE
BOMBA DE AGUA DE COLA No 2	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado del elastómero	TI	4	1	3	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	4	2	0,5	EL
	Bomba	Revisión de fugas. Revisión de estado cualitativo y evaluación de sellos y rodamientos	TI	4	1	4	MC

Tabla 26. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua de cola No 2

7.20. Tanque de agua de cola No 2 (HA1-OTN02)

Este tanque almacena el líquido decantado, el cual está compuesto por aceite y agua, posteriormente se envía hacia la centrifuga número uno.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD -TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TANQUE DE AGUA DE COLA No 2	Cuerpo	Revisión cualitativa de estado. Corrección de fugas	TI	12	3	1	MC
	Estructura	Evaluación cualitativa de deterioro estructural. Refuerzo de zonas débiles.	TI	12	3	1	MC

Tabla 27. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de agua de cola No 2

7.21. Decanter (HA0-ODC01)

Este equipo se encarga de separar las partes solidas del agua de cola. Las partes solidas son reincorporadas al proceso en el tornillo número cuatro y el líquido se almacena en el tanque de agua de cola número dos.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD -TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
DECANTER	Rodamientos principales	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	0,5	1	1	MC
	Rodamientos tornillo	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	1	2	MC
	Reductor	Revisión nivel aceite. Evaluación cualitativa de estado. Lubricación: LUB01 (Ver tabla lubricantes)	TI	1	1	2	MC
	Reductor	Cambio total de aceite	TI	12	1	3	MC
	Reductor	Cambio de juntas eje principal	TI	6	1	8	MC
	Reductor	Cambio de rodamientos eje del piñón	TI	24	1	12	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	3	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado de los bloques de fricción	TI	6	1	3	MC
	Eje y mazas estriados	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TI	12	1	3	MC
	Correas	Comprobación de tensión. Reapriete. Revisión cualitativa de estado	TI	6	1	2	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	2	0,5	EL

Tabla 28. Actividades de mantenimiento preventivo – Decanter

7.22. Bomba de agua decantada (HA1-OBM03)

Este equipo se encarga de bombear el líquido que sale del decanter hacia el tanque de agua de cola No 2.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD -TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
BOMBA DE AGUA DECANTADA	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado del elastómero	TI	4	1	3	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	4	2	0,5	EL
	Bomba	Revisión de fugas. Revisión de estado cualitativo y evaluación de sellos y rodamientos	TI	4	1	4	MC

Tabla 29. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de agua decantada

7.23. Centrífuga No 1 (HA1-OCS01)

Este equipo empieza el proceso de separación del aceite de pescado del agua, por medio de la acción del centrifugado.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA HORAS	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
CENTRÍFUGA No 1	Mecanismo sin fin - corona	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TD	12	1	3	MC
	Tazón de separación	Revisión cualitativa general. Limpieza.	TD	3	1	2	MC
	Tazón de separación	Cambio de kit de mantenimiento intermedio.	TD	12	1	8	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	2	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	2	0,5	EL

Tabla 30. Actividades de mantenimiento preventivo – Centrífuga No 1

7.24. Centrífuga No 2 (HA1-OCS02)

Este equipo termina de separar el aceite de pescado del agua, quedando así un aceite 99.8% puro.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPORMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA HORAS	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
CENTRÍFUGA No 2	Mecanismo sin fin - corona	Revisión cualitativa. Lubricación: LUB04 (Ver tabla lubricantes)	TD	12	1	3	MC
	Tazón de separación	Revisión cualitativa general. Limpieza.	TD	3	1	2	MC
	Tazón de separación	Cambio de kit de mantenimiento intermedio.	TD	12	1	8	MC
	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	3	2	0,5	EL
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	3	2	0,5	EL

Tabla 31. Actividades de mantenimiento preventivo – Centrífuga No 2

7.25. Bomba de aceite de pescado (HA1-OBM04)

Esta bomba se encarga de impulsar el aceite de pescado hacia el tanque de almacenamiento situado en las afueras de la planta de harina.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
BOMBA DE ACEITE DE PESCADO	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado del elastómero	TI	4	1	3	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	4	2	0,5	EL
	Bomba	Revisión de fugas. Revisión de estado cualitativo y evaluación de sellos y rodamientos	TI	4	1	4	MC

Tabla 32. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de aceite de pescado

7.26. Tanque de aceite de pescado (HA1-OTN03)

Es el tanque utilizado para almacenar y dejar que se repose todo el aceite de pescado que se produce en la planta.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TANQUE DE ACEITE DE PESCADO	Cuerpo	Revisión cualitativa de estado. Corrección de fugas	TI	12	3	1	MC
	Estructura	Evaluación cualitativa de deterioro estructural. Refuerzo de zonas débiles.	TI	12	3	1	MC

Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de aceite de pescado

7.27. Tanque de almacenamiento aceite de pescado (HA1-OTN04)

Es el tanque utilizado para almacenar el aceite que va a ser bombeado a los camiones de distribución del producto.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD
 GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO
 DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACEITE DE PESCADO	Cuerpo	Revisión cualitativa de estado. Corrección de fugas	TI	12	3	1	MC
	Estructura	Evaluación cualitativa de deterioro estructural. Refuerzo de zonas débiles.	TI	12	3	1	MC

Tabla 34. Actividades de mantenimiento preventivo – Tanque de almacenamiento aceite de pescado

7.28. Bomba de Alimentación carrotanques (HA1-OBM05)

Es la bomba que impulsa el aceite de pescado almacenado a los carrotanques que distribuyen el producto.

Actividades de mantenimiento

CRITICIDAD: 1 - NO COMPROMETE PRODUCCIÓN NI SEGURIDAD, 2 - COMPROMETE PRODUCCIÓN, 3 - IMPLICA PARADA Y/O RIESGO DE SEGURIDAD

GRADOS DE DIFICULTAD: TI - TÉCNICO INTERNO, OP - OPERADOR, TD - TÉCNICO DESIGNADO EXTERNO

DEPARTAMENTOS: MM - METALMECÁNICO, MC - MECÁNICO, EL - ELÉCTRICO/ELECTRÓNICO

NOMBRE EQUIPO	PARTES	MANTENIMIENTO	GD	MTBF	CRIT	T PARADA	DEPARTAMENTO RESPONSABLE
						HORAS	
BOMBA DE ALIMENTACIÓN CARROTANQUES	Motor	Revisión de aislamiento. Ajuste de conexiones bornas. Revisión de tensión.	TI	4	2	0,5	EL
	Acoples	Revisar alineación y estado del elastómero	TI	4	1	3	MC
	Estación de mando	Revisión de sistemas de potencia y control. Limpieza general	TI	4	2	0,5	EL
	Bomba	Revisión de fugas. Revisión de estado cualitativo y evaluación de sellos y rodamientos	TI	4	1	4	MC

Tabla 35. Actividades de mantenimiento preventivo – Bomba de alimentación carrotanques

8. ELEMENTOS DE SEGUIMIENTO

Durante el desarrollo del presente proyecto, buscando responder a las necesidades futuras de la empresa en cuanto a control y seguimiento, se desarrollaron tres formatos únicos para cada equipo, que sirven como herramienta para verificar el estado de los equipos desde tres puntos de vista principales:

- Acciones correctivas
- Acciones preventivas
- Modificaciones a la hoja de vida

Los tres formatos desarrollados son anexos a las hojas de vida electrónicas de los equipos, y se pretende que sean alimentados a la par de las operaciones realizadas a los equipos, siguiendo los datos de acontecimientos, rutinas y/o bitácoras de mantenimiento y operaciones.

El encabezado común a los tres formatos contiene la siguiente información (*figura 26*):

- Nombre
- Código
- Ubicación
- Marca
- Referencia
- Modelo
- Serie

NOMBRE DE LA EMPRESA		HISTORIAL DE XXXXXXXXXXXXXXXX - EQUIPOS PLANTA HARINA					
NOMBRE DEL EQUIPO	0	CÓDIGO	0	UBICACIÓN	0		
MARCA	0	REFERENCIA	0	MODELO	0	SERIE	0

Figura 26. Encabezado formatos de seguimiento

Además de, esto, cada uno contiene campos relativos a su intención. Los formatos desarrollados son 3, a seguir.

8.1. Historial de mantenimiento preventivo

El objetivo de este control es proveer al ingeniero de mantenimiento y/o confiabilidad de una herramienta que le permita estar al tanto de la ejecución del plan de mantenimiento trazado, para propósitos de control y retroalimentación.

Contiene los siguientes campos (**Figura 27**):

- Fecha
- Actividad
- Nombre y Cargo del responsable
- Observaciones

NOMBRE DE LA EMPRESA		HISTORIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - EQUIPOS PLANTA HARINA					
NOMBRE DEL EQUIPO	0	CÓDIGO	0	UBICACIÓN	0		
MARCA	0	REFERENCIA	0	MODELO	0	SERIE	0
FECHA	ACTIVIDAD		NOMBRE, CARGO DEL RESPONSABLE		OBSERVACIONES		

Figura 27. Historial de mantenimiento preventivo

Se pretende que aquí sean registradas todas las operaciones que se realicen de acuerdo con las actividades estipuladas en el programa de mantenimiento, y sólo estas.

8.2. Historial de mantenimiento correctivo

El objetivo de este control es proveer al ingeniero de mantenimiento y/o confiabilidad de una relación de las acciones correctivas realizadas sobre los equipos, ya sean estas debidas a fallas o a requerimientos de operación o modificaciones, de manera que los datos registrados sirvan como herramienta para la evaluación de la efectividad del plan de mantenimiento trazado.

Este formato reviste una importancia especial dado el estado actual de la planta, debido a que va a ser la base para la retroalimentación necesaria para la evaluación de la efectividad del plan de mantenimiento.

Contiene los siguientes campos (**Figura 28**):

- Fecha

- Avería o falla
- Mantenimiento realizado
- Repuestos utilizados
- Nombre y cargo del responsable
- Observaciones

NOMBRE DE LA EMPRESA		HISTORIAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO - EQUIPOS PLANTA HARINA						
NOMBRE DEL EQUIPO		0		CÓDIGO	0	UBICACIÓN	0	
MARCA	0	REFERENCIA	0	MODELO	0	SERIE	0	
FECHA	AVERÍA O FALLA	MANTTO REALIZADO	REPUESTOS UTILIZADOS	NOMBRE, CARGO DEL RESPONSABLE	OBSERVACIONES			

Figura 28. Historial de mantenimiento correctivo

Se pretende que aquí sean registradas todas las operaciones que no hayan sido estipuladas en el programa de mantenimiento, y sólo estas.

8.3. Historial de modificaciones hoja de vida

El propósito de este formato es verificar la validez de la información registrada en la hoja de vida de equipo y en los controles de actividades preventivas y correctivas, esto con el fin de garantizar que la información que se usa para optimizar el plan de mantenimiento es correspondiente con los hechos y es registrada responsablemente.

NOMBRE DE LA EMPRESA		HISTORIAL DE MODIFICACIONES HOJA DE VIDA - EQUIPOS PLANTA HARINA						
NOMBRE DEL EQUIPO		0		CÓDIGO	0	UBICACIÓN	0	
MARCA	0	REFERENCIA	0	MODELO	0	SERIE	0	
FECHA	PARTE MODIFICADA	MODIFICACIÓN	NÚMERO DE VERSIÓN	NOMBRE, CARGO DEL RESPONSABLE	OBSERVACIONES			

Figura 29. Historial de modificaciones hoja de vida

Contiene los siguientes campos (**Figura 18**):

- Fecha
- Parte modificada
- Modificación
- Número de versión
- Nombre y cargo del responsable
- Observaciones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los datos de disponibilidad muestra claramente las implicaciones que tiene la escogencia de un plan de mantenimiento puramente correctivo a largo plazo, en cuanto a tiempo medio entre fallas y costos asociados a las fallas. El análisis de los datos muestra además que no hubo retroalimentación entre los encargados de la planeación de las acciones correctivas y los operadores y ejecutores de las actividades. Aún dentro de un sistema de mantenimiento correctivo, existen actividades que se pueden planear de acuerdo a fallas no críticas detectadas, pero debe existir una mecánica de planificación y proyección que no estaba definida, lo que ocasionaba paradas de producción por la falta de atención a fallas que no representaban un riesgo directo para la producción al momento de ser detectadas.

El plan de mantenimiento debe estar orientado hacia la mejora continua – es este el motivo para desarrollar herramientas de soporte –, lo que significa que lo aquí contenido, si bien responde a las necesidades de la planta según sus datos históricos y según los manuales de mantenimiento, no es definitivo. Es imperativo que la dirección de mantenimiento establezca métodos y procedimientos que garanticen la optimización de los planes de mantenimiento de los equipos.

La organización de los datos de los equipos es fundamental para la ejecución de un plan de mantenimiento. Las hojas de vida, formatos de mantenimiento correctivo, preventivo, y los controles de seguimiento de cambios, deben ser diseñados pensando en las necesidades del plan de mantenimiento en cuanto a información. Podemos decir que, basándonos en las necesidades del plan aquí desarrollado, los formatos propuestos responden en medida suficiente y representan un cambio considerable en la forma de hacer las cosas, pero deben estar apoyados en procesos de capacitación y entrenamiento del personal en su manejo, que no resultarán en complicaciones mayores dada la sencillez de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **RENOVETEC.** *MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Organización y Gestión de la reparación de averías.* Colección de Mantenimiento Industrial, Volumen 4.
- **URUMAN, Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad.** *Seminario-Taller Indicadores de Mantenimiento, Memorias.* Sala de Conferencias – Asociación de Ingenieros de Uruguay. 21 de marzo de 2007.
- **SEATECH INTERNATIONAL.** *Layout Planta Harina: Infraestructura y Equipos.* Ing. Hector Marín, Coordinador de mantenimiento y estructuras. 2008.
- **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO.** *Norma ISO 14224:2006.*
- **SINTEF INDUSTRIAL MANAGEMENT.** *OREDA: Offshore Reliability Data Handbook 2002.* 4ta Edición.
- **SEATECH Intl., Información Corporativa.** Brochure corporativo. SEATECH Intl. 2009.
- **FONDO MONETARIO INTERNACIONAL.** *Precios harina y aceite de pescado, mes de octubre de 2010, USD por TON FOB.* Documento en web www.imf.org.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO.** *Sistema de Información de recursos del pienso.* Documento en web <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/332.HTM>.

ANEXOS

HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS

FORMATOS DE SEGUIMIENTO

TABLA PLAN DE MANTENIMIENTO