

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Desarrollo de una guía para implementar mantenimiento clase
mundial en una compañía manufacturera química”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Marco Polo Gutiérrez Buestán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2008

AGRADECIMIENTO

A Dios. Por otorgarme la oportunidad de vida, lo cual me permitió redactar este trabajo de tesis. A mi madre por simbolizarme: fortaleza en su diario vivir, a mi padre por simbolizarme: perseverancia, en la búsqueda y obtención de sus metas, a mis hermanos: Fernando, Christopher, Maribel y demás familiares y amigos que siempre se encontraban cuando los necesitaba. A la ESPOL y su personal académico, por entregar en forma desmedida sus conocimientos y al Ing. Ernesto Martínez por su acertada dirección.

DEDICATORIA

A mi madre Sra. Luisa Buestán, a mi padre Sr. Mesías Gutiérrez. Adicionalmente, a mis hermanos: Fernando, Christopher, Maribel, familiares, amigos y en especial a Leonor quien durante todo este tiempo fue la fuente de motivación para alcanzar todas las metas propuestas en mi vida.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Jorge Abab M.
DELEGADO POR EL DECANO DE
LA FIMCP PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Wilson Chaves B.
VOCAL

Ing. Rodrigo Sarzosa C.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

Sr. Marco Polo Gutiérrez Buestán

RESUMEN

El presente trabajo de tesis desarrolla una guía para una futura implementación de mantenimiento clase mundial en una compañía manufacturera química, la cual pertenece a una organización de nivel mundial que se caracteriza a su vez por perseverar en la búsqueda de los más altos estándares de: calidad, seguridad, disponibilidad y cuidado del medio ambiente, establecidos en la manufactura moderna .

Este trabajo busca en primera instancia, que la compañía pueda obtener un alto nivel de desarrollo en su gestión de mantenimiento, permitiéndole alcanzar un sistema de gestión de mantenimiento clase mundial. La efectiva implementación de esta metodología de mantenimiento en las demás compañías pertenecientes a la organización, que se encuentran fuera del país ha otorgado un alto grado de confianza decidiéndose utilizar la metodología como modelo. En segunda instancia a través de la implementación se espera que la compañía alcance un alto nivel de competitividad, lo cual es requerido en el campo industrial moderno.

Luego de haber ejercido por un periodo de dos años el cargo de jefe de mantenimiento en esta compañía, se me ha designado para desarrollar el presente trabajo.

Para poder alcanzar los objetivos establecidos, se realizará: un análisis de la actual gestión de mantenimiento llevado por el departamento, así como también de las diferentes estrategias desarrolladas, para ello se utilizarán manuales de equipos, recomendaciones basadas en la experiencia de técnicos profesionales y consultas en páginas especializadas de internet. Posteriormente se presentarán mejoras o cambios según corresponda y además se proporcionarán como herramientas, prototipos de planeación de mantenimiento de ciertos equipos el cual permita a futuro desarrollar un definitivo plan maestro de mantenimiento sustentado en criterios de análisis. Todo este estudio estará acompañado por un sistema de control y seguimiento de la nueva gestión de mantenimiento clase mundial a desarrollar, el cual al momento de concluir el presente trabajo se presentará al gerente general para su aprobación y aplicación.

A través de la implementación de esta guía se pretende que la compañía alcance el mismo nivel de desarrollo en la gestión de mantenimiento clase mundial de las demás compañías pertenecientes al grupo. Y se espera además que la misma sea utilizada como modelo por cualquier compañía de características similares e interesadas en la implementación de mantenimiento clase mundial.

INDICE GENERAL

	PAG
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1 Justificación, Usuario y Alcance de la Metodología a Desarrollar.....	4
1.2 Estructuración y Descripción de la Metodología a Desarrollar.....	5
CAPITULO 2	
2. MEMORIA, HISTORIA Y CONCEPTO ACTUAL DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO.....	7
2.1 Memoria del Mantenimiento.....	7
2.2 Historia del Mantenimiento.....	10
2.3 Concepto Actual de la Gestión de Mantenimiento.....	12
2.3.1 Metodologías de Mantenimiento.....	14
2.3.2 Estrategias de Mantenimiento.....	19
CAPITULO 3	
3. GESTION ACTUAL DESARROLLADA POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	23
3.1 Descripción de la Compañía	23
3.2 Obligaciones del Departamento de Mantenimiento.....	23
3.3 Identificación de Fortalezas y Debilidades de La Actual Gestión de Mantenimiento.....	25

CAPITULO 4

4. PREAMBULO – FASE DE INICIO	32
4.1 Conformación del Comité de Mantenimiento.....	32
4.2 Identificación de las Directrices Clase Mundial.....	34
4.3 Conformación de la Matriz Clase Mundial.....	36

CAPITULO 5

5. DESARROLLO DE LA MATRIZ CLASE MUNDIAL.....	38
5.1 Estructura Organizativa.....	38
5.2 Maquinas Criticas	44
5.3 Sistema de Codificación de Equipos	52
5.4 Sistema de Mantenimiento Computarizado	56
5.5 Hojas de Datos Técnicos de Equipos	65
5.6 Historia de Mantenimiento	66
5.7 Programa 5 “S”.....	67
5.8 Programa de Entrenamiento al Departamento de Mantenimiento.....	71
5.9 Ordenes de Trabajo.....	75
5.10 Plan Maestro de Mantenimiento	80
5.10.1 Programación de Mantenimiento	80
5.10.2 Planificación de Mantenimiento	82
5.11 Mantenimiento Autónomo	90
5.12 Mantenimiento Preventivo Sistemático o Basado en el Tiempo.....	97
5.13 Mantenimiento Preventivo basado en la Condición o Predictivo.....	100
5.14 Compras e Inventarios	112
5.15 Método, Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA).....	115
5.16 Método, Análisis de Causa Raíz de la Falla(RCAF).....	120
5.17 Indicadores de Mantenimiento Clase Mundial.....	121
5.18 Benchmarking	134

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....143

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS.

AM	Administrador de Mantenimiento
BHP	Caballos de Fuerza de Vapor
CB	Combustibles
CIL	Cleaning , Inspection, lubrication
CMPF	Costo de Mantenimiento por Facturación
CMPP	Costo de Mantenimiento por Producción
D	Disponibilidad
E	eficiencia
EQ	Equipos o Activos
FMEA	Análisis de Modo y Efecto de Fallo
ft ³	Pie Cubico
Hp	Caballos de Fuerza
IE	Infraestructura
KVA	Kilo Voltio Amperios
KX	Kárdex de Repuestos
MTBF	Mean Time Between Failures – Tiempo Promedio Entre Fallas
MTTF	Mean time to failure – Tiempo Promedio Para Fallar
MTTR	Mean Time To Repair – Tiempo Promedio Para Reparar
m ³	Metro Cubico
OEE	Overall Equipment Effectiveness - Efectividad Global del Equipo
OLE	Overall Lubrication Effectiveness - Efectividad Global de Lubricacion
OT	Órdenes de Trabajo
PA	Paros/Averías
PD	Pedidos

PM	Programas de Mantenimiento
Q	Calidad
RCAF	Root Cause Analysis Failure - Análisis de Causa Raíz
RCM	Reliability Centered Maintenance – Mantenimiento centrado en la Confiabilidad
RP	Repuestos
scfm	Pie Cubico por Minuto Estándar
SS	Solicitudes de Servicio
TPPR	Tiempo Promedio Para Reparar
TPM	Total Productive Maintenance – Mantenimiento Productivo Total
WCM	World Class Maintenance – Mantenimiento Clase Mundial

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Clasificación de los tipos de mantenimiento según norma “AFNOR X60010 Y 60011”	10
Figura 5.1	Organigrama Tipo Vertical.....	40
Figura 5.2	Organigrama Tipo Horizontal.....	41
Figura 5.3	Imagen inicial de la plataforma de trabajo del software A.M. (Administrador de Mantenimiento).....	58
Figura 5.4	Diagrama que describe la generación de orden de trabajo por mantenimiento correctivo.....	78
Figura 5.5	Diagrama que describe la generación de orden de trabajo por cualquier otro tipo de mantenimiento y no correctivo	79
Figura 5.6	Diagrama que describe la programación del plan maestro de mantenimiento	89
Figura 5.7	Diagrama que describe la generación de ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo sistemático	99
Figura 5.8	Diagrama que describe la generación de ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo basado en la condición	101
Figura 5.9	Árbol lógico de fallas “método análisis de causa raíz”.....	121

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Ideas Equivocadas de Mantenimiento	8
Tabla 2 Identificación de capacitaciones requeridas	74
Tabla 3 Matriz de prioridades	81

INTRODUCCION

A través de la historia, la evolución del mantenimiento ha sido evidente, iniciándose en los años 50 con intervenciones del departamento de mantenimiento únicamente para corregir fallas ya ocurridas, posteriormente a esta época, surge la necesidad de intervenir con una visión de prevención y a raíz de la segunda guerra mundial se intensifica esta metodología de prevención. Actualmente los especialistas de mantenimiento han desarrollado metodologías y estrategias que han resultado efectivas. Para ello han requerido de la historia de su implementación. Podemos mencionar las metodologías actualmente utilizadas por los departamentos de mantenimiento que han alcanzado un alto nivel de competitividad, estos son: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Mantenimiento Clase Mundial (WCM) y Mantenimiento Productivo Total (TPM) el cual involucra mantenimiento autónomo.

La situación actual en la gestión de mantenimiento en la compañía sobre la cual se desarrolla el presente trabajo y los cuales son identificados en el capítulo 3 literal 3.3, de entre tantos factores identificados podemos mencionar al menos al siguiente: concurrentes tiempos improductivos producto de frecuentes fallas ocurridas en : equipos, instalaciones o componentes, todo lo cual genera una caída o reducción de la competitividad

a consecuencia de la baja calidad, entrega fuera de tiempo y costo elevado del producto manufacturado.

Esta situación obliga a que la organización implemente a través de una persona designada un estudio de mejora con enfoque a la manufactura clase mundial. Sobre la base de lo expuesto anteriormente, se decide crear una guía para implementar mantenimiento clase mundial considerando como modelos los ya existentes e implementados en las compañías pertenecientes a la organización y que se encuentran fuera del país, permitiendo alcanzar como objetivos:

1. Formar parte de la industria competitiva, la cual representa

- Bajo costo de producto manufacturado;
- Entrega a tiempo
- Alta calidad
- Cubrir mayor demanda

A través de:

- Efectividad en la operación de equipos e instalaciones permitiendo reducir los tiempos perdidos por averías/fallas
- Actividades de evaluación, consulta y diagnóstico en el departamento de mtto más interactivas, dinámicas y dedicadas lo cual permita optimizar el tiempo en el desarrollo de estas actividades

- Actividades de mantenimiento preventivas y predictivas eficaces lo cual permita disminuir efectos producidos por detención de equipos
 - Almacenamiento de herramientas y repuestos apropiados lo cual permita disponer de lo que se requiere en el momento de intervenir a un equipo o instalación
 - Contar con personal altamente capacitado lo cual permita alcanzar correcta y ágilmente el buen desarrollo de las intervenciones del departamento de mtto.
2. Alcanzar el mismo nivel en la gestión de mantenimiento comparado con las demás compañías pertenecientes a la organización
 3. Permitir que compañías de características similares e interesadas, puedan fácilmente implementar esta guía

Si en primera instancia, los pilares o directrices son identificados correctamente y en segunda instancia, el desarrollo de cada uno de estos pilares o directrices es efectivo solo así se podrá alcanzar el éxito de este trabajo obteniéndose de esta manera los objetivos planteados.

CAPITULO 1

GENERALIDADES.

1.1 Justificación, Usuario y Alcance de la Metodología a Desarrollar.

En la actualidad para que una compañía se mantenga en el mercado, se ha identificado que una de las características primordiales es disponer de un alto nivel de competitividad. En primera instancia de entre tantos factores identificados en el capítulo 3 literal 3.3, podemos destacar a los siguientes: elevados valores registrados de tasa de gravedad de fallos y el estado actual de algunos equipos y sistemas fuera de parámetros óptimos de operación, los mismos que han contribuido en la disminución de la competitividad, claramente reflejado en: baja calidad, entrega fuera de tiempo y elevado costo del producto manufacturado.

Debido a que en cualquier industria manufacturera la actividad final identificada como producción involucra tanto a la operación como al mantenimiento se puede entonces destacar la importancia del rol de mantenimiento como proceso de apoyo, y de esta forma se puede concluir diciendo: que una buena gestión de mantenimiento permitirá

contrarrestar la: baja calidad, entrega fuera de tiempo y elevado costo del producto manufacturado.

Las personas que deberán hacer uso de esta guía para llevar a cabo la implementación serán: El Gerente de Manufactura, El Jefe de Mantenimiento, El mecánico, y Soporte de Mecánico.

A través de la implementación de esta guía se pretende que la compañía sobre la cual se desarrolla el presente trabajo de tesis, alcance el mismo nivel de desarrollo en la gestión de mantenimiento clase mundial de las demás compañías pertenecientes a la organización.

1.2 Estructuración y Descripción de la Metodología a Desarrollar

El desarrollo de la siguiente guía estará estructurado de la siguiente manera: en el capítulo 1; se describirá: la justificación del presente trabajo, los usuarios a quienes estará dirigido y el alcance; definiendo hasta donde se deberá llegar. En el capítulo 2; se describirá: la Memoria, historia y concepto actual de la gestión de mantenimiento, esto permitirá conocer cómo se ha desarrollado esta gestión de mantenimiento años atrás y como ha venido evolucionando. En el capítulo 3; se referirá: a la gestión actual desarrollada por el departamento de mantenimiento donde se identificara las fortalezas y debilidades de la actual gestión de mantenimiento para posteriormente presentar alternativas de mejora o

cambio. En el capítulo 4, denominado fase de inicio se conformara: un comité de mantenimiento quienes en primera instancia; serán los responsables de identificar y conformar las bases o pilares de la guía, identificadas también como directrices. Posteriormente en segunda instancia conformar una matriz clase mundial, la cual involucra temas específicos que requieren análisis y evaluación. En tercera instancia; este comité deberá asegurar el avance en el desarrollo de este trabajo. En el capítulo 5, el comité deberá desarrollar cada peldaño o tema específico de la matriz clase mundial identificada. Finalmente, en el capítulo 6 se presentaran las respectivas conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de tesis desarrollado.

Mantenimiento clase mundial trata de una metodología que comprende un sistema integrado de estrategias, existentes y desarrolladas en el transcurso de los tiempos, y cuya implementación a otorgado resultados económicos y de gestión efectivos a las organizaciones que lo han aplicado. Lo mencionado ha permitido concluir que: esta metodología de mantenimiento comprende un conjunto de ideas o fuerzas dirigidas a reorientar la estrategia de conservación de equipos e instalaciones con un enfoque de mantenimiento proactivo.

CAPITULO 2

MEMORIA, HISTORIA Y CONCEPTO ACTUAL DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO.

El desarrollo de lo siguiente nos permitirá identificar como nació la gestión de mantenimiento dentro de la industria, y como ha venido evolucionando a través de los tiempos. También se podrá identificar ideas equivocadas del mantenimiento y finalmente tendremos una visión actual del mantenimiento desarrollado por la manufactura moderna.

2.1 Memoria del Mantenimiento

A inicios de la era industrial, el departamento de mantenimiento apenas sabía que debía actuar cuando ocurría una avería o falla del equipo instalación o componente del mismo, producto de aquello durante mucho tiempo se conservaron ideologías equivocadas, además se pudo evidenciar la existencia de ideas erradas durante las épocas subsiguientes e incluso cuando mantenimiento fue considerado parte importante de la producción, esto ocurrió a través de las naciones unidas en 1975 quien definió a producción como el resultado de la operación mas mantenimiento. A continuación presentamos algunos conceptos, los

cuales se consideran son equivocados para la actual y moderna gestión de mantenimiento.

TABLA 1*
IDEAS EQUIVOCADAS DEL MANTENIMIENTO

Antes	Actualidad
El objetivo primario del sistema de mantenimiento es optimizar la disponibilidad de la planta al menor costo posible.	Se considera como objetivo de la gestión de mantenimiento: Alcanzar el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento de los sistemas: productivos, de servicio e instalaciones, anticipándose a la falla; alcanzando la menor contaminación del medio ambiente y la más alta seguridad del trabajador al menor costo posible.
Los fabricantes de equipos son quienes se encuentran en mejor condición de recomendar un plan de mantenimiento.	Los fabricantes juegan un importante pero limitado papel en el desarrollo de un programa efectivo de mantenimiento de equipos. Es importante además la experiencia en la operación del equipo y la historia de mantenimientos sobre el equipo
Concentrar recursos para que todo equipo sea reparado tan pronto como se pueda luego de presentarse una avería o falla	El mantenimiento debe permitir anticiparse a la falla de tal manera que esta falla o avería pueda ser prevenida
La forma más rápida y segura de mejorar el desempeño de un equipo de baja confiabilidad es mejorando su diseño	Para mejorar el desempeño de un equipo de baja confiabilidad en forma económica efectiva primeramente se debe revisar la actual forma de operarlo y la forma como se realiza su mantenimiento, esto necesariamente debe ser previo a la modificación del diseño

* Tomado del libro "Administración moderna de Mantenimiento "Autor: Laurival Augusto Tavares

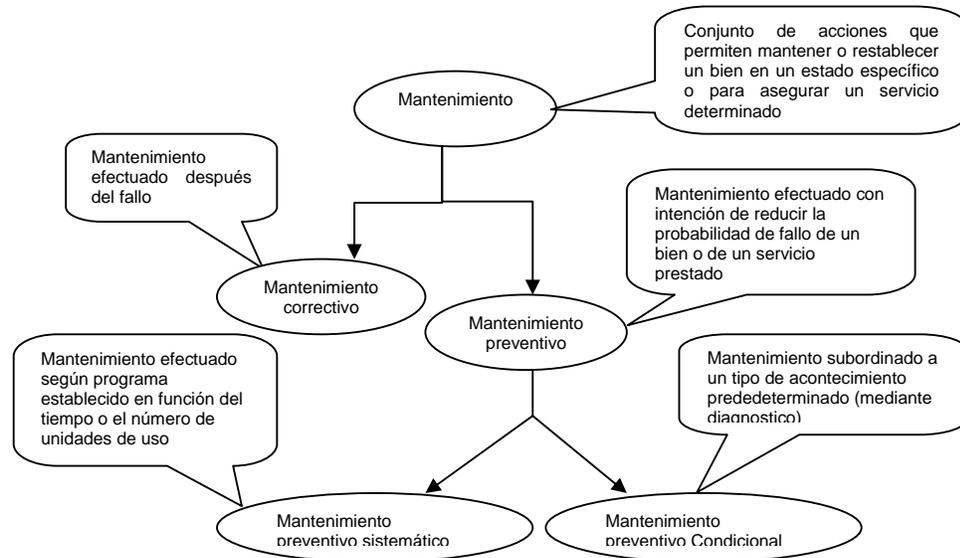
Un concepto de la actual gestión de mantenimiento nos permitirá aclarar todas estas ideas equivocadas identificadas en la tabla anterior. A continuación mencionamos la definición de mantenimiento enfocado en la manufactura clase mundial.

Definición de Mantenimiento

Comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener activos ya sean: equipos, instalaciones y componentes en una condición particular de preferencia como nuevo o retornarlas a dicha condición, con la finalidad de alcanzar el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento de los sistemas: productivos, de servicio e instalaciones, alcanzando: la menor contaminación del medio ambiente y la más alta seguridad del trabajador al menor costo posible.

Clasificación de los Tipos de Mantenimiento

A continuación en la tabla se presenta una clasificación de los tipos de mantenimiento.



CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO SEGÚN NORMA AFNOR X60010 Y 60011

FIGURA 2.1

2.2 Historia del Mantenimiento

A través de la historia hasta la actualidad se ha podido identificar que el mantenimiento ha podido evolucionar a través de cuatro fases, las cuales se las mencionara a continuación:

Fase 1

La primera fase comprende la época previa a los años 50, época en la cual la intervención del departamento de mantenimiento se dedicaba exclusivamente a corregir fallas ya ocurridas. La programación de

mantenimiento era mínima y si existía se basaba en la experiencia del operario del equipo adquirido por el paso de los años. A esta época se lo denominó época del mantenimiento reactivo.

Fase 2

La segunda fase comprende la época desde los años 50 hasta los años 60, época donde nace un enfoque basado en las recomendaciones de los fabricantes, iniciándose de esta forma el mantenimiento preventivo basado en el tiempo de funcionamiento de cada componente de equipos e instalaciones. Durante el desarrollo de esta nueva metodología de mantenimiento se pudo apreciar que a pesar de existir una reducción de gastos por mantenimiento, los cuales se originaban al presentarse una falla, el costo de llevar este mantenimiento preventivo inicial era muy alto

Fase 3

Esta tercera fase comprende ; la época desde los años 60 hasta los años 70, época donde se inicia el deseo de superar el mantenimiento preventivo basado en el tiempo de funcionamiento de los equipos, el cual buscaba mantener o retornar los equipos a la condición inicial de diseño o como nuevos. Iniciándose así; el enfoque del mantenimiento preventivo basado en la condición o mantenimiento predictivo quien buscaba mejorar ciertas características de los equipos tales como desempeño y rendimiento.

Fase 4

Finalmente la cuarta fase hasta ahora fase final se inicia a partir de los años 70 época donde se busca la mejora continua a través del involucramiento de toda la organización buscando: ceros defectos, ceros paradas, cero perdidas a través de una metodología desarrollada por los japoneses y denominada TPM (Mantenimiento Productivo Total).

2.3 Concepto Actual de la Gestión de Mantenimiento

El mantenimiento constituye un sistema importante dentro de toda organización industrial cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad y calidad, permitiendo producir las cantidades requeridas con los más altos niveles de calidad; de una manera segura y sin causar impacto sobre el medio ambiente durante un período determinado.

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre: la producción, seguridad y medio ambiente de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en: efectividad durante la operación de equipos, calidad de producto, reducción de costos y de pérdidas, reducción de accidentes e incidentes y reducción de impactos ambientales, permitiendo optimizar la competitividad de las empresas que lo implementan.

En la actualidad, las industrias se encuentran bajo una creciente presión de la competencia obligándolas a buscar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad y cumpliendo los más estrictos plazos de entrega, confirmando de esta forma la importancia del mantenimiento. La única forma que mantenimiento contribuya en la búsqueda de un alto nivel de competitividad es permitiendo que los sistemas de: producción, servicios e instalaciones se encuentren funcionando con el mejor nivel de confiabilidad. Alcanzando: la menor contaminación del medio ambiente y la más alta seguridad del trabajador al menor costo posible.

Al respecto, debe destacarse que:

- Mantenimiento no es un costo.
- El departamento de mantenimiento no se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación.
- La gestión de mantenimiento requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.
- Mantenimiento requiere ser considerado desde el momento que se diseña, levanta una planta industrial, modifica y/o reacondiciona total o parcialmente.
- Mantenimiento requiere información e insumos.
- Mantenimiento produce resultados e información.

Hasta la actualidad se han desarrollado varias metodologías de mantenimiento, a continuación enunciaremos las metodologías a las cuales se hará referencia, y se describirá detalladamente en qué consiste cada una de estas.

Es necesario mencionar que cualquiera sea la metodología a implementar, siempre se requerirá del involucramiento de estrategias de mantenimiento.

2.3.1 Metodologías de Mantenimiento.

A continuación se describirá las diferentes metodologías de mantenimiento.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

En forma de síntesis se puede enunciar una lista donde se describe los puntos más importantes y relevantes de este mantenimiento. A continuación se enuncia en qué consiste este mantenimiento:

- Analizar las funciones de los activos: equipos, instalaciones y componentes
- Visualizar cuáles son sus posibles fallas
- Identificar los modos o causas de fallas determinadas

- Evaluar los efectos y analizar las consecuencias de las fallas determinadas.

Una vez evaluado las consecuencias se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, considerando que no solo deban ser técnicamente factibles, sino además económicamente viables. Por la síntesis mencionada se puede identificar que esta metodología de mantenimiento para su implementación requiere en parte de mantenimiento preventivo pero se concentra específicamente en mantenimiento detectivo.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Esta metodología de mantenimiento busca maximizar la efectividad total de los sistemas productivos, de servicio e instalaciones por medio de la eliminación de fallas a fin de reducir seis principales pérdidas con la participación de todos los empleados de la compañía a través de:

1. El desarrollo en el propio local de trabajo de mecanismos para prevenir las diversas pérdidas, alcanzadas por:
 - Cero accidentes
 - El mínimo de defectos y
 - El mínimo de fallas

2. La participación de todos los departamentos, comenzando por el de producción y extendiéndose a los de desarrollo, ventas, administración entre otros, incluyendo desde directores hasta los operarios.
3. El desarrollo de Mantenimiento Autónomo llevadas por pequeños grupos, lo cual permita obtener cero pedidas.
4. La mejora de la calidad del personal ya sean operadores, personal de mantenimiento e ingenieros a través de capacitaciones
5. La mejora de la efectividad de los equipos, a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil.
6. A continuación mencionamos las seis principales perdidas que trata de atacar esta metodología: perdida por averías, perdida por preparación y ajustes, perdida por tiempos muertos y reparaciones pequeñas , perdidas por reducción de velocidad, defectos de calidad y reproceso y perdidas de arranque.

Por lo mencionado se puede concluir que esta metodología de mantenimiento para su implementación requiere de todas las estrategias de mantenimiento existentes, sean estas: Preventivo, Predictivo, Detectivo y Mejorativo.

Esta metodología de mantenimiento involucra a Mantenimiento Autónomo, a continuación se menciona al respecto.

Mantenimiento Autónomo

Este mantenimiento se fundamenta básicamente en la prevención del deterioro de los equipos y componentes, requiriéndose de la participación de los operadores. Los operadores son las personas claves en el desarrollo de esta metodología debido a que son las personas que preparan el equipo previo a su utilización, la función del operador comprometido en la implementación de esta metodología de mantenimiento será de mantener las condiciones básicas de funcionamiento de sus equipos.

Este Mantenimiento Autónomo Incluye:

- Limpieza diaria, que se deberá convertir en un proceso de Inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- Pequeños ajustes
- Formación - Capacitación técnica.

- Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieran una programación para solucionarse.

De esta forma se Identifica que para la implementación de lo mencionado se requiere de Mantenimiento Preventivo.

Mantenimiento Clase Mundial (WCM)

Esta metodología de mantenimiento comprende un conjunto de ideas dirigidas a reorientar la estrategia de conservación de equipos e instalaciones con un enfoque de mantenimiento proactivo

Esta metodología debe ser disciplinada y estar enfocada en:

- Practicas estandarizadas
- Gestiones autonómicas
- Carácter competitivo
- Indicadores clase mundial
- Evaluación de efectos y análisis de consecuencias de fallas
- Mejora de la calidad del personal ya sean estos operadores, personal de mantenimiento e ingenieros a través de capacitaciones

- Mejora de la efectividad de los equipos, a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil

Mantenimiento Clase Mundial se trata de un sistema integrado, lo cual le obliga a requerir de todas las estrategias de mantenimiento existentes para alcanzar sus objetivos. En algunos casos Mantenimiento clase mundial puede ayudar mucho en la implementación de TPM por lo que se recomienda previamente desarrollar WCM. Considerar que solo en ciertos casos o circunstancias WCM puede servir de ayuda.

2.3.2 Estrategias de Mantenimiento.

A continuación se presentan las diferentes estrategias de mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo.

También denominado; mantenimiento basado en el tiempo de funcionamiento de equipos, instalaciones o componentes, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares de tiempo un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento Predictivo.

También denominado mantenimiento basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares de tiempo y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según su condición. Esto se logra solamente a través de inspecciones objetivas (con instrumentos) e inspecciones subjetivas (con los sentidos).

Mantenimiento Detectivo.

También identificado como Búsqueda de Fallas, consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla.

Mantenimiento Mejorativo.

También identificado como Mantenimiento Modificativo, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales de diseño del equipo o instalación.

Mantenimiento Correctivo.

A pesar de existir un programa de mantenimiento en ejecución se puede presentar una rotura o falla de equipo, componente e instalación. A este mantenimiento también se lo ha denominado como Mantenimiento de Averías o Mantenimiento de Emergencia y

consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, en otros términos es la reparación de la falla, ocurre como una urgencia o emergencia.

CAPITULO 3

GESTION ACTUAL DESARROLLADA POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

3.1 Descripción de la Compañía.

La empresa sobre la cual se desarrollara el siguiente proyecto de tesis se dedica exclusivamente a la producción de Emulsiones: acrílicas, etil acrílicas y vinil acrílicas. El producto terminado identificado como "Emulsión" se lo utiliza como materia prima en diferentes subprocesos industriales referentes a los campos de:

- Recubrimientos: pinturas, tintas, construcción
- Polímeros especiales o funcionales: textil y adhesivos

3.2 Obligaciones del Departamento de Mantenimiento

Entre las obligaciones que la empresa ha delegado al departamento de mantenimiento se encuentran:

1. Atender y resolver necesidades relacionadas con equipos, infraestructura física y/o instalaciones mecánicas, la ejecución de

estas actividades están identificadas por el departamento de mantenimiento como ordenes de trabajo, las cuales pueden ser generadas por los diferentes departamentos autorizados de la empresa

2. Ejecutar el plan maestro anual de mantenimiento existente y que corresponde a :
 - Inspecciones visuales de falla
 - Inspecciones auditivas de ruido
 - Inspección visual y/o cambio de lubricantes
 - Overhaul, el cual involucra: cambio de componentes en mal estado y/o rediseño del equipo.
 - Medición y registro de parámetros importantes de operación de equipos
3. Registrar y administrar el inventario del almacén de repuestos
4. Administrar el taller mecánico existente
5. Generar y presentar reportes de mantenimiento
6. Organizar la documentación física de mantenimiento generada como historia de los equipos.

Es común y necesario en la actualidad que dentro de la gestión de mantenimiento, además de las actividades que permitan asegurar la disponibilidad máxima del equipo, se incluyan actividades que permitan alcanzar el mayor nivel de efectividad de las unidades de servicios, tales

como: unidades de generación eléctrica principal y de emergencia, unidades de generación de: vapor, agua caliente, agua de proceso, aire comprimido, aire acondicionado etc. en las cantidades y calidades solicitadas por la actividad de la empresa. En ocasiones también se lo hace responsable del correcto tratamiento y disposición de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos que se generan en ella. Incluso, en algunas compañías, mantenimiento también es responsable de las tareas de limpieza e higiene del establecimiento, es necesario mencionar que las actividades delegadas al departamento de mantenimiento no deben interferir con la efectividad en el desempeño de las labores, alcanzando siempre el menor costo.

3.3 Identificación de Fortalezas y Debilidades de la Actual Gestión de Mantenimiento.

En las graficas del Apéndice A se puede visualizar una historia de los valores alcanzados de: calidad, tasa de gravedad de fallos, disponibilidad de equipos, cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, cumplimiento de las órdenes de trabajo generadas y eficiencia operativa de las unidades de producción. A continuación podemos mencionar la actual situación del departamento de mantenimiento como resultado de lo visualizado en las graficas:

1. En el año 2007 el cumplimiento: del programa de mantenimiento y de las órdenes de trabajo han sido aceptables debido a que se superan

valores del 90%, podría pensarse entonces que casi todo de lo que se ha programado y generado está siendo ejecutado no obstante también podría pensarse que las actividades podrían ser demasiadas sencillas o se encontrarían en cantidades reducidas. De esta forma se concluye que es evidente la pronta revisión de las actuales actividades preventivas programadas para garantizar la efectividad en la programación y ejecución de las mismas.

2. La tasa de gravedad de fallos en pocas ocasiones sobrepaso la meta establecida por la organización, siendo satisfactorio pero aun así este valor establecido como meta es significativamente elevado lo cual implica que sea ajustado a un valor menor. Según la historia podría ajustarse a un promedio, alcanzando un cambio en la meta de 1,5 % a 0,8 % lo cual sería alcanzable con los beneficios de la implementación de esta guía.
3. Los valores de disponibilidad reflejan la poca incidencia de los tiempos improductivos perdidos por averías durante la ejecución de mantenimiento correctivo respecto al tiempo neto operativo, es decir que a pesar de haber existido pérdidas de tiempo de producción por ejecución de mantenimiento correctivo, el equipo averiado apenas se lo mantuvo fuera de máx. 4 % del tiempo neto disponible “capacidad en horas”, estos valores son buenos más no excelentes.

4. De igual forma se puede decir que los valores de calidad registrados y que superan el 96 % son aceptables, pero que podrían ser mejorados si se consigue una efectiva implementación de esta guía.
5. Los valores registrados de eficiencia operativa son aceptables para la unidad de producción # 2 pero no ocurre de igual forma para la unidad de producción # 1 donde se visualiza valores de eficiencia operativa sumamente bajo, identificado un bajo aprovechamiento del tiempo disponible o tiempo operativo neto vs. El tiempo empleado [h/kg] para producir, el cual podría decirse es excesivo, esto podría deberse a: que no existe una demanda o requerimiento para producir, que no se dispone de la materia prima requerida, falta de habilidad o destreza en la programación de producción o que finalmente los equipos o sistemas se encuentren operando sin ya poder otorgar más energía, la cual es requerida. De forma rápida se podrá descartar a todos excepto a uno de los factores y tal vez el más significativo que es mantenimiento.

El incremento de tasa de gravedad de fallas registrado se lo puede atribuir al incremento del tiempo improductivo, producto de la presencia de frecuentes fallas. Los factores a los cuales se les puede atribuir esta presencia de fallas son:

- Organización y administración del mantenimiento no efectivo

- Falta de entrenamiento al personal de mantenimiento
- Sistema de control de inventario de repuestos no efectivo
- Seguimiento y control de la gestión de mantenimiento no efectivo
- Falta de efectividad en el actual plan maestro de mantenimiento significando que existen actividades obviadas y actividades redundantes e innecesarias.

Planteamiento de la solución

Por lo ya expuesto en el numeral anterior se identifica la necesidad urgente de: desarrollar un estudio de toda la gestión de mantenimiento actual enfocado a la mejora continua y que se encuentre a nivel clase mundial.

Se realizó una certificación técnica de una de las instalaciones a través de la determinación de las condiciones óptimas de operación y de diseño del sistema de enfriamiento, para posteriormente compararlo con los parámetros actuales de operación, los resultados obtenidos y representados en el Apéndice B permiten concluir que existe al menos un sistema que debe ser reacondicionado y que de forma urgente se debe revisar las demás instalaciones y equipos para realizar los cambios y modificaciones que se consideren necesarias y de esta manera alcanzar mejoras significativas en la implementación de esta guía

Por las gráficas visualizadas se puede mencionar que la gestión de mantenimiento ha sido bien llevada por todo el departamento pero no

obstante con la evaluación anterior realizada a uno de los sistemas se confirma la necesidad de evaluar los demás sistema de manera tal que la compañía pueda aprovechar en forma efectiva la máxima capacidad de sus equipos.

La conservación de las condiciones de operación de todos estos equipos se lo alcanzara a través del desarrollo de cada peldaño de la matriz clase mundial lo cual se lo describe en los capítulos posteriores.

Desarrollar e implementar mantenimiento clase mundial, consiste de un mantenimiento integrado conformado por varias metodologías existentes y efectivas. Esta metodología clase mundial está dando resultados positivos en la actualidad. En forma general lo que se deberá alcanzar con el desarrollo de esta metodología de mantenimiento es:

1. Formar parte de la industria competitiva, la cual representa

- Bajo costo de producto manufacturado;
- Entrega a tiempo
- Alta calidad
- Cubrir mayor demanda

A través de:

- Efectividad en la operación de equipos e instalaciones permitiendo reducir los tiempos perdidos por averías/fallas

- Actividades de evaluación, consulta y diagnóstico en el departamento de mtto más interactivas, dinámicas y dedicadas lo cual permita optimizar el tiempo en el desarrollo de estas actividades
 - Actividades de mantenimiento preventivo y correctivo eficaces lo cual permita disminuir efectos producidos por paradas de equipos
 - Almacenamiento de herramientas y repuestos apropiados lo cual permita disponer de lo que se requiere en el momento de intervenir a un equipo o instalación
 - Contar con personal altamente capacitado lo cual permita alcanzar correcta y ágilmente el buen desarrollo de las intervenciones del departamento de mtto.
2. Alcanzar el mismo nivel en la gestión de mantenimiento comparado con las demás compañías pertenecientes a la organización
 3. Permitir que compañías de características similares e interesadas, puedan fácilmente implementar esta guía

Los objetivos específicos buscados se los presenta a continuación:

1. En primera instancia: alcanzar una mejora significativa inmediata de productividad a través de modificaciones, cambios o rediseños requeridos solo donde se considere necesario y determinadas por las evaluaciones de las condiciones óptimas de operación de los equipos e instalaciones.

Lo siguiente será alcanzado a largo plazo tras la implementación de la guía

2. Conservar el valor igual o mayor al 95% de disponibilidad de equipos
3. Conservar el valor igual o mayor al 95% de calidad
4. Conservar el valor igual o mayor al establecido por la organización y determinadas por la historia de: cumplimientos del programa de mtto. preventivo y órdenes de trabajo.
5. Alcanzar una reducción del 2% del costo de mantenimiento por facturación.
6. Alcanzar una reducción del 0.7 % de la tasa de gravedad de fallas

CAPITULO 4

PREAMBULO – FASE DE INICIO

4.1 Conformación del Comité de Mantenimiento.

Es necesario que el comité de mantenimiento se encuentre conformado por personas conocedoras de los equipos, instalaciones y componentes existentes, esto permitirá identificar de forma rápida los problemas existentes.

Se concluye de esta manera que el Comité de Mantenimiento estará conformado por:

- Gerente de manufactura
- Jefe de mantenimiento
- Mecánico
- Soporte de mecánico
- Soporte de mantenimiento – suscrito

Las responsabilidades adquiridas por el personal integrante del comité de mantenimiento serán:

- Requerir y sugerir recursos a la compañía sobre la cual se desarrolla el presente trabajo.
- Identificar y estructurar las directrices sobre las cuales se deberá trabajar en la futura implementación de mantenimiento clase mundial
- Estructurar la matriz clase mundial identificando específicamente cada actividad que relaciona la mejora de cada directriz o pilar
- Asegurar el normal avance en la ejecución de este proyecto de tesis.
- Presentar un informe final definitivo a gerencia general del estudio realizado.
- Tomar acción referente a cambios inmediatos requeridos en la gestión actual de mantenimiento y que no involucre costos, previo a una aceptación de todos los integrantes

Las personas integrantes del comité deberán conocer conceptos importantes, tales como: Misión, visión y objetivos del mantenimiento, a continuación se los describe.

Misión.

Mantener un equipo o instalación en funcionamiento con el debido grado de eficiencia y eficacia, y en caso crítico restablecer el funcionamiento de los mismos a condiciones predeterminadas.

Visión.

Contribuir a que la compañía alcance un alto nivel de competitividad lo cual le permita obtener productos de calidad, despachados a tiempo y al más bajo costo.

Objetivos.

Alcanzar el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento de los sistemas: productivos, de servicio e instalaciones anticipándose a la falla, alcanzando la menor contaminación del medio ambiente y la más alta seguridad del trabajador al menor costo posible.

4.2 Identificación de las Directrices Clase Mundial

Las directrices contienen una característica importante que es fortalecer la gestión actual de mantenimiento, al realizarse la reunión del comité de mantenimiento se ha podido identificar las actuales necesidades del departamento de mantenimiento y han sido agrupados en lo que ha futuro será descrito como directrices. Para la identificación de estas directrices fue necesario realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades Debilidades, y Amenazas) el cual permitió identificar la actual gestión de mantenimiento a través de un Brainstorming (Tormenta de Ideas). El detalle de la metodología empleada se presenta a continuación.

- En un solo grupo se define el objetivo buscado: identificar las debilidades del departamento.
- Se define reglas y restricciones tales como: toda idea es buena y no se aceptan críticas,
- Se generan ideas y usando un computador se enlistan las debilidades actuales.
- Se vuelven a mencionar todas las ideas anotadas y se eligen las más relevantes e importantes.

Siguiendo la metodología mencionada se puede concluir que las directrices sobre la cuales se deberá trabajar son:

1. Organización del mantenimiento
2. Programa de entrenamiento del departamento del mantenimiento
3. Ordenes de trabajo
4. Planeación y programación del mantenimiento
5. Mantenimiento preventivo
6. Compras e inventarios
7. Reportes de mantenimiento
8. Seguimiento y control de la gestión de mantenimiento

Cada una de estas directrices contiene en forma intrínseca: actividades importantes y relevantes en el desarrollo, evaluación y mejora de toda gestión de mantenimiento. A estas directrices con sus sub actividades específicas en lo posterior se lo identificara como matriz clase mundial.

4.3 Conformación de la Matriz Clase Mundial

A continuación, para desarrollar la matriz clase mundial se deberá identificar: temas específicos involucrados dentro de cada directriz.

Para identificar específicamente cuales deben ser los temas correspondientes a cada directriz se deberá realizar al igual que en la determinación de las directrices una reunión donde participen todo el comité de mantenimiento, y a través de una lluvia de ideas primero identificar y enlistar los temas relevantes y que deben ser considerados. Para posteriormente identificar y ordenar todos estos temas de tal manera que se las pueda vincular a cualquiera de las directrices según corresponda.

A continuación se presenta la lista de distribución definitiva que corresponderá a la matriz clase mundial y sobre la cual se deberá empezar a trabajar en el capítulo posterior.

1. Organización del mantenimiento.
 - a. Estructura organizativa
 - b. Maquinas criticas
 - c. Sistema de codificación de maquinas
 - d. Sistema de mantenimiento computarizado
 - e. Hojas de datos técnicos de equipos

- f. Historia de mantenimiento
- g. Programa cinco eses
- 2. Programa de entrenamiento del departamento de mantenimiento
- 3. Ordenes de trabajo
- 4. Planeación y programación del mantenimiento.
 - a. Plan maestro de mantenimiento.
 - b. Mantenimiento autónomo.
- 5. Mantenimiento preventivo
 - a. Preventivo sistemático
 - b. Predictivo
- 6. Compras e inventarios
- 7. Reportes de mantenimiento
 - a. Análisis de modos de fallos
 - b. Análisis de causa raíz
- 8. Seguimiento y control de la gestión de mantenimiento
 - a. Indicadores de mantenimiento clase mundial
 - b. Benchmarking

A cada una de estas sub actividades ya identificadas. Posteriormente se deberá determinar su situación actual y en base a aquello se deberá recomendar: Que se debe empezar a hacer o Que se debe modificar o cambiar si y solo si fuera necesario.

CAPITULO 5

DESARROLLO DE LA MATRIZ CLASE MUNDIAL

5.1 Estructura Organizativa.

A continuación se describirá la organización de la empresa, y a través de conceptos y estudios presentados se determinaran sugerencias de cambio en lo existente, si y solo si se requiriese.

Concepto de Organización.

Organización es la combinación de los medios técnicos, humanos y financieros que componen la empresa sean estos: edificios, máquinas, materiales, personas...etc. en función de la consecución u obtención de un fin, según las distintas interrelaciones y dependencias de los elementos que lo constituyen.

Concepto de Organigrama.

El organigrama empresarial es la representación gráfica de la estructura organizativa de la empresa. Es como una fotocopia de la estructura de la empresa, captada en un momento de su vida.

Todo organigrama debe de ser flexible y adaptable, de forma que si hay cambios en su empresa, este organigrama se pueda adaptar, por ejemplo para que se pueda incluir un nuevo puesto o servicio; debe ajustarse a la realidad; deben ser claros, precisos y comprensibles para las personas a las que se debe informar.

La estructura de organización es como una red de comunicación a través de la cual se transmite información. Estas comunicaciones pueden fluir en dos sentidos:

Horizontal, ocurre entre posiciones o puntos del mismo nivel de la estructura jerárquica.

Vertical, ocurre entre rangos diferentes. Cuando el flujo es ascendente se trata de transmisión de información y cuando el flujo es descendente se trata de transmisión de mando/control.

Esta dependencia se expresa colocando al superior en un rectángulo inmediatamente encima del que representa al subordinado y la relación entre ambos mediante una línea vertical.



Comunicación de Mando	Comunicación de Información
Descendente	Ascendente

Clases de Organigramas.

Por la disposición grafica estos se pueden dividir en:

Vertical.- Situándose el origen en el centro de la parte superior y bajando por escalones sucesivos. El conjunto presenta una imagen piramidal.

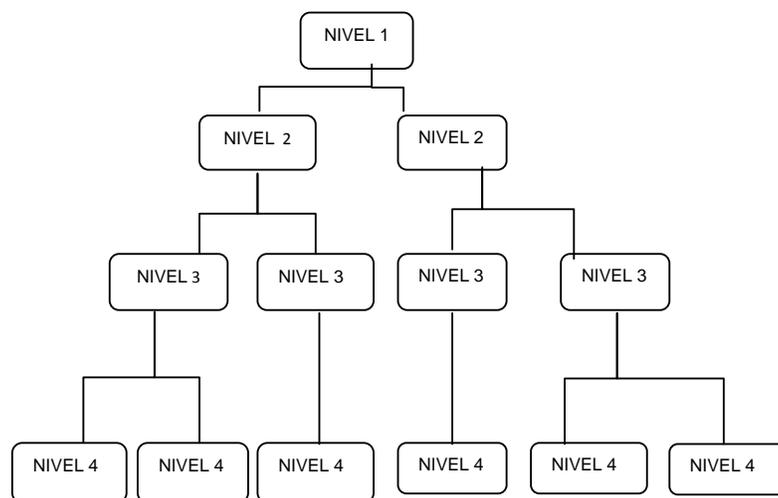


FIGURA 5.1
ORGANIGRAMA TIPO VERTICAL

Horizontal.- Desarrollándose de izquierda a derecha. Adopta la misma figura de pirámide con la base a la derecha.

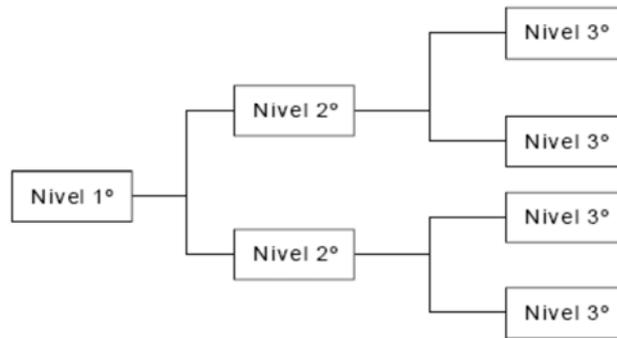


FIGURA 5.2
ORGANIGRAMA TIPO HORIZONTAL.

Desarrollo del Organigrama de la Empresa.

El desarrollo de un organigrama en una empresa depende de múltiples factores. Los más importantes son: tamaño, número de plantas industriales vinculadas, ubicación física, producto, procesos involucrados, desarrollo tecnológico, disponibilidad de recursos, etc.

Es importante mencionar que no existe un modelo único de organigrama que sirva a todas las empresas, esto obliga a que cada una desarrolle su propio organigrama que permita cumplir con los objetivos fijados por la alta gerencia, incluso en empresas pequeñas las distintas funciones pueden recaer en una sola persona. En empresas medianas y grandes es indispensable contar con un organigrama en el que todas las gerencias se encuentran a un mismo nivel de autoridad y jerarquía. Lo mencionado se lo

considera importante en caso de presentarse desacuerdo entre dos o más gerentes, éstos pueden dirigirse a su superior inmediato para resolver la disputa y tomar la decisión más conveniente.

Si bien, en empresas pequeñas el organigrama puede ser muy sencillo. En estas, siempre deberá respetarse que mantenimiento esté en pie de igualdad con producción y con calidad. Esta estructuración permitirá un desarrollo más eficiente de los procesos alcanzando un valor mínimo de costos y devoluciones, a consecuencia de una correcta interpretación de la gestión de mantenimiento, donde se deberá tener claro que el objetivo de este no es reparar el equipo averiado lo más rápido posible. Sino alcanzar el más alto nivel de efectividad en el funcionamiento de los sistemas productivos, servicio e instalaciones lo cual permita anticiparse a la falla alcanzando la menor contaminación al medio ambiente y la más alta seguridad del personal involucrado, al menor costo posible.

Se considera que la compañía sobre la cual se desarrolla el presente trabajo se encuentra entre las compañías pequeñas y su organigrama definido y estructurado ante el sistema de gestión de la calidad ISO9001 se lo presenta en el Apéndice C

En reunión realizada por el comité se decide la conservación del organigrama de la empresa presentada debido a que ha sido desarrollada considerando todos los conceptos básicos de elaboración.

Organización del Departamento de Mantenimiento.

Es importante considerar que la organización del departamento de mantenimiento deberá contemplar la totalidad de actividades del cual son responsables, buscando el desempeño efectivo del personal al menor costo, es necesario además tener siempre presente que dentro de este concepto amplio de funciones y responsabilidades de mantenimiento, se encuentran elementos de gestión tales como: supervisión y control además de gestiones operativas tales como: atención de los servicios, ejecución de las intervenciones, etc.

Al igual que lo expresado en la organización de la empresa, tampoco existe a nivel de mantenimiento un organigrama como modelo de aplicación general. Cada empresa deberá crear el organigrama más conveniente y que mejor se adapte a sus características propias.

Es muy difícil lograr que en mantenimiento una sola persona pueda realizar satisfactoriamente todas las funciones propias del área, salvo que la empresa sea muy pequeña y/o que su responsable tenga condiciones excepcionales.

Para diseñar una estructura organizativa en mantenimiento se debe:

- Determinar la responsabilidad, autoridad y el rol de cada persona involucrada en el Área de Mantenimiento.
- Establecer las relaciones verticales y horizontales entre todas las personas.
- Asegurar que el objetivo de mantenimiento ha sido interpretado y entendido por todos.
- Establecer sistemas efectivos de coordinación y comunicación entre las personas.

En el apéndice C se puede identificar las relaciones y jerarquías del personal de mantenimiento y por las mismas razones identificadas en el numeral anterior se decide la conservación del mismo.

5.2 Maquinas Críticas.

A continuación se describe la metodología que se empleara en la determinación de la criticidad de los equipos, instalaciones y componentes existentes en la compañía, considerando que previamente se deberán conocer ciertos conocimientos básicos.

Concepto de Criticidad.

El término es usado para determinar la importancia de una máquina en el proceso productivo. Esta importancia está basada en una evaluación de las consecuencias que implicaría la falla del equipo en servicio.

El Análisis de Criticidad es una metodología que permite ponderar instalaciones y equipos, en función de su impacto global al presentarse una avería, con el fin de facilitar la toma de decisiones para evitar el posible impacto.

La información de criticidad podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo y mantenimiento en lo crítico.
- Priorizar proyectos de inversión en lo crítico.
- Diseñar políticas de mantenimiento en lo crítico.
- Seleccionar una política adecuada de manejo de repuestos y materiales en lo crítico.
- Dirigir las políticas de mantenimiento a las áreas o sistemas más críticos.
- Utilización óptima de los recursos humanos y económicos dirigidos hacia Sistemas claves de alto impacto.

- Potencializar adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, basado en la criticidad de sus procesos y sistemas en equipos que realmente se consideren críticos
- Priorizar la detección de oportunas pérdidas permitiendo aplicar otras herramientas de Confiabilidad Operacional.

Se debe considerar que para la determinación de criticidad se requiere de:

- Listado total de equipos.
- Diagrama de proceso
- Plano distribución de áreas de la compañía

Determinación de Matriz de Criticidad.

Para la determinación de la matriz de criticidad se analiza cada activo sea este un equipo o instalación considerando los siguientes factores determinantes de criticidad:

- Producción
- Medio ambiente
- Seguridad y Salud
- Calidad y productividad
- Costo de reparación de equipos por mantenimiento.

- Tiempo de operación.
- Frecuencia de fallas.
- Tiempo promedio para reparar o tiempo de reposición de equipos por mantenimiento (TPPR) - mean time to repair (MTTR)

En la reposición de equipos por mantenimiento es importante considerar aquellos que no son redundantes y que no pueden ser remplazados rápidamente debido a que se requiere una importación del mismo.

Los pasos a seguir en el estudio de criticidad de una compañía de cualquier naturaleza son:

- Identificación de los equipos e instalaciones a evaluar.
- Definir el alcance y objetivo para el estudio
- Selección del personal a entrevistar o comité para el desarrollo de esta actividad, como es el caso específico de este trabajo
- Informar al personal entrevistado o miembros del comité según aplique, sobre la importancia del estudio.
- Recolección de ideas a través de entrevistas y en el caso del comité a través de Brainstorming (tormenta de ideas) desarrolladas en las reuniones.
- Verificación y análisis de ideas.

- Retroalimentación – divulgación, para que exista total acuerdo y conocimiento de lo desarrollado entre los entrevistados o miembros del comité
- Implementación de resultados.

Remitirse al Apéndice D para identificar la matriz de criticidad

Distribución General de Equipos en la Compañía.

A continuación se presenta de forma general como la compañía se encuentra distribuida en sus distintas áreas:

1. Unidad de servicio. Esta se encuentra constituida por los siguientes equipos :
 - Dos compresores de pistón de cap. máx. 55 scfm con fuentes de 15 hp
 - Un Caldero piro tubular de 40 BHP
 - Dos torres de enfriamiento tiro inducido con flujo a contra corriente
 - Dos desmineralizadores de agua ; aniónico y cationico con capacidades de: 6 ft³ y 2 ft³.
 - Un generador de emergencia a gas - GLP para oficinas con capacidad de 11KVA

- Un generador de emergencia para planta que emplea FUELOIL "diesel " con capacidad de 75 KVA
 - Un transformador general para planta de 300 KVA a 13200 Voltios
2. Unidad de producción o proceso.- Compuesta por dos unidades de elaboración de producto terminado los cuales individualmente involucran a los siguientes subprocesos.
- Dosificación o carga
 - Reacción y
 - Dilución
3. Unidad de almacenamiento.- Esta compuesta por :
- Tanques de almacenamiento de producto terminado de las siguientes capacidades:
 - Tres tanques de poliéster de 18,92 m³
 - Cuatro tanques metálicos de 9,46 m³
 - Dos tanques de almacenamiento de materia prima con capacidades de 9,46 m³ para almacenamiento de Vinil Acetato de monómeros y 18,92 m³ para almacenamiento de Butil Acrilato de monómeros.
4. Unidad de seguridad y protección del medio ambiente

- Una planta de tratamiento de aguas residuales de proceso con capacidad de 18 m³
- Sistema de recolección de gases o vapores generados en las dos unidades de producción
- Red contra incendio
- Equipos de combate contra incendio
 - Extintores
 - Gabinetes
 - Hidrantes
 - Sprinklers/rociadores

Cada área y subproceso mencionado en la unidad de producción dispone de sus equipos, componentes e instalaciones tales como: bombas, sistemas de agitación, totalizadores, motores, entre otros. A continuación podemos mencionar algunos adicionales a los mencionados:

- Bombas neumáticas
- Bombas centrifugas
- Bombas de desplazamiento positivo
- Bombas dosificadoras de diafragma
- Motores eléctricos
- Tanques Inoxidables herméticos de dosificación, reacción y

Dilución

- Sistemas de Mezclado
- Sistemas de agitación con paletas o hélices para reacción y

Dilución

- Equipos de protección contra incendio
- Válvulas de seguridad
- Válvulas de alivio de presión y vacío
- Montacargas
- Contadores de galones

Las áreas/unidades con sus respectivos sub procesos o sub áreas según corresponda, en las cuales está distribuida la planta, se lo puede visualizar en la tabla del Apéndice E.

Diagrama de proceso

De tal manera que se pueda identificar mejor la interrelación de los equipos existentes en la compañía y mencionados en el numeral anterior se presenta en el Apéndice F un diagrama de flujo de proceso.

Determinación de Criticidad de Equipos

La determinación de criticidad de los equipos de la compañía lo realizó el comité de mantenimiento a través de: la matriz de criticidad “Apéndice D”, diagrama de flujo de proceso “Apéndice F” , el listado total

de equipos existentes “ apéndice G” y el plano de distribución de áreas de la compañía “Apéndice H” .

Bajo una conformidad de todos los integrantes del comité, en el Apéndice I se presenta el prototipo de equipos críticos.

5.3 Sistema de Codificación de Equipos.

La determinación de códigos de los equipos lo realizo el comité de mantenimiento considerando lo siguiente:

- Identificación fácil del equipo o instalación
- Ubicación del equipo o instalación
- Proceso al cual se involucra
- Permitir asociar los componentes del que se encuentra conformado el equipo o instalación.

La información básica que requiere identificar el departamento de mantenimiento a través del código son:

1. Ubicación del equipo o instalación; cual es el área o unidad a la cual pertenece.
2. Subproceso al cual relaciona, en el caso de involucrar al proceso, en los otros casos sub áreas a las cuales involucra
3. Nombre del equipo
4. Identificación numérica del equipo

5. Nombre del componente del equipo

6. Identificación numérica del componente del equipo

A continuación mencionamos la nomenclatura empleada para las distintas interpretaciones de áreas y subprocesos a los cuales relaciona según la distribución de áreas de la compañía realizada en el literal 5.2.2

1. Proceso

- Unidad N.- 1 (U1)
 - Dosificación – Carga (CRG)
 - Reacción (REAC)
 - Dilución (DIL)
- Unidad N.-2 (U2)
 - Dosificación – Carga (CRG)
 - Reacción (REAC)
 - Dilución (DIL)
- Envase (ENV)

2. Servicio (SERV)

- Vapor (VAP)
- Aire comprimido (ACMP)
- Agua de proceso (APRO)
- Agua de enfriamiento (ENF)
- Energía eléctrica (ELEC)

3. Almacenamiento (ALM)

- Materia prima(MP)
- Producto terminado(PT)
- Logística y transporte (LYT)

4. Seguridad y medio ambiente (SYM)

- Planta de tratamiento de aguas residuales de proceso (PTAR)
- Sistema recolector de gases de proceso(RG)
- Equipos de combate contra incendio(CI)

La codificación de equipos realizada y aceptada por el comité se lo puede visualizar en el Apéndice G.

Procedimiento de codificación.

Con el fin de identificar y codificar: maquinarias, equipos e instalaciones con que cuenta la compañía, se estableció un código conformado por seis niveles:

Nivel1	Nivel2	Nivel 3	Nivel4	Nivel5	Nivel 6
XXX-	XXX-	XXXX-	OO	- XXXX-	OO

NIVEL 1

Representa con un máximo de tres letras la unidad de producción, y todos los demás equipos que no pertenezcan a la unidad de producción representan: el área

NIVEL 2

Representa con un máximo de tres letras el subproceso al cual involucra, solo para equipos que se encuentra ubicado en la unidad de producción

sea este: unidad # 1 o 2. Y para equipos que no pertenecen a la unidad de producción representan: La ubicación o labor específica de servicio.

NIVEL 3

Representa con un máximo de 4 letras, el nombre del equipo

NIVEL 4

Representa con un máximo de 2 números, la forma numérica como se encuentra identificado el equipo

NIVEL 5

Representa con un máximo de 4 letras, el componente del equipo

NIVEL 6

Representa con un máximo de 2 números, la forma numérica como se encuentra identificado el componente del equipo

En caso de no aplicar cualquiera de los niveles, omitirlo y seguir adelante.

En el Apéndice J se presenta los diagramas que se deben seguir durante la codificación de equipos. A continuación se presenta un ejemplo de codificación:

5.4 Sistema de Mantenimiento Computarizado.

Una administración de mantenimiento a través de un ordenador y su respectivo software otorga un sin número de beneficios entre los cuales podemos mencionar.

1. Recopilación clara y confiable de fichas técnicas, planos, historia de mantenimiento y otra información magnética importante requerida.
2. Disminución del tiempo requerido para consulta, evaluación y búsqueda de archivos tales como:
 - Historial de mantenimiento
 - Ordenes de trabajo
 - Fichas técnicas etc.
3. Un sistema de consulta, evaluación y búsqueda: Dinámico, dedicado e interactivo.

Se considera como primicia y prioridad la homologación en la utilización del software administrador de mantenimiento además del factor costo el cual se elevaría si se tiene que comprar los derechos de un software nuevo, las otras compañías pertenecientes a la organización utilizan el siguiente software: Administrador de Mantenimiento. El comité al finalizar la reunión donde se determina el software a emplear define emplear este mismo software denominado AM (Administrador de Mantenimiento) la decisión se basa y justifica por:

- Homologación en la utilización del mismo software
- Y bajo costo

Se considera necesario mencionar que el software a emplear dispone de todas las aplicaciones requeridas por el departamento de mantenimiento.

La única diferencia sería que su plataforma de trabajo no es muy amigable como el de programas actuales reconocidos a nivel mundial pero, para efectos de aplicación se lo considera apropiado.

A continuación realizamos una presentación breve del software con las aplicaciones de los menús más importantes y que son de interés para el desarrollo de este trabajo de tesis.

Descripción Breve del Software Seleccionado.

El software dispone de las siguientes funciones principales las cuales se las puede visualizar en la pantalla de inicio en el menú principal:

- Infraestructura [IE]
- Equipos o Activos [EQ]
- Repuestos [RP]
- Pedidos [PD]
- Kárdex de Repuestos [KX]
- Combustibles [CB]
- Programas de Mantenimiento [PM]
- Solicitudes de Servicio [SS]

- Paros/Averías [PA]
- Órdenes de Trabajo [OT]
- Historia de Mantenimiento [H]

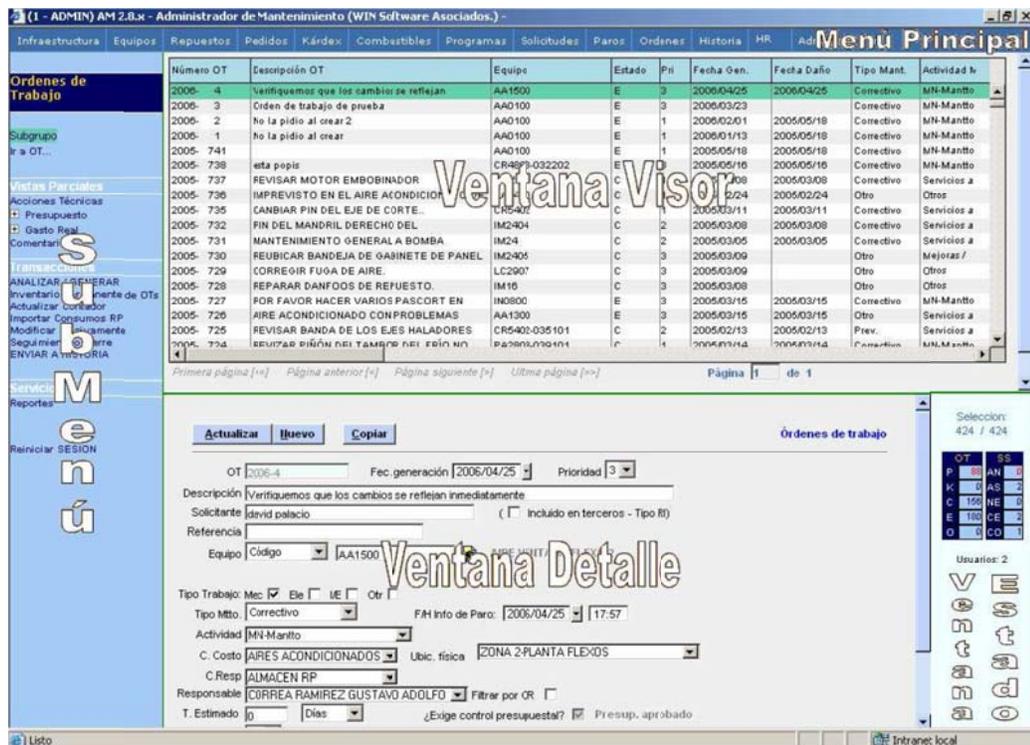


FIGURA 5.3
IMAGEN INICIAL DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO DEL
SOFTWARE A.M. (ADMINISTRADOR DE MANTENIMINETO)

Descripción de las Funciones Principales Ubicadas en el Menú Principal.

A continuación presentamos una descripción de las funciones principales ubicadas en el menú principal.

Infraestructura

Es la función que deberá administrar el grupo de datos básicos configurables del departamento de mantenimiento en la empresa, tales como: Terceros, Ubicaciones Físicas, Almacenes, Unidades de Medida, Monedas, Contadores, Características, Centros de Costo, Centros Responsables, Oficios, Responsables, Otros Conceptos de Costo, Causas Pendientes, tipos de Actividad, Causas de Cierre, Acciones Técnicas, Causas de Falla, Efectos de Falla, Contratos, Conceptos de Kárdex, Lubricantes Genéricos, Operaciones, Referencias, Clasificadores y Estados. Un grupo de estas ya se encuentra pre configurado por defecto pero se puede ajustar según las necesidades y requerimientos de la empresa.

Equipos o Activos

Es la Función central la cual permitirá definir todos los activos que deberán estar sujetos a mantenimiento tales como: Equipos, Maquinarias, e Instalaciones

Repuestos

Es la función que está encargada del registro y control de materiales y repuestos del almacén.

Pedidos

Es la función que permite a distintas áreas de la empresa solicitar materiales y repuestos a un almacén definido en el sistema o al área de compras. El movimiento de Pedidos se puede enlazar de forma automática con el movimiento de kárdex para el almacén respectivo.

Kárdex de Repuestos

A través del kárdex se realiza el registro de todo movimiento de entrada o salida, de materiales o repuestos de cada almacén. Para su operación, en el modulo "Infraestructura", en la tabla "Conceptos de Kárdex" se definen y configuran previamente los conceptos o tipos de transacciones de movimiento, que serán hábiles en el sistema, para cada Almacén de la compañía.

Combustibles

Este modulo presenta la facilidad de registrar todo movimiento y consumo de combustibles para equipos de proceso o de servicio de la organización. Es posible registrar movimiento de combustible desde tanques de almacenamiento propios o desde estaciones de servicio externas, tomando en cuenta el tipo de combustible, las unidades y cantidades de consumo y los costos unitarios de los mismos. En caso de tanques de almacenamiento internos, es posible también hacer seguimiento a los niveles de los mismos.

Programas de Mantenimiento

Es la función que realiza la programación de actividades de mantenimiento rutinarias, cíclicas, sistemáticas o repetitivas en general. Un Programa de mantenimiento se define con el objeto de generar órdenes de trabajo en forma automática y anticipada. Se toman en cuenta trabajos programados de tipo: Preventivo, Predictivo, Lubricación, Calibración e Inspección u Otros.

Solicitudes de Servicio

Es el módulo mediante el cual todo empleado autorizado de la compañía, puede solicitar una atención o servicio por parte del área de mantenimiento. Una Solicitud de Servicio puede ser atendida como tal o puede dar origen a una orden de trabajo. El solicitante puede hacer seguimiento permanente del estado de su solicitud. Este modulo fundamenta su utilización para acciones técnicas sencillas de mantenimiento que impliquen corto tiempo de ejecución, bajo costo, y que sean ejecutados por un solo responsable.

Paros/Averías

A través de esta función, se hace el registro minucioso de toda actividad que genere un paro de un equipo o cualquier actividad de mantenimiento, programado o no programado, que genere tiempos improductivos. Además de los registros de los tiempos de paro, se relacionan también la

Causa y Efecto de la Falla y las Acciones Técnicas respectivas. Un paro puede dar origen a una Orden de Trabajo.

Órdenes de Trabajo

Es la función que concentra la administración de las órdenes de trabajo del sistema. Cubre, desde la generación automática o la creación manual de las órdenes de trabajo, el seguimiento y consulta integral durante la ejecución de ellas, hasta su cierre y envío posterior a historia de mantenimiento. Se considera a este módulo como el centro de la gestión de mantenimiento.

Historia de Mantenimiento

Es la función que agrupa, estudia y analiza la información histórica de Mantenimiento. La Historia de Mantenimiento está conformada por el conjunto de las ordenes de trabajo que se han ejecutado, liquidado, cerrado y trasladado hasta la Historia de Mantenimiento, y por las Solicitudes de Servicio o Paros que han sido cerrados y son enviados a Historia. Esta historia sintetiza y refleja la actividad de Mantenimiento ejecutada en la empresa. Es a partir del resumen histórico de mantenimiento que se genera:

1. El Balance Periódico de Gestión,
2. Los índices de seguimiento y de gestión

3. Gran variedad de estudios especiales, como:

- Análisis de fallas,
- Análisis de Pareto por varios criterios
- Análisis de costos por mano de obra, materiales/repuestos y otros conceptos
- Análisis de Confiabilidad o Disponibilidad
- Análisis sobre consumos de recursos o
- Análisis sobre proveedores de servicio, entre muchos otros.

Administración

Es la función central donde se provee la administración del sistema. La cual cubre aspectos de:

- Configuración personalizada de la compañía
- Definición de los perfiles de los usuarios en sus diferentes niveles de acceso.

Descripción General de la Barra Sub Menú.

Me proporciona opciones u submenús que me facilitan el trabajo de búsqueda, visualizaciones, reportes y transacciones, correspondientes al módulo seleccionado dentro del menú principal al cual se ha ingresado.

Descripción General de la Ventana Visor

Es la ventana en la que se lista el total de los registros o aquellos preseleccionados al emplear el filtro de subgrupo ubicado en la barra de sub menús para búsquedas específicas, los registros corresponden al módulo seleccionado dentro del menú principal al cual se ha ingresado.

Descripción General de la Ventana Detalle.

Es la porción de la pantalla en que se muestran los datos detallados del registro seleccionado en la ventana Visor.

Descripción General de la Ventana Estado

Esta ventana se ubica en la parte inferior derecha de la pantalla. Y contiene cuatro tipos de información:

1. El número de registros seleccionados contra el total de los existentes dentro del módulo activo
2. Un visor en tiempo real que resume la cantidad de ordenes de trabajo y las solicitudes de servicio existentes, clasificadas y totalizadas según su estado;
3. Un contador de los usuarios actualmente en línea,
4. Un indicador de proceso en ejecución, eventual, que se muestra como piñones rotando.

Descripción General de la Ventana Reportes

Esta ventana presenta las opciones de impresión de reportes escritos relacionados con cada módulo del sistema.

5.5 Hojas de Datos Técnicos de Equipos.

Se considera necesario recopilar toda la información referente a los equipos identificados según el Apéndice G. Para tal actividad se ha elaborado un formato. En primera instancia se transcribirá toda la información técnica de cada equipo encontrada en forma física a magnética para posteriormente ingresarlo al software A.M. (Administrador de Mantenimiento).

Formato para Recopilar la Información Técnica de Equipos

El comité tras una reunión resuelve utilizar los siguientes formatos para transcribir toda la información técnica existente en forma física a magnética de los equipos existentes en la compañía. En el Apéndice K se presenta un formato de ficha técnica empleado en la recopilación de información técnica.

Ingreso de Información Técnica de Equipos al Software A.M (Administrador de Mantenimiento).

En primera instancia se deberán registrar e ingresar todos los equipos al software a través del menú equipos. Posteriormente ingresando al menú

de equipos y visualizando el modulo de equipos activo en la barra de submenús, se busca el equipo especifico a través del: filtro, subgrupo o ventana visor y se lo selecciona, una vez seleccionado se procede a elegir de la barra de submenús la opción: características y de esta manera en la ventana visor se visualiza varios cuadros de textos para editar o crear. En estos cuadros de textos es donde se deberá ingresar toda la información técnica considerada importante del equipo, seguir el mismo procedimiento explicado desde el inicio para ingresar datos técnicos de otros equipos.

5.6 Historia de Mantenimiento.

En reunión del comité se resuelve la conservación física de la historia de mantenimiento de equipos evitando la edición innecesaria de la información al software A.M. excepto solo aquella información física existente que se considere importante y relevante.

El software A.M (Administrador de Mantenimiento) de manera automática cuando una solicitud u orden de trabajo sea ejecutada y por ende cerrada este enviara a la base de datos de historia toda la información recopilada durante la ejecución del trabajo, esto permitirá posteriormente sintetizar, analizar y reflejar las actividades de Mantenimiento ejecutadas en la empresa. Permitiendo generar:

1. El Balance Periódico de Gestión,
2. Los índices de seguimiento y de gestión
3. Gran variedad de estudios especiales, como:
 - Análisis de fallas,
 - Análisis de Pareto por varios criterios
 - Análisis de costos (mano de obra, materiales/repuestos y otros conceptos)
 - Análisis de Confiabilidad o Disponibilidad
 - Análisis sobre consumos de recursos o
 - Análisis sobre proveedores de servicio, entre muchos otros.

5.7 Programa 5 “S”

Este programa es esencial para incorporar en toda empresa cualquier metodología de mantenimiento moderno, además define actividades esenciales de orden y limpieza requerida para alcanzar un aumento de productividad y se caracteriza por inducir al trabajo en equipo creando un ambiente de trabajo más grato, confortable y de mayor satisfacción.

Este programa trata del mejoramiento continuo del ambiente de trabajo y se enfoca en el orden y la limpieza de las cosas y en el respeto a las políticas y disciplinas de cada organización, se considera necesario implementarlo antes de iniciar los tres primeros pasos del Mantenimiento Autónomo. Se lo considera como la herramienta utilizada para romper la

resistencia al cambio por parte del personal operativo y administrativo y que no castiga a nadie, sin embargo involucra a toda la compañía en la mejora continua y prepara las condiciones propicias para él cambio.

Es necesario hacer una excelente implementación de las Cinco eses y no solo una campaña ni un método simple de limpieza. Debido a que si no se implementa totalmente o si solo se lo realiza en forma de campaña, cualquier metodología que requiera de esta herramienta como es el caso de mantenimiento autónomo y TPM, fracasará indudablemente.

El Dr. NAKAJIMA, propulsor y creador de esta estrategia afirma que “no es conveniente implementar el Mantenimiento Autónomo, sin haber obtenido los logros tempranos que proporcionan las Cinco eses”. De aquí que ambas metodologías están íntimamente relacionadas.

Estructuración de 5 “S”

A continuación se explica de forma general, las bases de esta estrategia.

Esta estrategia busca el trabajo efectivo, sea el que sea, permitiéndome

- Simplificar trabajos, reducir o incluso anular actividades que no otorguen beneficio alguno que no contribuyan al negocio
- Incrementar la seguridad
- Estandarizar procesos de trabajo en todas las áreas y

- Organizar el lugar de trabajo.

Los pasos a seguir son:

SEIRI - ORDENAR

Identifica y elimina del área de trabajo todo lo que no sea necesario. Es una manera efectiva de liberar espacios.

SEITON – COLOCAR TODO EN SU LUGAR

Es simple y consiste en definir un sitio para cada cosa y colocar cada cosa en su sitio. El objetivo es que el que necesite algo lo encuentre rápidamente. Estrategias fáciles serían delimitar claramente lugares de trabajo como por ejemplo pintar el piso. El formularnos las siguientes preguntas nos puede ayudar a organizar nuestro puesto de trabajo: ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?, ¿Dónde lo necesito?, ¿Cuánto necesito?

SEISO - LIMPIAR

Después de eliminar lo que nos molesta incluida la basura, y en el momento que se haya reorganizado todo el material que necesitamos para trabajar, hay que hacer una limpieza a fondo del lugar del trabajo. Esto permitirá identificar muchos problemas los cuales hubieran resultado imposibles de observar y detectar por el desorden y la suciedad existente.

El ambiente de trabajo se hace más agradable y aumenta la moral del que está trabajando en esa área.

SEIKETSO – ESTANDARIZAR

Conservar la higiene, teniendo cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan. Esto es ejecutado a través de la estandarización de hábitos, normas y procedimientos.

Concentrar los esfuerzos en estandarizar lo mejor de nuestro trabajo y compartir esa información de tal manera que se permita volver a aplicarlo. La participación de los operadores no capacitados en éste punto es vital en cuanto se refiere a disponer y compartir información, que mejor que ellos que son quienes viven los problemas día a día y conocen mejor la operación de los equipos, sepan cómo enfrentar un problema a través de un procedimientos estandarizado.

SITSUKE - MANTENER

Este punto se considera el más difícil de conseguir y nos proporcionara la magnitud del éxito en la implementación de metodologías que requieran previamente de esta estrategia. Hay que buscar maneras fáciles para medir las desviaciones de lo realizado hasta ahora permitiendo corregirlas

y no caer de nuevo en un círculo vicioso negativo, esto permitirá garantizar que todo el esfuerzo realizado tenga continuidad.

En reunión del comité se resuelve iniciar con la implementación de esta estrategia, la cual deberá iniciar con las siguientes actividades siguiendo el siguiente orden:

1. Presentación general y capacitación básica de los cinco pasos que involucra esta estrategia a todo el personal de la compañía.
2. Conformación de un comité evaluador de orden y limpieza en la compañía.
3. Que el comité evaluador de orden y limpieza realice una auditoría de diagnóstico
4. Identificación de actividades por área requeridas por ejecutar a través de una matriz.

En el Apéndice L se presenta una matriz de hallazgos realizada al área de mantenimiento y levantada por el comité evaluador de orden y limpieza existente en la compañía.

5.8 Programa de Entrenamiento del Departamento de Mantenimiento.

Todo el personal debe estar preparado para: Progresar en cada tipo de trabajo según su especialidad y desarrollar en forma eficaz y eficiente sus actividades, requiriéndose la capacitación para este fin.

Los programas permanentes de capacitación y entrenamiento tienen, entre otras cosas, las siguientes metas:

1. Facilitar y conducir a que el desarrollo de una tarea específica se lo realice de manera efectiva.
2. Permitir el utilizar e introducir equipos con nuevas tecnologías de operación y funcionamiento
3. Promover la concientización de conceptos básicos en seguridad e higiene industriales
4. Instruir en la prevención y combate de siniestros en caso de presentarse aquello
5. Conocer los conceptos fundamentales del proceso referentes a la elaboración del producto haciendo énfasis en los efectos como calidad, costos, productividad, entre otros. causados por mal funcionamiento de los equipos e instalaciones.
6. Mejorar la capacidad intelectual profesional y de gestión del personal, supervisores y jefes. De tal manera que el personal involucrado con equipos como en primera instancia: el operador sea un profesional capaz de realizar actividades de mantenimiento de forma espontanea sean estos: limpieza, lubricación, inspección, pequeños ajustes y medición de parámetros de operación, en segunda instancia: que el personal de mantenimiento sea un profesional capaz de realizar actividades múltiples como mecánico, electricista, instrumentista y

electrónico y en tercera instancia que: el ingeniero o jefe de mantenimiento sea un profesional capaz de evaluar, revisar y proyectar equipos con sus respectivas actividades.

7. Promover la utilización del ordenador para manejo de la información del departamento.

Los programas de capacitación se lo desarrollan periódicamente bajo el control del área responsable que es recursos humanos y la participación del jefe de mantenimiento. La capacitación será en grupo o individual ya sea en la empresa o instituciones técnicas sean estas privadas o públicas que mejor ameriten para los fines propuestos.

En reunión del comité de mantenimiento se desarrollo una tabla donde se identifica los temas de capacitaciones requeridas para el personal de operación, mantenimiento y jefe de mantenimiento de tal manera que se ajuste a la implementación de esta guía permitiendo alcanzar el éxito en la implementación de mantenimiento clase mundial.

TABLA 2
IDENTIFICACION DE CAPACITACIONES REQUERIDAS

TEMA	OPERADORES	MECANICO	MANTENIMIENTO SOPORTE DE MECANICO	JEFE DE	CAPACITADOR
CONCEPTOS BASICOS DE SEGURIDAD E HIGIENE	X	X	X		EMPRESA
PRINCIPIO BASICO DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS	X	X	X		EMPRESA
CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO REFERENTES A LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO HACIENDO ÉNFASIS EN LOS EFECTOS COMO CALIDAD, COSTOS, PRODUCTIVIDAD, ENTRE OTROS. CAUSADOS POR MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES.	X	X	X		EMPRESA
PREVENCIÓN Y COMBATE DE SINIESTROS POR AVERIA O INTERVENCIÓN DE EQUIPOS	X	X	X		EMPRESA
LIMPIEZA, LUBRICACIÓN, INSPECCIÓN, PEQUEÑOS AJUSTES Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	X	X	X		EMPRESA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE LA LUBRICACIÓN		X	X		INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
PRINCIPIO, APLICACIÓN Y SEGURIDAD DE LA SOLDADURA SMAW (ELECTRODO REVESTIDO)		X	X		INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN		X	X		INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
PRINCIPIO, APLICACIÓN Y SEGURIDAD DE LA ELECTRICIDAD		X	X		INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES		X	X		EMPRESA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE MEDICIÓN DE VIBRACIÓN		X	X		EMPRESA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL		X	X		EMPRESA
PRINCIPIO Y APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE ACEITES		X	X		EMPRESA
INVENTARIO DE REPUESTOS		X	X		INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MODERNO				X	INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)				X	INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA
INDICADORES DE GESTIÓN DE MTO. CLASE MUNDIAL				X	INSTITUCION TECNICA : PRIVADA O PUBLICA

5.9 Ordenes de trabajo

La herramienta básica que permite al departamento de mantenimiento disponer de información acerca de costos incurridos, historias de actividades ejecutadas ya sean de mejoras o cambios, es la orden de trabajo. La utilización y seguimiento cuidadoso de la información procedente de las órdenes de trabajo permitirá al departamento de mantenimiento realizar cambios oportunos para beneficio de la compañía los cuales se podrían reflejar en reducción de costos.

Las órdenes de trabajo deben ser:

- Un método para requerir servicio del departamento de mantenimiento.
- Un método para archivar las tareas de mantenimiento con su respectivo tiempo de duración.
- Un método para identificar los tipos de trabajo incurrido en una intervención de mantenimiento.
- Un método para identificar el costo exacto de cada trabajo incurrido en una intervención de mantenimiento.
- Un método para generar los reportes que permitan medir el esfuerzo realizado por el departamento de mantenimiento.
- Un método para asignar trabajo a los técnicos del departamento de mantenimiento.

El comité de mantenimiento ha resuelto habilitar el modulo de órdenes de trabajo del software AM (administrador de Mantenimiento). Para iniciar con la generación de ordenes de trabajo, previamente se debió haber ingresado todos los equipos con su respectiva codificación identificados en los Apéndices G de la forma como se indica en el literal 5.5.2

Los tipos de órdenes de trabajo generadas a través del software son:

1. Correctivas o de emergencia
2. Preventivas manuales
3. Preventivo – planificado - programado
 - Basado en el tiempo: horas, cantidades, Ton, etc.
 - Lubricación
 - calibración
 - Basado en la condición – predictivo
 - Análisis de vibración
 - Termografía industrial
 - Tintas penetrantes
 - Análisis de aceites
 - Y cualquier otro ensayo no destructivo

Es necesario mencionar que además de la función: ordenes de trabajo se habilitara la función solicitudes de trabajo, cuyo término se lo explica a continuación a través de una definición.

Solicitudes de trabajo

Se refiere aquellas actividades que no involucran costo, ni mayor demanda de tiempo en la ejecución.

Las solicitudes de trabajo pueden ser identificadas como ordenes de trabajo durante la ejecución del mismo, al detectarse la complejidad en el desarrollo del trabajo que involucraría costos de mano de obra, repuestos, insumos y una mayor demanda de tiempo.

Las áreas identificadas a través del comité que serán generadores de órdenes de trabajo o solicitudes son: Gerencia de manufactura, Control de calidad, Seguridad industrial, Medio ambiente, Logística y transporte, Contraloría, Gerencia general y Gestión humana. Las personas autorizadas serán las correspondientes jefaturas de cada área identificada y mencionada anteriormente. En el Apéndice M se visualiza la generación de una solicitud y orden de trabajo como ejemplo.

En los siguientes diagramas se describen la generación de ordenes de trabajo por mantenimiento correctivo y cualquier otro tipo de mantenimiento que no sea correctivo respectivamente.

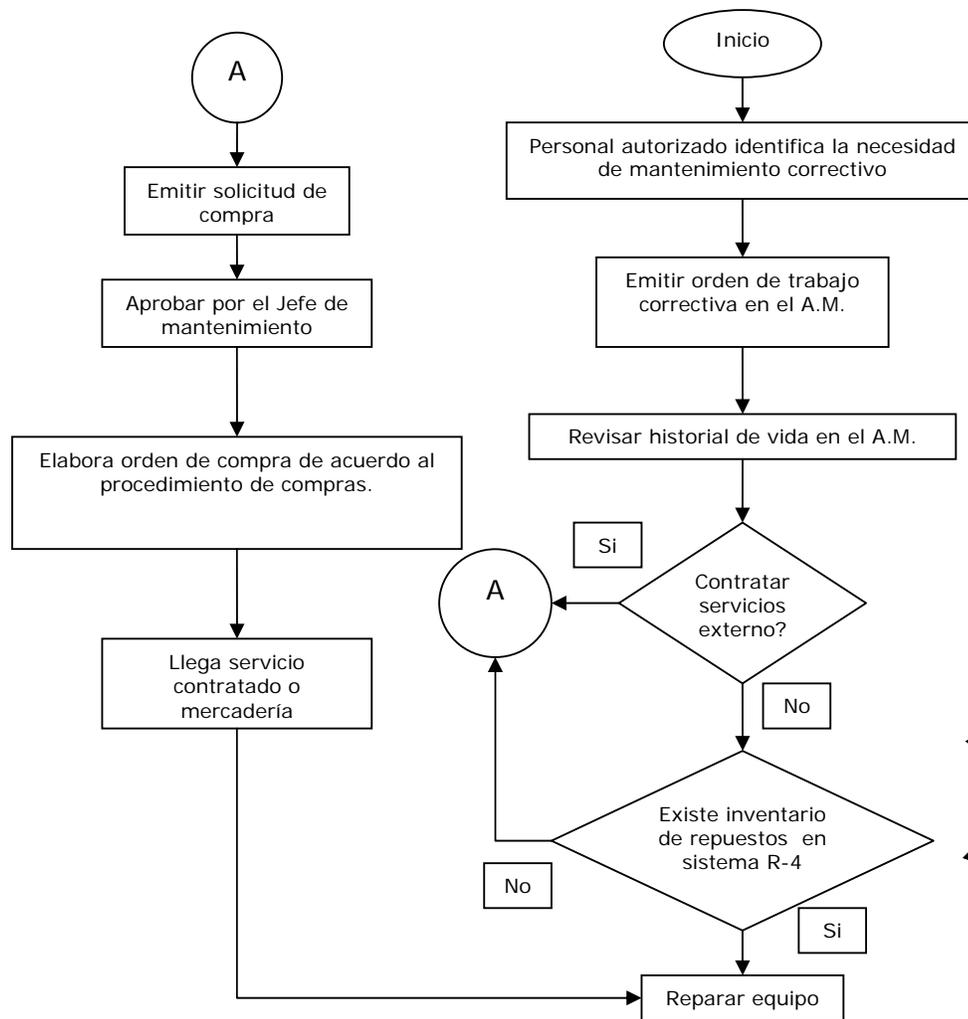


FIGURA 5.4
DIAGRAMA QUE DESCRIBE LA GENERACION DE ORDEN DE TRABAJO
POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

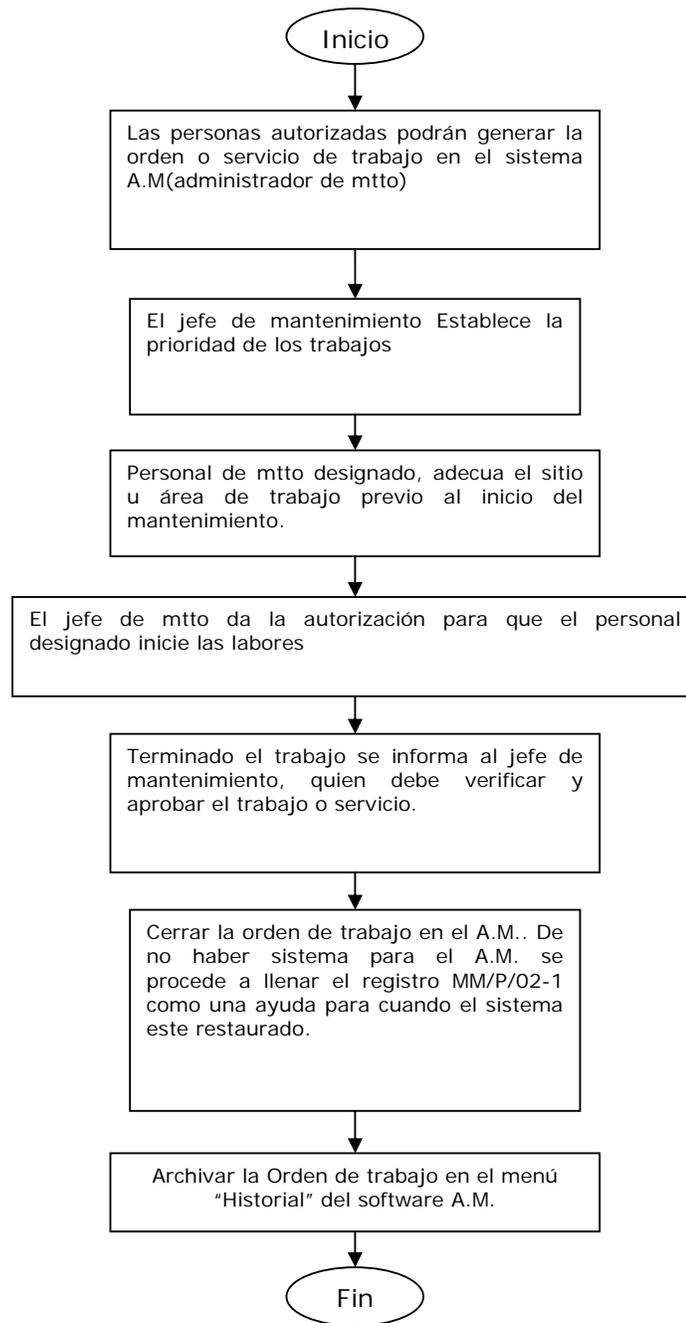


FIGURA 5.5
DIAGRAMA QUE DESCRIBE LA GENERACION DE ORDEN DE TRABAJO
POR CUALQUIER OTRO TIPO DE MANTENIMIENTO Y NO CORRECTIVO

5.10 Plan maestro de mantenimiento.

Es necesario iniciar este literal definiendo dos conceptos que serán empleados en adelante siendo importante su correcta interpretación.

5.10.1 Programación del Mantenimiento

Programar el Mantenimiento significa determinar cuando un trabajo debe ser ejecutado en función del tiempo, considerando que se deberá de proveer de una Planificación secuencial que permita la ejecución de todos los trabajos identificados dentro del mismo periodo de tiempo.

Los parámetros que definen la programación de los trabajos son:

- Prioridad - Criticidad
- Fecha en que debe realizarse.
- Ubicación Funcional.
- Disponibilidad de Materiales.
- Disponibilidad de recursos.
- Tiempo previsto para realizar el Trabajo.
- Disponibilidad del Equipo.

Todos los trabajos deben ser ejecutados en algún tipo de orden, por tanto para poder decidir esto, necesitamos establecer parámetros de prioridad. Estos parámetros deben estar obviamente basados en Objetivos de Negocio o criticidad del equipo que requiere ser intervenido por mantenimiento

Por ejemplo, en el siguiente cuadro se define una posible matriz de prioridades:

**TABLA 3
MATRIZ DE PRIORIDADES**

	SEGURIDAD	CALIDAD	PRODUCCION
EMERGENCIA	PELIGRO A PERSONAL O MEDIO AMBIENTE	PRODUCTO FUERA DEL LÍMITE DE ESPECIFICACIÓN	PARADA DE PRODUCCIÓN
URGENTE	POTENCIAL DAÑO A EQUIPOS	PRODUCTO CON ALTA VARIABILIDAD PERO NO FUERA DE LÍMITES	IMPACTA EN LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN
RUTINA	REPARACIONES NORMALES	EL PRODUCTO PUEDE VERSE ALTERADO	NO IMPACTA EN PRODUCCIÓN

Si no existe un diagrama de decisión claro que establezca criterios de prioridad se puede incurrir en el abuso. Hay que evitar la subjetividad a la hora de priorizar.

Interpretación de los criterios de prioridad:

Emergencia.

La programación se interrumpe y el trabajo debe empezar inmediatamente.

Urgente.

El trabajo debe ser planificado y programado entre las 24 y 72 horas próximas

Rutina.

El trabajo es planificado y programado de forma normal.

Parada.

El trabajo debe ser realizado durante las paradas de producción programadas.

5.10.2 Planificación del Mantenimiento.

Dentro del departamento de mantenimiento de toda compañía se reconoce existen síntomas comunes que hacen perder tiempo antes, durante y después de efectuar un mantenimiento. Algunas de las causas más comunes son.

1. Múltiples visitas al Almacén de repuestos en busca de materiales.
2. Múltiples visitas al Taller de Mantenimiento en busca de herramientas para efectuar el trabajo.
3. Comunicaciones incompletas que hacen que no se sepa exactamente el trabajo a realizar.

4. Pobre coordinación de los Planificadores/Ingenieros responsables.
5. Falta de documentación técnica
6. Pérdidas de tiempo en espera del trabajo asignado.
7. Materiales que se necesitan y no están disponibles en Almacén de repuestos.

En promedio se considera una pérdida de una hora por cada actividad anteriormente mencionada. Esto sin lugar a duda representa una pérdida de la productividad del equipo representando un costo adicional. Para prevenir éstas pérdidas de tiempo y esfuerzo, es necesario Planificar el trabajo. Entonces podemos relacionar el concepto de Planificación con la siguiente pregunta sencilla “Qué es lo que hay que hacer y cómo se lo tiene que hacer”. Todos los Mantenimientos que incluyan Predictivo, Preventivo y Correctivo deben ser planificados.

Planificar un trabajo consiste por lo tanto en un detallado análisis del trabajo que hay que realizar, del sitio donde se va a realizar, descripción de cómo tiene que realizarse el trabajo, qué actividades se van a desarrollar, quién o quiénes tienen que hacerlo, en qué orden, que materiales se requieren y finalmente en qué equipo hay que hacer el trabajo.

En definitiva, Planificar Mantenimiento significa que el Planificador o el Ingeniero responsable debe tener claro los siguientes aspectos de cada trabajo sobre:

1. Seguridad.
2. Información.
3. Material.
4. Personal.
5. Herramientas.
6. Cuando.
7. Dónde.

SEGURIDAD.

Se debe considerar cuales son las precauciones que se deben tener al efectuar el trabajo. Por ejemplo si el trabajo va a realizarse en: Superficies deslizantes, Ambientes calientes o fríos, Espacios confinados etc. Cuáles son los permisos y requerimientos adicionales requeridos sean estos: Desconexión de equipos eléctricos, Desconexión física de líneas, Bloqueo de válvulas, Ventilaciones Forzadas, disponibilidad o habilitación de equipos de combate contra incendio.

INFORMACION

Comprende toda la información importante requerida para la ejecución de todos los trabajos identificados en la planeación tales como: Esquemas, Históricos, Pasos a realizar durante el trabajo, Información y especificación técnica etc.

MATERIALES

Comprende todo el material requerido tales como: Lubricantes, Materiales diversos, accesorios etc.

PERSONAS

Comprende definir cuantas personas requiere el trabajo, qué habilidades deben tener (eléctricos, mecánicos, operación), y lo más importante, estimar la duración de trabajo a efectuar.

HERRAMIENTAS

Comprende el tipo de herramientas o instrumentos requeridos por los técnicos de Mantenimiento. Además se debe considerar ayudas externas tales como grúas, servicio externo - outsourcing etc.

CUANDO

Comprende especificar el momento: día, fecha y hora para realizar el trabajo. Considerando:

- Hacerlo en Marcha.
- Hacerlo en Parada.
- Aprovechar la oportunidad de paradas
- Paradas Planificadas.

DONDE

El Planificador o Ingeniero de Mantenimiento debe definir e informar a todo el personal involucrado dónde es necesario hacer el trabajo ya sea en sus propias instalaciones, talleres o fuera de la compañía en instalaciones de outsourcing.

A continuación el comité de mantenimiento define elaborar las actividades del plan maestro de mantenimiento en base a:

1. Información proporcionada por el fabricante en los catálogos de instrucción, operación y mantenimiento respectivo
2. Información proporcionada por el encargado de mantenimiento respecto a ciertas actividades que deberán ser adicionadas justificadas por la experiencia del mismo en el uso del equipo

3. Estado o condición actual del equipo a los cuales se les aplicara el mantenimiento preventivo
4. Cuál es el grado de utilización del equipo
5. Capacidad de carga a la que se hace trabajar el equipo
6. Decisiones futuras de eliminación de equipos
7. Criticidad del equipo

El plan maestro de mantenimiento involucra:

1. Preventivo sistemático basado en el tiempo
 - a. revisión/ overhaul
 - recambio
 - reparación
 - rectificación
 - b. inspección
 - c. calibración
 - d. comprobación
 - e. diagnósticos
2. Preventivos basados en la condición – Predictivo
 - a. Medición de espesores
 - b. Análisis de vibraciones
 - c. Análisis de aceites
 - d. Termografía industrial

e. Tintas penetrantes

Para poder alcanzar la efectividad de un programa de mantenimiento preventivo se deberá incluir como una de las actividades iniciales el overhaul el cual permitirá retornar al equipo a sus condiciones iniciales de operación de preferencia como nuevo.

En el Apéndice N se puede visualizar un ejemplo de prototipo de plan maestro de mantenimiento para tres equipos específicos , desarrollado por el comité de mantenimiento.

El siguiente diagrama me permite seguir un orden en la programación del plan maestro de mantenimiento, preventivos basados en el tiempo y preventivos basados en la condición.

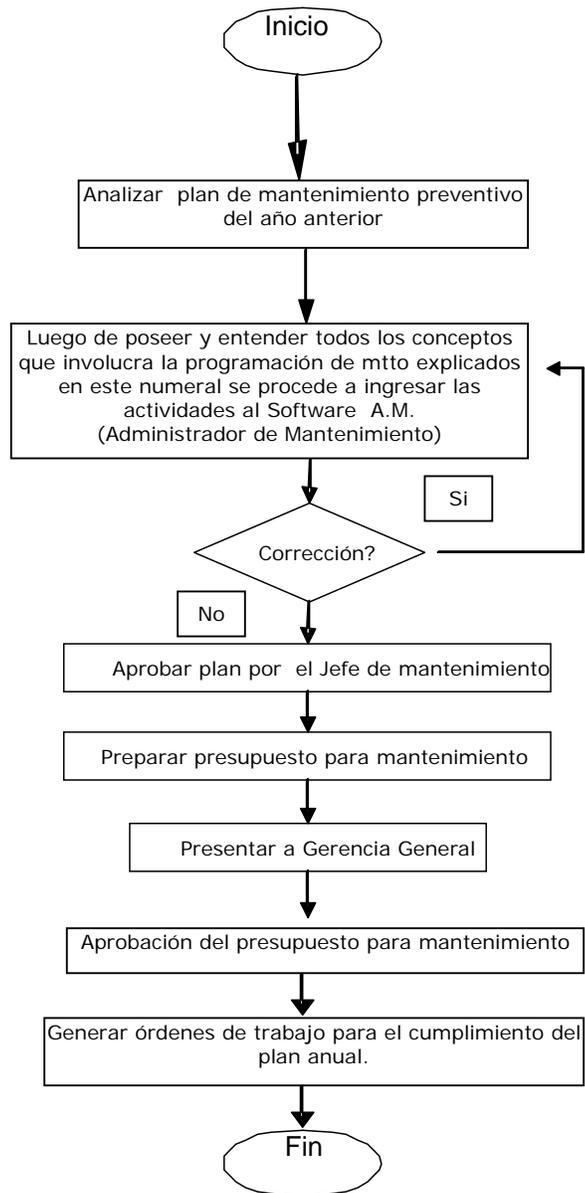


FIGURA 5.6
DIAGRAMA QUE DESCRIBE LA PROGRAMACION DEL PLAN MAESTRO
DE MANTENIMIENTO

5.11 Mantenimiento autónomo.

La finalidad del Mantenimiento Autónomo es la de enseñar a los operadores no calificados, cómo se deben mantener los equipos en condiciones básicas realizando:

- Verificaciones diarias
- Lubricación
- Pequeñas reparaciones
- Comprobación de parámetros de operación básicos de los equipos
- Detección de cualquier condición anormal en el equipo

Las actividades que se requiere sean ejecutadas por los operadores, necesitan de capacitación y entrenamiento. Por lo que deberán estar entrenados para:

- Determinar si las condiciones de operación de los equipos se desvían de los parámetros establecidos en el proceso
- Conservar los equipos en las condiciones normales de funcionamiento de preferencia como nuevo

- Responder con rapidez a las posibles anomalías, permitiendo resolverlas o informar a Mantenimiento si su capacidad o conocimiento no es suficiente.

En general, las personas que deben estar capacitadas para detectar posibles fallos, son aquellas que están cada día en contacto con los equipos y que conocen perfectamente el proceso, de tal manera que sean ellos quienes puedan detectar cualquier problema.

Obviamente, la formación del operario requiere tiempo y dinero, pero la experiencia ha demostrado que es una inversión y no un gasto.

Es importante recordar que previamente se requiere de una exitosa implementación de cinco eses, esto garantizará el éxito en este pilar importante del mantenimiento. El Mantenimiento Autónomo se desarrolla en 7 pasos:

LIMPIEZA INICIAL.

Permitirá detectar anomalías las cuales eran imposibles de detectar anteriormente, de esta manera se podrán realizar sencillas mejoras operacionales que aumenten la eficiencia del equipo.

ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACION, AREAS INACCESIBLES, Y DEFECTOS.

Todo aquello que contribuya a la no mantención de las condiciones básicas deben ser eliminados, no sólo se debe considerar al equipo sino además: el lugar de trabajo, aspectos que afecten a la seguridad personal entre otros.

**CREACION DEL CIL
(CLEANING/INSPECTION/LUBRICATION)**

Los operadores, ayudados por mantenimiento, determinarán:

- Qué puntos del equipo deben ser limpiados, revisados, y lubricados
- Cual deberá ser la frecuencia de limpieza, revisión y lubricación
- Qué herramientas se deben utilizar.

Es necesario que estos chequeos se conviertan en estándares. Para poder realizar las inspecciones y lubricaciones pertinentes, es necesario utilizar técnicas fáciles que permitan al operador informarse rápidamente de lo que está ocurriendo y en qué punto exacto del equipo. Algunos ejemplos representativos pueden ser:

- Marcar los rangos apropiados de presión, temperatura, flujo, velocidad, etc. distinguiendo los correctos de los incorrectos.

- Marcar los puntos de lubricación en el lugar apropiado que se debe realizar, indicando el tipo de grasa que se debe utilizar y su cantidad.
- Marcar la dirección de: rotación de equipos, flujo en tuberías, apertura y cierre en válvulas, etc.
- Rotular los límites máximos y mínimos de temperatura y presión

INSPECCION GENERAL DEL EQUIPO

Los operadores deberán entender los principios básicos de operación de sus equipos, considerando que mantenimiento deberá darles soporte debido a la falta de capacidad y conocimiento.

Los pasos 5.11.1, 5.11.2 y 5.11.3 son las acciones de mantenimiento autónomo para la prevención, detección y control de las condiciones fundamentales de los equipos, manteniendo limpiezas, lubricación y reaprietes. En este cuarto paso se ensaya la detección de los modos de falla con una inspección general del equipo. Es también vital haber iniciado ya las capacitaciones lo cual permitirá incrementar las habilidades de todo el personal, para que puedan realizar la inspección general.

Este cuarto paso lleva mucho tiempo complementarlo, porque todos los operadores y técnicos de mantenimiento tienen que desarrollar su habilidad y destreza para detectar anomalías.

INSPECCION GENERAL DEL PROCESO

Este quinto paso permite desarrollar en los operadores una visión clara de la incidencia en el proceso productivo sean estos: calidad, producción, seguridad, salud y medio ambiente por malas condiciones de operación del equipo, de esta manera se identificara cuáles deberán ser las condiciones óptimas de los equipos y cómo mantenerlas.

Los estándares de limpieza y lubricación establecidos en las etapas 5.11.1, 5.11.2 y 5.11.3 más los estándares de referencia son comparados y evaluados para eliminar cualquier inconsistencia y asegurar la efectividad en el desarrollo de las actividades del mantenimiento autónomo. El tiempo y la buena técnica proporcionaran el arribo a la meta. Además se recomienda hacer un manual de inspección autónoma, el manual deberá contener todas las inspecciones de los grupos de trabajo: operadores y personal técnico y estas inspecciones deberán realizarse con equipo en paro o equipo en marcha

SISTEMATIZAR EL MANTENIMIENTO AUTONOMO.

Los cinco puntos anteriores deben convertirse en algo habitual y es el cambio cultural requerido. Alcanzado aquello se mejorara la calidad de trabajo del operador.

AUTOGESTION

El mantenimiento Autónomo debe tener identidad propia, por lo tanto, ha de auto gestionarse. Esto significa que se debe tener claro: Qué es lo que se tiene que hacer en cada momento y cómo debe ir el flujo de información que se genere.

El resultado de las inspecciones, limpiezas y lubricaciones, además de la identificación de aquellos defectos que puedan convertirse en fallos si no se hace nada, generará mucha información que deberá ser conducida de forma efectiva si no se quiere caer de nuevo en el caos inicial.

Se ha intentado dar una visión algo más detallada del Mantenimiento Autónomo porque es una vía que permite avanzar en la productividad y efectividad controlando los aspectos más sencillos de un equipo, es decir, manteniéndolo en sus condiciones básicas de funcionamiento. Mantenimiento propiamente dicho, de alguna forma se libera de chequeos que puede realizar perfectamente un operador entrenado, y por tanto puede dedicarse a cubrir otros aspectos no menos interesantes, por citar algunos ejemplos:

- Análisis y solución de los fallos recurrentes.
- Realización y seguimiento de mejoras en los procesos productivos.

- Mantener al día la información técnica de los equipos.
- Seguimiento y soporte de nuevos proyectos en marcha o mejoramiento de diseño de equipos

El comité de mantenimiento define ser el responsable de la implementación de este pilar si y solo si se ha implementado de forma exitosa cinco eses. Para la implementación se deberá seguir lo siguiente:

1. Divulgación de conceptos básicos de la metodología a los involucrados : personal de mantenimiento y operadores
2. Garantizar el desarrollo de las capacitaciones a los operadores y soporte técnico de mantenimiento identificado en la tabla 4 y relacionado a:
 - Incidencia en el proceso por mala operación de equipos
 - Principios básicos de operación de equipos
 - Etc.
3. Elaborar una matriz de actividades referente a :
 - Limpieza inicial
 - Eliminación de fuentes de contaminación
 - Eliminación de áreas inaccesibles
 - Eliminación de defectos de equipos

- Qué puntos del equipo deben ser limpiados, revisados, y lubricados
- Cual deberá ser la frecuencia de limpieza, revisión y lubricación
- Qué herramientas se deben utilizar.

4. Comprometer a todos los involucrados con actividades específicas levantadas en una matriz.

En el apéndice O se describe la matriz de actividades recomendadas en la implementación de mantenimiento autónomo.

5.12 Mantenimiento preventivo sistemático o basado en el tiempo

Es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas. Este mantenimiento preventivo requiere como uno de tantos requisitos: amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los equipos y sus respectivos materiales. Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención. Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, para poder contar con los datos históricos de cada equipo.

Sobre la base de lo expuesto, el mantenimiento preventivo requiere una correcta metodología para determinar su periodo de intervención. El comité de mantenimiento decide elaborar un programa de mantenimiento basado en el tiempo considerando:

1. Información proporcionada por el fabricante en los catálogos de instrucción, operación y mantenimiento respectivo
2. Información proporcionada por el encargado de mantenimiento respecto a ciertas actividades que deberán ser adicionadas justificadas por la experiencia del mismo en el uso del equipo
3. Estado o condición actual del equipo a los cuales se les aplicara el mantenimiento preventivo
4. Cuál es el grado de utilización del equipo
5. Capacidad de carga a la que se hace trabajar el equipo
6. Decisiones futuras de eliminación de equipos
7. Criticidad del equipo

Posteriormente el comité deberá intervenir en la mejora de las actividades programadas establecidas conociendo de por medio la fiabilidad de los equipos. En el apéndice N se desarrolla un prototipo de plan maestro de mantenimiento que involucra actividades programadas en el tiempo para un equipo específico.

En el siguiente diagrama se puede apreciar el orden que debe de llevarse en la generación de ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo sistemático.

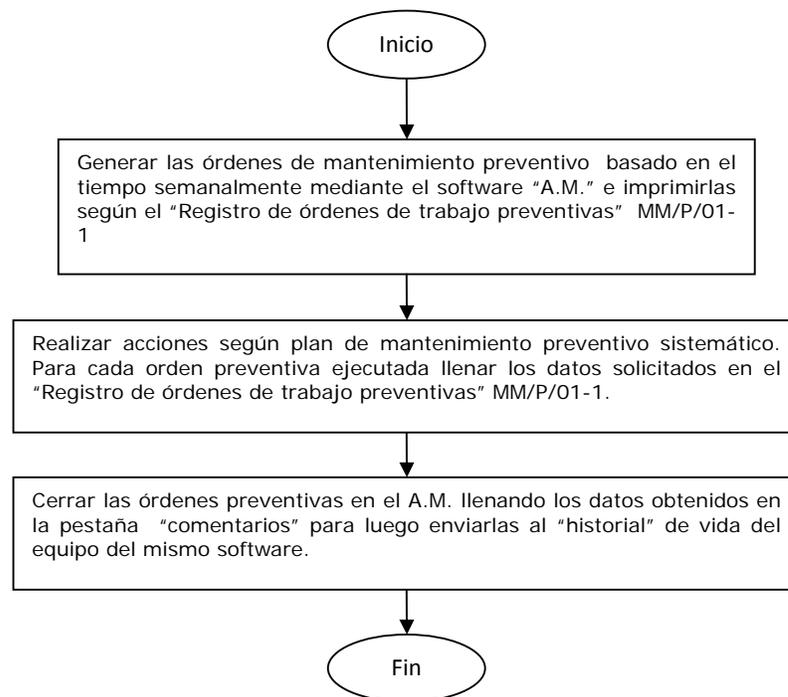


FIGURA 5.7
DIAGRAMA QUE DESCRIBE LA GENERACION DE ÓRDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO.

5.13 Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición o Predictivo

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permitirá detectar fallos antes de que estos tengan consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo se volvería importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la compañía mientras se está aplicando. Se puede concluir entonces que el objetivo del mantenimiento predictivo consiste en la reducción de: tiempos muertos, inventarios, tiempos extras, compras de piezas emergentes.

La inspección de los parámetros de funcionamiento se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son:

1. El tipo de compañía
2. Los tipos de fallos a diagnosticar y

3. La inversión que se quiera realizar.

En el siguiente diagrama se puede apreciar el orden que debe de llevarse en la generación de ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo basado en la condición o predictivo.

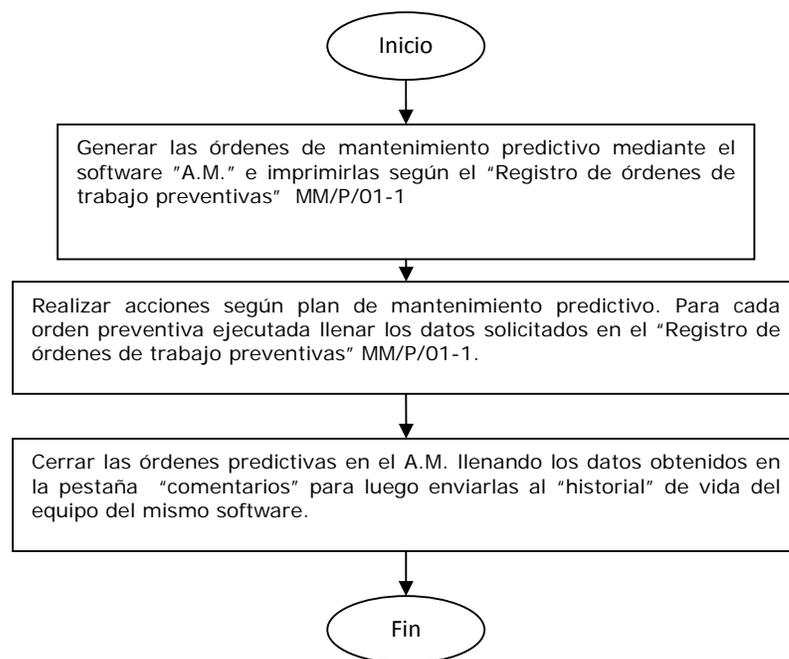


FIGURA 5.8
DIAGRAMA QUE DESCRIBE LA GENERACION DE ÓRDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONDICION - PREDICTIVO

Ventajas del Mantenimiento Predictivo.

1. Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
2. Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.

3. Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
4. Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
5. La verificación del estado de la maquinaria, realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
6. Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
7. Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
8. Por último garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

Técnicas de ensayos no destructivos

La elección del método más conveniente o apropiado está condicionada a diversos factores, siendo tan diversos los problemas de control no resulta raro que un elemento mecánico deba ser sometido a más de un ensayo no destructivo. Debemos recordar que cada técnica de ensayo no destructivo es apta para resolver un determinado problema. Con la idea de poder reforzar los programas de mantenimiento en función de mejorar la calidad y la productividad de la compañía, estas son algunas de las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados:

1. Análisis de Aceite.
2. Termografía (análisis infrarrojo).
3. Análisis de vibración.
4. Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
5. Alineamiento de precisión y dispositivos de balanceo.
6. Inspección mediante partículas magnéticas.
7. Inspección por ultrasonido.
8. Inspección Radiográfica.
9. Inspección mediante líquidos penetrantes.

Análisis de aceite.

En el análisis de aceite se comparan los lubricantes usados con los nuevos, para determinar:

- Las condiciones del lubricante.
- La presencia de contaminantes y partículas metálicas desprendidas por componentes de maquinas

Aplicaciones

- Monitoreo de los tanques de lubricación de los equipos.
- Determinar el reemplazo del aceite, tomando como base las condiciones y no el tiempo calendario interno.
- Frecuentemente es usado junto con el análisis de vibración.

Termografía

La termografía utiliza sistemas de cámaras sensibles a los rayos infrarrojos para capturar la radiación calórica emitida por los objetos, con el fin de producir una “imagen”. Los patrones térmicos basados en las diferencias de temperatura, son registrados en video para su inmediata reproducción, procesados por sistemas de análisis de imagen por computadoras y desarrollados en copias Xerox impresas. La imagen térmica es útil para su aplicación en Mantenimiento Predictivo, en dos formas:

1. Es un método de no-contacto para identificar componentes mecánicos y eléctricos que están “más calientes” que lo normal, frecuentemente es una indicación de falla inminente.
2. Indica la pérdida excesiva de calor, que usualmente es un signo de aislamiento incorrecto o inadecuado.

Aplicaciones

- Durante el ensayo final (en fábrica) de los equipos nuevos.
- La puesta en marcha inicial in sitio del equipo.
- Análisis /tendencias rutinarias.
- Verificación de acciones de reparación.
- Resolución de problemas.

- Ideal para la exploración de equipos eléctricos en busca de componentes defectuosos, identificando:
 - Desgaste normal.
 - Contaminación química.
 - Fatiga.
 - Montaje o instalación incorrectos.
 - Conexiones flojas.
 - Condiciones de sobrecarga.
 - Sistema principal de distribución eléctrica.
- Exploración de componentes mecánicos en busca de calor excesivo (cojinetes, falta de alineado, etc.).
- Exploración de techos (pérdida de energía, humedad).
- Exploración de aislamiento de estufas/refractarios.
- Sistemas de vapor (pérdidas, aislamiento, trampas).

Análisis de vibración

Este análisis mide la frecuencia de las vibraciones del equipo para ayudar a diagnosticar el origen de las fallas y mide la amplitud para ayudar a determinar la severidad de las mismas.

Las vibraciones pueden deberse a:

- Carga desequilibrada.
- Falta de alineamiento.

- Desprendimiento de piezas.
- Correas defectuosas.
- Cojinetes deteriorados.
- Aflojamientos de componentes.

Aplicaciones

- Es mejor utilizada en ejes de alta velocidad y equipos giratorios.
- Detecta los defectos de cojinetes y alineamiento.

Monitoreo de Motores Eléctricos y Análisis de las Condiciones

Mediante diversas técnicas de análisis de motores, las fallas en motores eléctricos nuevos y existentes se pueden detectar y corregir antes de que el motor falle.

Entre alguna de las técnicas de monitoreo de las condiciones del motor más tradicionales y comúnmente usadas, podemos citar:

- Resistencia a tierra, la condición monitoreada es la integridad del sistema aislante, poniendo a tierra los conductores de potencia.
- Ensayo comparativo de subida de voltaje o tensión. La inserción autónoma con pulsos eléctricos controlados en un motor, se usa para verificar la condición de arrollamiento de bobina, vuelta por vuelta y conexión a tierra. Este método de ensayo también revela el aislamiento fase por fase y la orientación de la bobina.

- Análisis de temperatura normalizada del motor.

Aplicaciones

- Motores eléctricos

Cuando:

- Durante el ensayo final de los motores nuevos.
- En la recepción de motores nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Alineado de Precisión y Dispositivos de Balanceo

Se utiliza para inspeccionar el alineado y balanceo de las máquinas acopladas. Estas herramientas predictivas incluyen sistemas de alineado láser y electromecánico.

Aplicaciones

- En toda máquina acoplada en la que la falta de alineamiento o el desequilibrio ocasionaran la Falla prematura o problemas de calidad.
- Motores de impulsión, bombas, nivelación de prensas, componentes giratorios de alta Velocidad.

Cuando:

- Durante el ensayo final de equipo nuevo.
- En la recepción de equipos nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.

- Verificación de acciones de reparación.

Inspección Mediante Partículas Magnéticas

La inspección mediante partículas magnéticas es una técnica no destructiva utilizada para la detección de discontinuidades en materiales magnéticos, mediante la cual se obtiene una indicación visual del efecto en la superficie del elemento ensayado. En especial se emplea para detectar grietas u otros defectos superficiales pero se puede también utilizar para detectar discontinuidades sub superficiales.

Para la localización de discontinuidades superficiales puede emplearse cualquier tipo de corriente. El método continuo ofrece mayor resolución que el residual. Para grietas muy finas el método húmedo representa ventajas respecto al seco.

Para la inspección de defectos sub-superficiales, se requiere sensibilidad máxima, desde ese punto de vista el método seco resulta más ventajoso que el húmedo. En general para la detección de este tipo de fallas se considera como mejor combinación el método continuo, con partículas secas y corriente continua rectificada de media onda. El método continuo suele emplearse más que el residual, debido a su mayor sensibilidad. La corriente continua rectificada de media onda es la que mayor sensibilidad.

Cualquiera sea el proceso de magnetización, el flujo de corriente debe realizarse paralelamente a la dirección principal de la falla a detectar.

Inspección de Ultrasonido

La inspección con ultrasonido es una técnica de ensayo no destructiva, que permite, utilizando vibraciones mecánicas de alta frecuencia, alcanzar los objetivos siguientes: detección y ubicación de discontinuidades externas e internas, determinar diferencias en estructuras y propiedades físicas, medir espesores o variación de espesor con acceso por un solo lado. En circunstancias favorables puede determinarse también tamaño, forma y posición de la falla.

Aplicaciones

- Detección de fugas de presión/vacío en conexiones, sellos, juntas, intercambiadores de calor,
- trampas de vapor y condensadores/calderas.
- Detección de problemas mecánicos en cojinetes, válvulas, motores, bombas y cajas de engranajes.
- Detección de fallas en componentes eléctricos.

Cuando:

- Durante el ensayo final (en fabrica) del nuevo equipo.
- En la puesta en marcha inicial en sitio del equipo.

- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Inspección Radiográfica Industrial

La inspección radiográfica es una técnica de ensayo no destructivo que utiliza la energía, irradiada en formas de rayos X o Gamma, transmitida a través del cuerpo a ensayar.

Ventajas del método radiográfico.

- Excelente sensibilidad para la inspección.
- Nitidez geométrica de la imagen.
- Obtención de una comprobación permanente del ensayo (placa radiográfica).
- Interpretación confiable del tipo de defecto.

Limitaciones del ensayo radiográfico.

- No puede obtenerse emisión radial uniforme.
- Accesibilidad a las piezas a ensayar, restringida.
- Accesibilidad del equipo, a las piezas a ensayar, restringida.

Como con los rayos X no se puede lograr una emisión radial uniforme, la imagen de defectos internos, pertenecientes a superficies curvas de espesor uniforme (cojinetes de fricción, cañerías, etc.) se presenta distorsionada y con sensibilidad variable. Este inconveniente puede solucionarse recurriendo a fuentes radioactivas de emisión. Con este método se puede asimismo inspeccionar en lugares poco accesibles, por ejemplo detección de defectos de soldadura en cañerías y recipientes.

Otras limitaciones se refieren a la capacidad de interpretación del operador, éste debe conocer en detalle, las condiciones que pueden motivar el rechazo, y estar familiarizado con los procesos de fabricación que hacen al producto inspeccionado.

Las aplicaciones Básicas más comunes de la Técnica de Inspección con Rayos X son:

1. para inspección de piezas fundidas. Se pueden detectar: rechupes, porosidades, sopladuras, inclusiones, grietas, segregaciones, desviaciones de nodos, etc.
2. También para inspección de piezas soldadas, donde se pueden evidenciar los siguientes defectos: porosidades, grietas, penetración insuficiente, inclusiones, etc. Por último se usa para inspección de

conjuntos armados para controlar el emplazamiento de partes internas.

Inspección Mediante Líquidos Penetrantes

Esta técnica de inspección no destructiva permite la detección de defectos, con apertura en la superficie de los elementos, en materiales no ferrosos. Se aplica en aleaciones de aluminio, magnesio, cobre, titanio, carburos sinterizados, aceros inoxidable (en general en aleaciones no magnéticas) o en cerámicas, plástico y vidrio. Los materiales magnéticos también pueden inspeccionarse con este método, pero resulta preferible, en estos casos, el empleo de técnicas de magnetización.

En el apéndice P el comité de mantenimiento presenta el prototipo de programa de mantenimiento predictivo desarrollado para un equipo específico.

5.14 Compras e Inventarios.

Como ya se ha identificado anteriormente uno de los principales factores para una mala gestión de mantenimiento es la mala administración en la compra y distribución de los: equipos, componentes o suministros que el departamento requiere para realizar cada una de sus actividades.

En la siguiente lista se puede identificar algunos de los problemas que podrían generar una mala administración en la compra y distribución de repuestos.

1. Múltiples visitas al Almacén de repuestos en busca de materiales.
2. Múltiples visitas al Taller de Mantenimiento en busca de herramientas para efectuar el trabajo.
3. Materiales que se necesitan y no están disponibles en Almacén de repuestos. Etc.

Una buena gestión en la compra y distribución de materiales además contribuirá a una exitosa planificación

Actualmente se dispone de un sistema de inventario de repuestos a través de un software identificado como Royal , este software cumple todos los requisitos para la compra y distribución de repuestos, el único inconveniente que presenta este software es que es poco amigable debido a la vetustez del mismo. El comité de mantenimiento en reunión establecida ha recomendado la habilitación y uso de la función del menú repuestos del software Administrador de Mantenimiento (AM) . La decisión de habilitar esta función del software (AM) implicara utilizar los dos software ya que no se podrá omitir el software Royal porque todo el sistema de inventario de repuestos de toda la organización se lo lleva a través de este software.

El comité de mantenimiento decide entonces conservar el sistema de administración de repuestos que emplea el software Royal y únicamente se considera necesario con visión a la mejora desarrollar una metodología para determinar criterios de existencia máxima y mínima de los repuestos. A continuación se explica la metodología*.

Max : máximo stock de repuestos

Min : mínimo stock de repuestos

CDR : cantidad de reposición

D: demanda del artículo en años

L: tiempo de reposición en años

Max = 3DL

Min = DL

CDR = Max – Min = 2DL

A continuación podemos mencionar los factores determinantes de la existencia máxima y mínima de repuestos:

1. Requiere o no de importación
2. Criticidad del equipo
3. Costo elevado generado por paro del equipo
4. Existencia de maquinaria con características similares a otros equipos , permitiendo intercambiabilidad de piezas o elementos

* Los valores de referencia están basados en base a la experiencia de expertos de mantenimiento

5.15 Método, Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA)

Para evaluar la importancia de los fallos que se producen en los equipos, hay que clasificarlos, no todos los fallos que ocurren son igual de importantes, y por lo tanto no se les va a tratar a todos de la misma manera. Para empezar se deberá definir lo siguiente:

Fallo: es una condición que causa que el equipo pierda total o parcialmente la función para la que fue creada. Se puede dividir fallo de la siguiente manera

FALLO = PARADAS + FALLOS DE PROCESO

Parada: Fallo que provoca una interrupción temporal de equipo donde una intervención humana no planificada es necesaria para restablecer las condiciones normales de funcionamiento. Puede hacerse necesario el reemplazo de una parte del equipo por deterioro anticipado.

Fallos de Proceso: Fallo que provoca que el equipo esté fuera de control causado por: cambios en las condiciones del proceso o en las propiedades de las materias primas, entre otros, no hay parada en éste tipo de fallos, pero si intervenciones humanas, ya que pueden resolverse o minimizarse efectuando ajustes en el mismo equipo.

El FMEA es un método que permite establecer los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, logrando especificar las tareas de mantenimiento para aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas completamente.

Etapas del Proceso FMEA.

Las etapas básicas necesarias para el desarrollo de un proceso de Análisis de Modos y Efectos de Falla son:

1. Definir los equipos a evaluar. Con base en la clasificación de Criticidad.
2. Identificar las funciones de cada equipo. Todo activo fijo de una empresa tiene más de una función, con frecuencia tiene varias. Si el objetivo del mantenimiento es asegurar que continúe realizando estas funciones, entonces todas ellas deben ser identificadas junto con sus parámetros de funcionamiento deseados.
 - Funciones primarias. Son la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Para la mayoría de los equipos los parámetros de funcionamiento son asociados a las funciones

primarias, como la capacidad de producción, velocidad, volumen de almacenamiento.

- Funciones secundarias. Se aspira que la gran mayoría de los activos físicos cumplan una o más funciones adicionales a la primaria. Estas se conocen como funciones secundarias.

3. Determinar las fallas funcionales. Las personas y las empresas adquieren sus activos fijos para que realicen una tarea específica, y También esperan que cumplan una operación específica en relación con ciertos parámetros aceptables de funcionamiento. Sin embargo, si por alguna razón el equipo es incapaz de realizar lo que el usuario desea, se considera que ha fallado. Es decir un activo falla cuando no hace lo que el usuario desea que haga.
4. Determinar los modos de falla. Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. Se puede decir que el modo de falla es lo que el operario ve que causa las fallas y puede originarse por múltiples factores.
5. Determinar los efectos de falla. El siguiente paso consiste en hacer una lista de lo que sucede al producirse cada modo de falla. A esto se le denomina efectos de falla. El efecto de la falla no es lo mismo que la consecuencia de la falla; un efecto de falla responde a la

pregunta ¿qué ocurre?, mientras que una consecuencia de la falla responde a la pregunta ¿qué importancia tiene?

Modo de Falla

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. La mejor manera de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales, luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional.

Efectos de Falla

El siguiente paso en el proceso consiste en hacer una lista de lo que sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efectos de la falla. Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla. Un efecto de falla no es lo mismo que consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde la pregunta ¿Qué importancia tiene?

La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las formas (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- Las formas (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

Las fuentes de información acerca de modos y efectos de fallas pueden ser:

- El fabricante o proveedor del equipo.
- Listas genéricas de modos de falla.
- Otros usuarios de la misma máquina.
- Registros de antecedentes técnicos.
- Las personas que operan y mantienen el equipo.

En el Apéndice Q se presenta un formato FMEA, considerar además que, como mínimo, la descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo

5.16 Método, Análisis de Causa Raíz de la Falla(RCAF)

El RCAF es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de fallas, que utiliza la lógica y el árbol de causa raíz de fallas, usando la deducción y prueba de los hechos que conducen a las causas reales. Esta técnica de análisis permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

Los pasos para la aplicación de un RCFA, que se muestran en la Figura 5.5, son:

- Describir el evento de falla
- Describir los modos de falla
- Hacer una lista de las causas potenciales de falla y verificarlas
- Determinar y verificar las causas raíz - físicas
- Determinar y verificar las causas raíz - humanas
- Determinar y verificar las causas raíz - de los sistemas conocidas también causas latentes u ocultas.

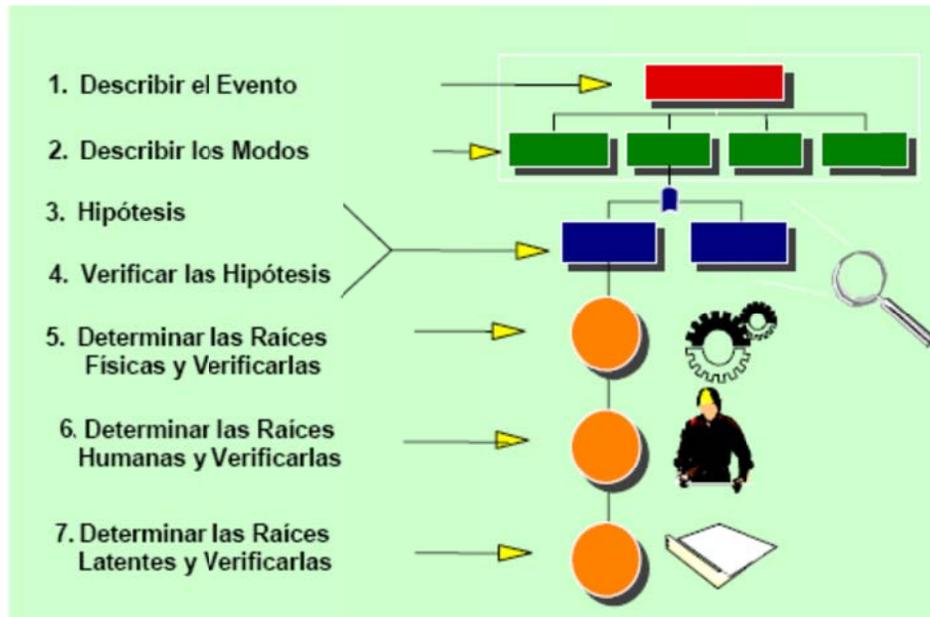


FIGURA 5.9
ARBOL LOGICO DE FALLAS

5.17 Indicadores de Mantenimiento Clase Mundial

Al igual que las personas, es necesario tomar algunas mediciones de los equipos para comprobar su estado de salud y solo de esta manera se podrá controlar mejor su ciclo de vida y evolución. A la hora de establecer indicadores hay que tener muy presente cual es su finalidad principal o qué tipo de parámetro se desea medir y no olvidar que es necesario conocer cuál es la meta que se desea alcanzar la cual deberá ser considerada como referencia.

A continuación se enuncian algunas consideraciones importantes al momento de establecer indicadores:

1. Los resultados de los indicadores deben reflejar lo que la empresa espera del departamento de mantenimiento
2. Los indicadores deben ser representativos, fáciles de determinar y entender
3. Deben considerar a los clientes internos
4. Deben permitir compararse con los indicadores de la competencia – benchmarking
5. Deben estar definidos por todo un equipo de trabajo

Objetivos de los Indicadores:

- 1 Identificar problemas técnicos o de organización del departamento de mantenimiento.
- 2 Justificar costos de mantenimiento a la alta dirección
- 3 Relacionar los objetivos del departamento de mantenimiento a los equipo de manera que me permita alcanzarlos.
- 4 Comprobar el progreso en la búsqueda de objetivos

Indicadores Más Importantes y Relevantes de Clase Mundial.

A continuación se describe la metodología de cálculo de los indicadores clase mundial que se consideran importantes en el desarrollo de este proyecto de tesis, para ello los indicadores a estudiar se lo han clasificado de la siguiente manera:

1 Indicadores que relacionan el desempeño del equipo (Fiabilidad y Mantenibilidad):

- a. MTTR (tiempo promedio para reparar)
- b. MTTF (tiempo promedio para fallar)
- c. MTBF (tiempo promedio entre fallas)
- d. Confiabilidad
- e. Tasa de gravedad de fallas
- f. OEE (Efectividad global del equipo)
- g. Calidad
- h. Eficiencia
- i. disponibilidad
- j. OEL(efectividad global de lubricación)

2 Indicadores que relacionan costos

- a. Costo de mantenimiento por facturación
 - b. Costo de mantenimiento por costo de producción
- 3 Indicadores de desempeño de la gestión de mantenimiento
- a. Relación (razón) Correctivo vs. preventivo
 - b. Trabajo en mantenimiento preventivo – cumplimiento del programa de mantenimiento (realizado vs. programado)
 - c. Trabajo en mtto correctivo – cumplimiento de órdenes de trabajo generadas (realizado vs. programado)

MTTR (Tiempo Promedio Para Reparar)

Este indicador se lo determina del cociente entre el Tiempo total de intervenciones correctivas por falla de equipo /número total de fallas detectadas. Previamente se debe establece el periodo de cálculo del indicador. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

$$MTTR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

HTMC: total de horas dedicadas a mantenimiento correctivo o reparación de equipos.

NTMC: total de mantenimientos correctivos o paradas de producción

MTTF (Tiempo Promedio Para Fallar)

Este indicador se lo determina dividiendo Tiempo total de operación / número total de fallas detectadas, todo esto en un periodo de tiempo establecido. Este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado "Tiempo Promedio Operativo" o "Tiempo Promedio hasta la Falla

$$MTTR = \frac{\sum HROP}{NTMC}$$

HROP: total de horas de operación

NTMC: total de mantenimientos correctivos

Tiempo Promedio Entre Fallas(MTBF)

Es el Tiempo transcurrido desde la última parada del mes anterior al análisis hasta la última parada del mes del análisis, menos las horas dedicadas a reparaciones dividido por el número de paradas del periodo analizado.

El objetivo básico es que el equipo tenga un MTBF elevado y estable, porque eso querrá decir que la confiabilidad del equipo es mayor y que los fallos están controlados respectivamente, y por tanto tenemos la oportunidad de prevenirlos. Un MTBF que fluctúe nos está diciendo que el equipo no está en absoluto siendo controlado.

MTBF =. Tiempo operativo / numero de fallos

Tiempo operativo = tiempo neto disponible – tiempo de parada de producción

Tiempo neto disponible: tiempo total programado de producción + tiempo de paro programado por mantenimiento.

Confiabilidad.

Denominado también como fiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, maquinas o equipos operen satisfactoriamente sin fallar durante un periodo determinado bajo condiciones específicas. La fiabilidad de un elemento, instalación o equipo es función principal del tiempo, función cuya forma depende de las leyes estadísticas donde la falla puede darse en un tiempo cualquiera, la determinación de esta función se lo puede hacer a través de la función normal - gaussiana o también se podría emplear las funciones gamma o Weibull.

Esta guía se limitara a determinar el índice de fiabilidad la cual representa una cifra relativa, obtenida para representar la fiabilidad

Los factores que se consideraran para la determinación del índice de fiabilidad son:

Factor	Ponderación
Inspección visual	40
Pruebas y mediciones	30
Edad	10
Medio ambiente	10
Ciclo de trabajo	10

A continuación se explica la metodología que se debe emplear para analizar cada uno de estos parámetros.

Si todo lo que se analiza en cada uno de los factores se encuentra en excelente condición solo así alcanzara el valor máximo ponderado en la tabla

Inspección Visual

La inspección visual constituye el parámetro más importante por eso deberá ser realizada por técnicos calificados que sepan y conozcan el

equipo y que además sepan que inspeccionar y como evaluar lo que ven . Las frecuencias de las inspecciones deberán realizarse en base a:

- Las recomendaciones del fabricante
- La experiencia en la operación del equipo y
- Ciertas condiciones del factor edad

Las inspecciones deben realizarse bajo las siguientes condiciones

- Cuando el equipo se encuentre operando con carga
- Cuando el equipo se encuentre desmantelado en forma parcial o total

Algunas pautas de lo que se deberá inspeccionar es:

- Herrumbre, corrosión
- Defectos superficiales
- Abolladuras, desgastes
- Desalineamiento
- Vibración
- Fugas o escape de fluido
- Sobrecalentamiento de motor

Pruebas y Mediciones

Entre las pruebas y mediciones podemos citar como principales los siguientes parámetros que deben ser medidos y probados:

- Temperatura
- Presión
- Velocidad
- Viscosidad de aceite
- Medición de espesores

Edad

La edad de un equipo tiene una alta incidencia en la fiabilidad del mismo no necesariamente porque este sea tan viejo sino por las múltiples etapas de fallas por las cuales ha pasado. Queda a criterio del evaluador la ponderación de este factor. Se podría desarrollar una tabla donde se inicie con un equipo casi nuevo con una ponderación de 10 hasta un equipo con vida útil casi 0 y que le corresponderá una ponderación de cero

Medio ambiente

El medio ambiente sobre el cual trabaja un equipo puede influir significativamente en la probabilidad de fallo en mayor o menor grado dependiendo de las circunstancias. Los ambientes pueden ser:

húmedo, polvos, ácidos, alcalinos entre otros. La ponderación de este factor dependerá del criterio de análisis del evaluador.

Ciclo de trabajo

Este factor está determinado por las condiciones en que se hace funcionar el equipo. Las condiciones de funcionalidad de equipos pueden ser:

- Carga inferior a la norma
- Carga normal
- Se excede con un 10 % de sobrecarga
- Se excede con un 25 % de sobrecarga

Tasa de Gravedad de Fallos

Corresponde al cociente entre el Tiempo total de paradas de producción debido a fallas / tiempo neto disponible

Tiempo neto disponible: tiempo total programado de producción + tiempo de paro programado por mantenimiento.

Disponibilidad (D).

Corresponde al porcentaje del tiempo total que se espera que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue designada. Los factores que influyen sobre este indicador son: MTTR y MTTF

$D = \text{tiempo operativo} / \text{tiempo neto disponible}$

Tiempo operativo: tiempo neto disponible – tiempo de parada de producción

Tiempo neto disponible: tiempo total programado de producción + tiempo de paro programado por mantenimiento.

Se recomienda que este indicador se encuentre por sobre el 90%

Calidad (Q)

Este indicador se lo determina de la siguiente forma:

$$Q = \frac{\text{ton producidas} - \text{total de ton defectuosas}}{\text{ton producidas}}$$

Total de ton defectuosas = ton defectuosas + ton. De reproceso o recuperaciones.

Eficiencia.(E)

Este indicador mide las pérdidas por rendimiento causadas por: el mal funcionamiento del equipo.

$$E = ((\text{Tiempo del batch} / \text{ton}) * \text{ton producidas}) / \text{tiempo operativo}$$

Tiempo operativo: tiempo neto disponible – tiempo de parada de producción

Tiempo neto disponible: tiempo total programado de producción + tiempo de paro programado por mantenimiento.

Efectividad Global del Equipo (OEE)

Este indicador evalúa el rendimiento o desempeño del equipo y además se encuentra fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo todo esto mientras está funcionando, y se lo obtiene multiplicando los tres indicadores identificados anteriormente

OEE= calidad x eficiencia x disponibilidad

Efectividad Global de Lubricación (OLE).

Este indicador proporciona una visión global e instantánea del sistema actual en la gestión de la lubricación llevada por el departamento de mantenimiento.

OLE = %PM lubricación * % control de contaminación * % salud del lubricante

%PM lubricación = porcentaje de cumplimiento de tareas de lubricación efectuadas correctamente

% control de contaminación= porcentaje de las maquinas que se encuentran dentro de la meta de control de contaminación y que corresponde a mantener el lubricante limpio, seco y frio

% salud del lubricante = porcentaje de las maquinas que se encuentran dentro de la meta de salud del lubricante y que corresponde a conservar el lubricante en condiciones optimas

Costo de Mantenimiento por Facturación (CMPF)

Este indicador nos demuestra el porcentaje de dinero que la empresa invierte en mantenimiento respecto al total facturado, de esta manera se podrá demostrar si mantenimiento está excediendo sus gastos o al contrario servirá para demostrar la poca disponibilidad de recursos económicos

$CMPF = \text{facturación de la empresa} / \text{costos totales de mantenimiento}$, todo esto en un periodo de tiempo determinado

Costo de Mantenimiento por Producción (CMPP)

Este indicador nos muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento respecto al costo final del producto (\$/ ton.), normalmente este valor debe rondar entre 5% a 12%

$CMPP = \text{costos totales de mantenimiento} / \text{costos de producción}$.

Relación (Razón) Correctivo vs. Preventivo

Las actividades correctivas no deberán superar a las actividades preventivas en un valor establecido como meta a nivel de la organización.

**Trabajo en Mantenimiento Preventivo.
Cumplimiento del Programa de Mantenimiento (Realizado Vs. Programado)**

Este indicador corresponde a la razón entre las actividades programadas realizadas /total de actividades programadas, todo esto en un periodo de cálculo establecido

**Trabajo en Mantenimiento Correctivo.
Cumplimiento De Órdenes de Trabajo Generadas (Realizadas Vs. Generadas)**

Este indicador corresponde a la razón entre las ordenes de trabajo realizadas / total de ordenes de trabajo generadas, todo esto en un periodo de cálculo establecido.

5.18 Benchmarking

En la actualidad las empresas tienen que competir no sólo con empresas de la misma región, sino que se presenta una competencia cada vez mayor con otras empresas de otros lugares y países, por lo tanto y debido a la globalización que se ha estado presentando. Es necesario que las empresas busquen formas que las dirijan hacia una

productividad y calidad mayor para poder ser competitivos. Una de estas herramientas es el Benchmarking.

Definición de Benchmarking

Entre tantas definiciones tenemos la extraída del libro benchmarking de Bengt Kallöf y Svante Östblom:

Benchmarking es un proceso sistemático y continuo para comparar nuestra propia eficiencia en términos de productividad, calidad y mejores prácticas con aquellas compañías y organizaciones que representan la excelencia.

Como vemos en esta definición se menciona el hecho de que benchmarking es un proceso continuo, también se presenta el término de comparación y por ende remarca la importancia de la medición dentro del benchmarking.

También se puede identificar que este proceso no sólo es aplicable a las operaciones de producción, sino que puede aplicarse a todas las fases del negocio, desde compras hasta los servicios post venta, por lo que benchmarking es una herramienta que nos ayuda a mejorar todos los aspectos y operaciones del negocio, hasta el punto de ser los mejores en la industria, observando aspectos tales como la calidad y la productividad en el negocio.

A continuación se presenta unas consideraciones importantes de lo que es y no es benchmarking:

- Benchmarking no es una medicina o un programa. Tiene que ser un proceso continuo de la administración que requiere una actualización constante
- Benchmarking no es un proceso de recetas de libros de cocina que sólo requieran buscar los ingredientes y utilizarlos para tener éxito.
- Benchmarking es un proceso de descubrimiento y una experiencia de aprendizaje.
- Benchmarking es un nuevo enfoque administrativo.
- Benchmarking es una estrategia que fomenta el trabajo de equipo al enfocar la atención sobre las prácticas de negocios para permanecer competitivos evitando el interés personal, individual.

Aspectos del Benchmarking

Benchmarking ha sido presentado como una herramienta para la mejora de las prácticas dentro de los negocios para llegar a ser más competitiva dentro de un mercado cada vez más difícil, sin embargo hay aspectos y categorías de benchmarking que es importante revisar. A

continuación presentamos los diferentes aspectos involucrados por benchmarking

Calidad

Dentro de este aspecto el benchmarking puede ser muy importante para saber la forma en que las otras empresas forman y manejan sus sistemas de calidad,

Productividad

El benchmarking de productividad es la búsqueda de la excelencia en las áreas que controlan los recursos de entrada. La productividad puede ser expresada por el volumen de producción y el consumo de recursos los cuales pueden ser reflejados en costos o capital.

Tiempo

El estudio del tiempo, al igual que de la calidad, simboliza el desarrollo industrial en los años recientes. Flujos más rápidos en ventas, administración, producción y distribución han recibido una mayor atención identificándoselos como un factor potencial de mejora de la productividad y la competencia.

El desarrollo de programas enfocados en el tiempo ha demostrado una habilidad espectacular para recortar los tiempos de entrega.

Categorías de benchmarking

A continuación presentamos la categoría que será analizada:

Benchmarking interno

En la mayor parte de las grandes empresas con múltiples divisiones o internacionales hay funciones similares en diferentes unidades de operación. Una de las investigaciones de benchmarking más fácil es comparar estas operaciones internas, para ello debe contarse con disponibilidad de datos e información y no existir problemas de confidencialidad. Los datos y la información pueden ser tan amplios y completos como se desee. Este primer paso en las investigaciones de benchmarking es una base excelente no sólo para descubrir diferencias de interés sino para centrar la atención en los temas críticos a que se enfrentará.

Metodologías para desarrollar benchmarking

A continuación se detalla una metodología que será empleada en la implementación de benchmarking en el desarrollo de este proyecto de tesis

Proceso de benchmarking de Robert c. Camp (xerox)

El proceso consiste de cinco fases. El proceso se inicia con la fase de planeación y continúa a través del análisis, la integración, la acción y por último la madurez.

Fase De Planeación

El objetivo de esta fase es planear las investigaciones de benchmarking. Los pasos esenciales son los mismos que los de cualquier desarrollo de planes - qué, quién y cómo.

- 1 Identificar que se va a someter a benchmarking.
- 2 Identificar compañías comparables.
- 3 Determinar el método para recopilación de datos y recopilar los datos.
- 4 Determinar la brecha de desempeño actual, en este paso se determina la diferencia de nuestras operaciones con las de los socios de benchmarking y se determina la brecha existente entre las mismas.
- 5 Proyectar los niveles de desempeño futuros, una vez definido las brechas de desempeño es necesario establecer una proyección de los niveles del desempeño futuro,
- 6 Comunicar los hallazgos de benchmarking y obtener aceptación. Los hallazgos de benchmarking se tienen que comunicar a todos los

niveles de la organización para obtener respaldo, compromiso y propiedad.

- 7 Establecer metas funcionales. En este punto se tratan de establecer metas funcionales con respecto a los hallazgos de benchmarking
- 8 Desarrollar planes de acción. En este punto se incluyen dos consideraciones principales. La primera tiene que ver con las tareas en la planeación de la acción las cuales tienen que ver con el qué, cómo, quién y cuándo. Específicamente incluyen.
 - Especificación de la tarea.
 - Poner en orden la tarea.
 - Asignación de las necesidades de recursos.
 - Establecimiento del programa.
 - Determinación de las responsabilidades.
 - Resultados esperados.
 - Supervisión.
- 9 Implementar acciones específicas y supervisar el progreso.
- 10 Re calibrar los benchmarking. Este paso tiene como objetivo el mantener los benchmarking actualizados en un mercado con condiciones cambiantes de manera que se asegure el desempeño excelente.

MADUREZ

Será alcanzada la madurez cuando se incorporen las mejores prácticas de la industria a todos los procesos del negocio, asegurando así la superioridad. También se logra la madurez cuando se convierte en una faceta continua.

Desarrollo de La Implementación de Benchmarking:

- 1 Identificar los indicadores que serán sujetos a benchmarking, y que corresponden a todos los indicadores clase mundial identificados en esta guía excepto los indicadores de gestión de desempeño de mtto.
- 2 Posterior a esta identificación iniciar la recolección de datos de los indicadores identificados anteriormente
- 3 Identificar las compañías con las cuales se realizara la comparación. Para iniciar considerar únicamente las pertenecientes a la organización dentro y fuera del país. A futuro deberá pensarse en compararse con la competencia.
- 4 Con la historia existente y los indicadores determinados en esta guía, realizar una primera comparación
- 5 Discutir y establecer mejoras a través del comité de mtto. de esta primera comparación realizada

- 6 En un periodo no mayor de 6 meses luego de haber iniciado la recolección de datos - paso 2, realizar una segunda comparación
- 7 Y finalmente hacer seguimiento a las acciones preventivas y correctivas establecidas durante cada evaluación y comparación, llevadas por el comité de mtto.

CAPITULO 6

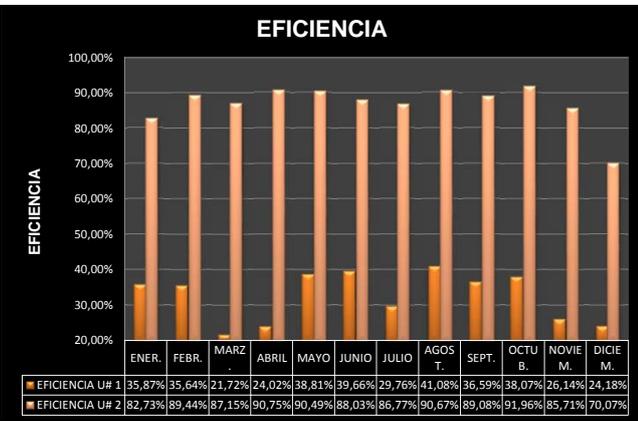
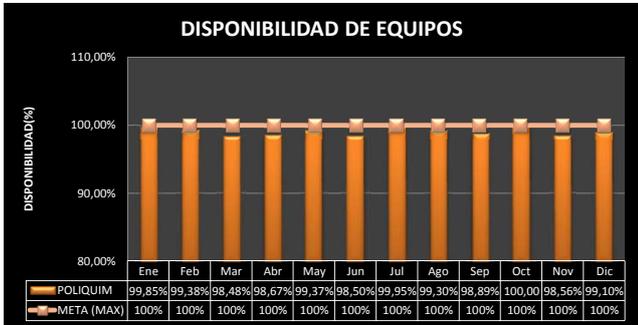
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El presente trabajo pudo ser desarrollado de forma normal por el suscrito sin necesidad de alguna fuente capacitadora externa, sustentado por los conocimientos adquiridos en la universidad referentes al tema desarrollado
2. El desarrollo de esta guía permite presentar a la alta dirección, Gerente General: la necesidad actual de mantenimiento dentro de las instalaciones y los posibles efectos que pueden generar la falta de las mismas, las cuales tendrían incidencia en: producción, seguridad, salud y medio ambiente.
3. A través de la primera evaluación de condiciones óptimas de operación se pudo identificar y actuar de forma inmediata a través de modificaciones, cambios y rediseños, lo cual permitió alcanzar uno de los objetivos establecidos: mejora inmediata en productividad.
4. Se recomienda: Previamente a la implementación de esta guía y habiendo confirmado de forma afirmativa que los equipos se encuentran operando dentro de parámetros óptimos de operación requeridos, que:

todos los equipos e instalaciones sean sometidos a un OVERHAUL o revisión total.

5. Se recomienda : desarrollar un deseo de participación por parte de todo el personal, iniciándose desde el nivel operativo hasta el nivel administrativo, lo cual permita alcanzar los objetivos establecidos a través de una efectiva implementación de esta guía
6. Se recomienda que: para garantizar la continuidad y mejora en la gestión desarrollada por el departamento de mantenimiento, conservar la perseverancia en el uso de Benchmarking.

APÉNDICES



APENDICE B

EVALUACIÓN DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Objetivos:

1. Evaluar las condiciones optimas de operación requeridas y compararlas vs. Las condiciones actuales de operación.

Consideraciones:

1. El sistema hidráulico de bombeo de agua de enfriamiento se lo divide en tres partes.

Parte # 1: línea de tubería de succión – antes de la bomba

Parte # 2: línea de tubería de descarga – después de la bomba

Parte # 3: intercambiadores de calor

2. Condiciones optimas de operación en los intercambiadores:
 - Velocidad= 1,2 m/s “referencia bibliográfica: Juan G. Saldarriaga V. Hidráulica de tuberías, McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, Colombia, 1998.”
 - $DT = 5,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ “referencia bibliográfica:ASHRAE, 2000 ASHRAE Systems and Equipment Handbook (SI), Chapter 36, ASHRAE, Atlanta, USA, 2000 ,cooling tower performance chart ”
3. las pérdidas (resistencias) en los tres intercambiadores en paralelo son iguales

Procedimiento:

1. Se determina el caudal óptimo en los tres intercambiadores haciendo uso de las consideraciones óptimas de operación
 - Velocidad= 1,2 m/s
 - Conservación de los cabezales hidráulicos requeridos “perdidas” en los tres intercambiadores colocados en paralelo
2. Posteriormente haciendo uso de los valores obtenidos se determina el cabezal hidráulico requerido en todo el sistema.
3. Haciendo uso de estos primeros valores de cabezal hidráulico y caudal total requerido por el sistema se procede a realizar:
4. Un balance de energía entre el calor absorbido por el agua de enfriamiento y el calor removido por el aire en la torre. De esta manera se deberá confirmar si con estos primeros valores se alcanza la siguiente consideración óptima de operación “DT = 5°C”, de no ocurrir se deberá proceder a iterar desde el inicio para obtener nuevos valores hasta que se obtenga.

1 calculo de cabezal hidraulico optimo requerido en los intercambiadores :																																									
condiciones:																																									
* se considera operación opima en los intercambiadores cuando se alcanza :																																									
v	=	1,2 m/s																																							
DT	=	5,5 °C																																							
* las pérdidas presentadas en los tres intercambiadores son iguales entre ellos																																									
1.1 determinación de pérdidas en cada intercambiador																																									
1.1.1 pérdidas del intercambiador # 1																																									
formula Principal	$h_{L1} = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \sum K_L \frac{V_1^2}{2g}$																																								
formula simplificada	$h_{L1} = f_1 * Q_1^2 * 4323527.67 + f_{1-h} * Q_1^2 * 12340635.01 + 576809.89 * Q_1^2$																																								
<table border="1"> <tr> <td>Q 1 (GPM)</td> <td colspan="6">49,24</td> </tr> <tr> <td>Q (m3/s)</td> <td>A1inici</td> <td>V1(m/s)</td> <td>A1-real(r</td> <td>V2(m/s)</td> <td>D1(m)</td> <td>D1-h(m)</td> </tr> <tr> <td>0,003106562</td> <td>0,00155</td> <td>2,001978487</td> <td>0,00228</td> <td>1,36252714</td> <td>0,04445</td> <td>0,07536</td> </tr> <tr> <td>VISCOSIDAD</td> <td>ϵ /D1g</td> <td>ϵ /D2 inox.</td> <td colspan="4">g</td> </tr> <tr> <td>0,00000092</td> <td>0,06</td> <td>0,02</td> <td colspan="4">9,8</td> </tr> </table>							Q 1 (GPM)	49,24						Q (m3/s)	A1inici	V1(m/s)	A1-real(r	V2(m/s)	D1(m)	D1-h(m)	0,003106562	0,00155	2,001978487	0,00228	1,36252714	0,04445	0,07536	VISCOSIDAD	ϵ /D1g	ϵ /D2 inox.	g				0,00000092	0,06	0,02	9,8			
Q 1 (GPM)	49,24																																								
Q (m3/s)	A1inici	V1(m/s)	A1-real(r	V2(m/s)	D1(m)	D1-h(m)																																			
0,003106562	0,00155	2,001978487	0,00228	1,36252714	0,04445	0,07536																																			
VISCOSIDAD	ϵ /D1g	ϵ /D2 inox.	g																																						
0,00000092	0,06	0,02	9,8																																						
$Re_1 = \frac{V_1 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_1}{A_1 \nu} = 96726,0258$																																									
$Re_2 = \frac{V_2 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_2}{A_2 \nu} = 111608,745$																																									
CALCULO DE COEFICIENTES DE FRICCIÓN.																																									
Formula PARA FLUJO TURBULENTO Colebrook:																																									
$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re * f^{1/2}} \right]$																																									
$f = \left[-2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re * f^{1/2}} \right] \right]^{-2}$																																									
<table border="1"> <tr> <td>f</td> <td>f 1</td> <td>f</td> <td>f 1-h</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>0,078212074</td> <td>0,1</td> <td>0,04888197</td> </tr> <tr> <td>0,07821</td> <td>0,078237084</td> <td>0,04888197</td> <td>0,04898675</td> </tr> <tr> <td>0,07824</td> <td>0,07823705</td> <td>0,04898675</td> <td>0,04898638</td> </tr> <tr> <td>0,07824</td> <td>0,07823705</td> <td>0,04898638</td> <td>0,04898638</td> </tr> <tr> <td>0,07824</td> <td>0,07823705</td> <td>0,04898638</td> <td>0,04898638</td> </tr> </table>							f	f 1	f	f 1-h	0,1	0,078212074	0,1	0,04888197	0,07821	0,078237084	0,04888197	0,04898675	0,07824	0,07823705	0,04898675	0,04898638	0,07824	0,07823705	0,04898638	0,04898638	0,07824	0,07823705	0,04898638	0,04898638											
f	f 1	f	f 1-h																																						
0,1	0,078212074	0,1	0,04888197																																						
0,07821	0,078237084	0,04888197	0,04898675																																						
0,07824	0,07823705	0,04898675	0,04898638																																						
0,07824	0,07823705	0,04898638	0,04898638																																						
0,07824	0,07823705	0,04898638	0,04898638																																						
hL1 = 16,5651769 m																																									

1.1.2

perdidas del intercambiador # 2

$$h_2 = f_2 * Q_2^2 * 2931609.1096 + f_{2-h} * Q_2^2 * 6524721.079 + 574211.591 * Q_2^2$$

Q2 (GPM)
59

Q (m3/s)	A1inici	V1(m/s)	A1-real(r)	V2(m/s)	D1(m)	D1-h(m)
0,003722322	0,00155	2,398796319	0,003103	1,19958825	0,04445	0,0879

VISCOSIDAD	ϵ /D1g	ϵ /D2 inox.	g
0,00000092	0,06	0,02	9,8

$$Re_1 = \frac{V_1 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_1}{A_1 \nu} = 115898,366$$

$$Re_2 = \frac{V_2 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_2}{A_2 \nu} = 114612,833$$

CALCULO DE COEFICIENTES DE FRICCION.

Formula de PARA FLUJO TURBULENTO Colebrook:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re * f^{1/2}} \right]$$

$$f = \left[-2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{Re * f^{1/2}} \right] \right]^{-2}$$

f	f 1
0,1	0,078180423
0,07818	0,078201337
0,0782	0,078201313
0,0782	0,078201313
0,0782	0,078201313

f	f 1-h
0,1	0,04887558
0,04887558	0,04897766
0,04897766	0,0489773
0,0489773	0,0489773
0,0489773	0,0489773

$$hL2 = 16,5603555 \text{ m}$$

1.1.2

perdidas del intercambiador # 2

$$h_{L1} = f_1 * Q_1^2 * 4633372 \cdot 44 + 805167 \cdot 56 * Q_1^2$$

Q3 (GPM)
55,02

Q (m3/s)	A1inici	V1(m/s)	A1-real(r)	V2(m/s)	D1(m)	D1-h(m)
0,003471223	0,00155	2,236979211	0,00228	1,52246636	0,04445	0,07536

VISCOSIDAD	ϵ /D1g	ϵ /D2 inox.	g
0,00000092	0,06	0,02	9,8

$$Re_1 = \frac{V_1 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_1}{A_1 \nu} = 108080,137$$

$$Re_2 = \frac{V_2 D}{\nu} = \frac{Q \cdot D_2}{A_2 \nu} = 124709,853$$

CALCULO DE COEFICIENTES DE FRICCION.

Formula de PARA FLUJO TURBULENTO Colebrook: $\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} * f^{1/2}} \right]$

$$f = \left[-2 \log \left[\frac{(\epsilon/D)}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} * f^{1/2}} \right] \right]^{-2}$$

f	f 1
0,1	0,078191975
0,07819	0,078214386
0,07821	0,078214358
0,07821	0,078214358
0,07821	0,078214358

f	f 1-h
0,1	0,04885635
0,04885635	0,04895027
0,04895027	0,04894997
0,04894997	0,04894998
0,04894998	0,04894998

hL3 = 16,5684331 m

la iteracion se incia considerando que el caudal (Q)optimo requerido por cada intercambiador es:

Q2= VA2	0,00372	m3/s
	59,2052	GPM

RESULTADOS PRELIMINARES:

SECCION	UDAL (GP)	PERDIDA
Q1	49,24	16,5651769
Q2	59	16,56035549
Q3	55,02	16,56843306
Q TOTAL	163,26	

SE TIENE QUE LA PERDIDA PARCIAL ES hL:

hL = 16,56843306 m

CALCULO DE CABEZAL HIDRAULICO TOTAL REQUERIDO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Q (GPM)	163,26							
Q (m3/s)	A1inicial(m2)	V1(m/s)	A2final(m2)	V2(m/s)	D1(m)	D2(m)	Z1(m)	Z2(m)
0,010300108	0,004560233	2,258680187	0,004560233	2,258680187	0,0762	0,0762	0	2,28
VISCOSIDAD(m²/s)	ε /D1	ε /D2	g	L1(SUCCION)	L2(DESCARGA)			
0,00000092	0,06	0,06	9,8	0,98	33,75			

ECUACION DE ENERGIA DEL SISTEMA

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{L,i} + h_{L,f} + h_{L,x}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$V_1 = V_2$$

hp: cabezal hidraulico total optimo requerido por la bomba

$$h_p = Z_2 - Z_1 + h_{L,i} + h_{L,f} + h_{L,x}$$

DONDE hLx es igual a la perdida en cualquiera de los recorridos de los tres intercambiadores

$$h_{Lx} = h_{L1} = h_{L2} = h_{L3} = 16,56843306 \text{ m}$$

1.2 cabezal hidraulico optimo requerido en la linea de tuberia de descarga de la bomba - salida de la bomba

$$Re_1 = \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{Q \cdot D_1}{A_1 \nu} = 187077,6415 \quad Re_2 = \frac{V_2 D_2}{\nu} = \frac{Q \cdot D_2}{A_2 \nu} = 187077,6415$$

CALCULO DE COEFICIENTES DE FRICCION.

Formula de PARA FLUJO TURBULENTO Colebrook:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \cdot f^{1/2}} \right]$$

$$f = \left[-2 \log \left[\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \cdot f^{1/2}} \right] \right]^{-2}$$

f	f1	f	f2
0,1	0,078119647	0,1	0,078119647
0,078119647	0,078132653	0,078119647	0,078132653
0,078132653	0,078132644	0,078132653	0,078132644
0,078132644	0,078132644	0,078132644	0,078132644
0,078132644	0,078132644	0,078132644	0,078132644

$$h_{L1} = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + \sum K_L \frac{V_1^2}{2g}$$

$$h_{L2} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + \sum K_s \frac{V_2^2}{2g}$$

CALCULO DE PERDIDAS EN LA DESCARGA

Accesorio	CANTIDAD	valor	Ki T
PER. EN LA SALIDA	1	VER GRAFICA	1
CODO 90°	8	1,5	12
Codo 45°	7	0,75	5,25
T de 3"	1	0,9	0,9
Valvula cheque	1	10	10
VALVULA MARIPOSA	3	0,36	1,08
K total			30,23

si Ks = 30,23

$$h_{L2} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + K_s \frac{V_2^2}{2g}$$

hL2= 16,87600266 m

1.3	cabezal hidraulico optimo requerido en la linea de tubería de succión de la bomba - entrada de la bomba		
CALCULO DE PERDIDAS EN LA SUCCION			
Accesorio	CANTIDAD	Formula	Ki T
PER. EN LA ENTRADA	1	VER GRAFICA	0,5
REDUCCION	1	0,4	0,4
VALVULA MARIPOSA	1	VER REFERENCIA 2	0,36
K total			1,26
$h_{L1} = f_1 \frac{L_1 V_1^2}{D_1 2g} + K_{total} \frac{V_1^2}{2g}$			hL1= 0,589513719 m
hp:	cabezal hidraulico total optimo requerido por la bomba		
$h_p = Z_2 - Z_1 + h_{L,i} + h_{L,f} + h_{L,x}$			hp = 69,45081556 m
			hp= 227,8570064 pies = 98,71523627 PSI
presion registrada en la entrada de los intercambiadores			
h int =			86,78061843
NOTA:			
En la formula: hL,i corresponde a las perdidas en la entrada de la tubería de succión de 3".			
h,Lf: corresponde a las perdidas en la descarga de la tubería de 3"			
h,Lx: corresponde a las perdidas en los intercambiadores			

BALANCE DE ENERGÍA

Para la transferencia de calor del lado del agua:

$$q_1 = Q \cdot C_p \cdot (t_{hw} - t_{cw})$$

Donde:

q₁: Transferencia de calor del lado del agua

C_p: calor específico del agua, kJ/(kg °K)

Q : flujo másico del agua que ingresa a la torre, kg/s

t_w: temperatura del agua en contacto con el relleno, °K

t_{hw}: temperatura del agua caliente que ingresa a la torre, °K

t_{cw}: temperatura del agua fría que sale de la torre, °K

Para la transferencia de calor del lado del aire:

$$q_2 = G^*(h_{oa} - h_{ia})$$

Donde:

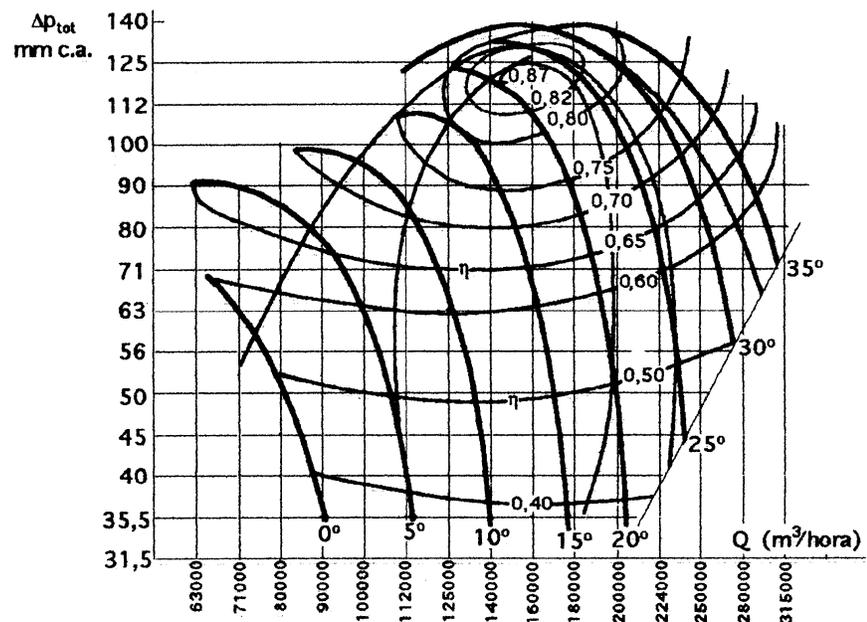
q_2 : Transferencia de calor del lado del aire

G : flujo másico del aire que ingresa a la torre, kg/h ó kg/s.

h_{ia} : Entalpía de mezcla gaseosa que ingresa a la torre a la temperatura de bulbo húmedo, kJ/kg.

h_{oa} : Entalpía de mezcla gaseosa que sale de la torre a la temperatura de bulbo húmedo, kJ/kg.

Determinación de G : flujo másico del aire que ingresa a la torre, kg/h ó kg/s.

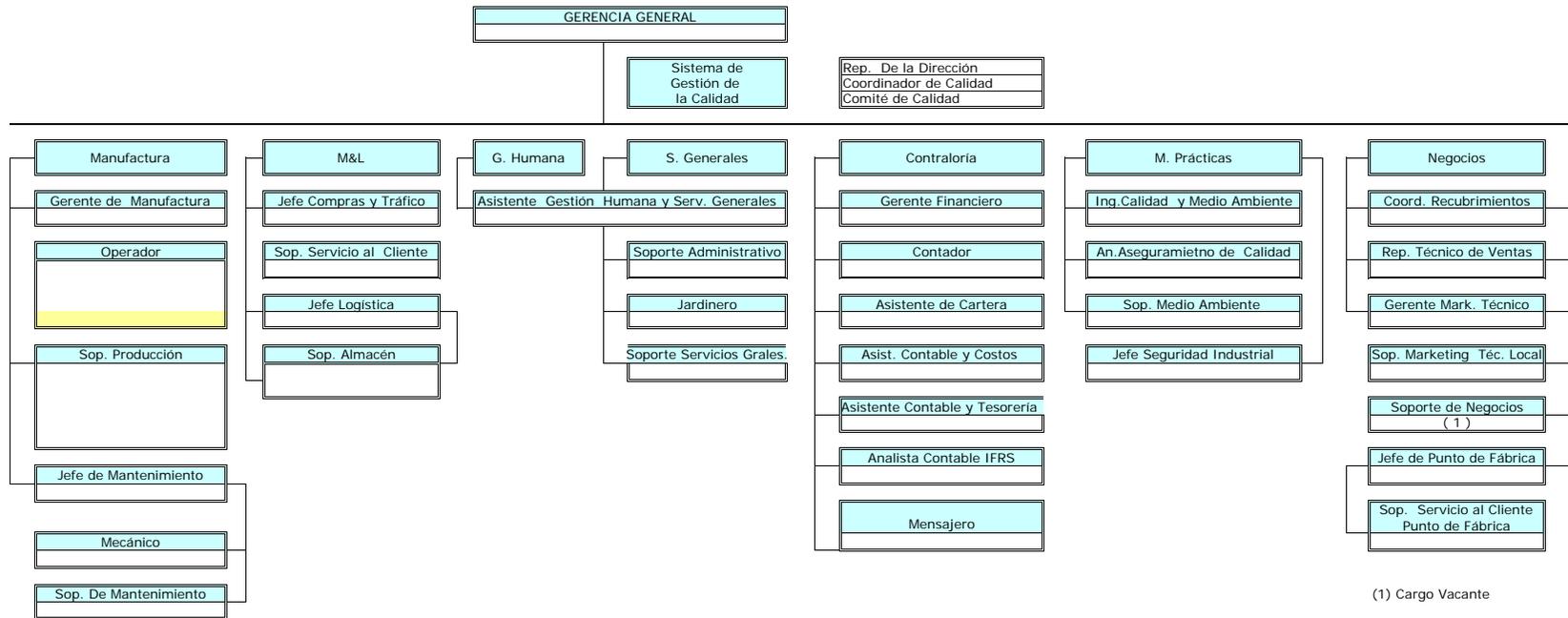


CURVAS SEGÚN ORIENTACIÓN DE ÁLABES DE UN VENTILADOR

Consideraciones:

- D_p tot (mm ca) : milímetros de columna de agua levantada
 D_p tot = 90
- Angulo de alabe 10 °

APENDICE C
ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



(1) Cargo Vacante

**APENDICE D
MATRIZ DE CRITICIDAD**

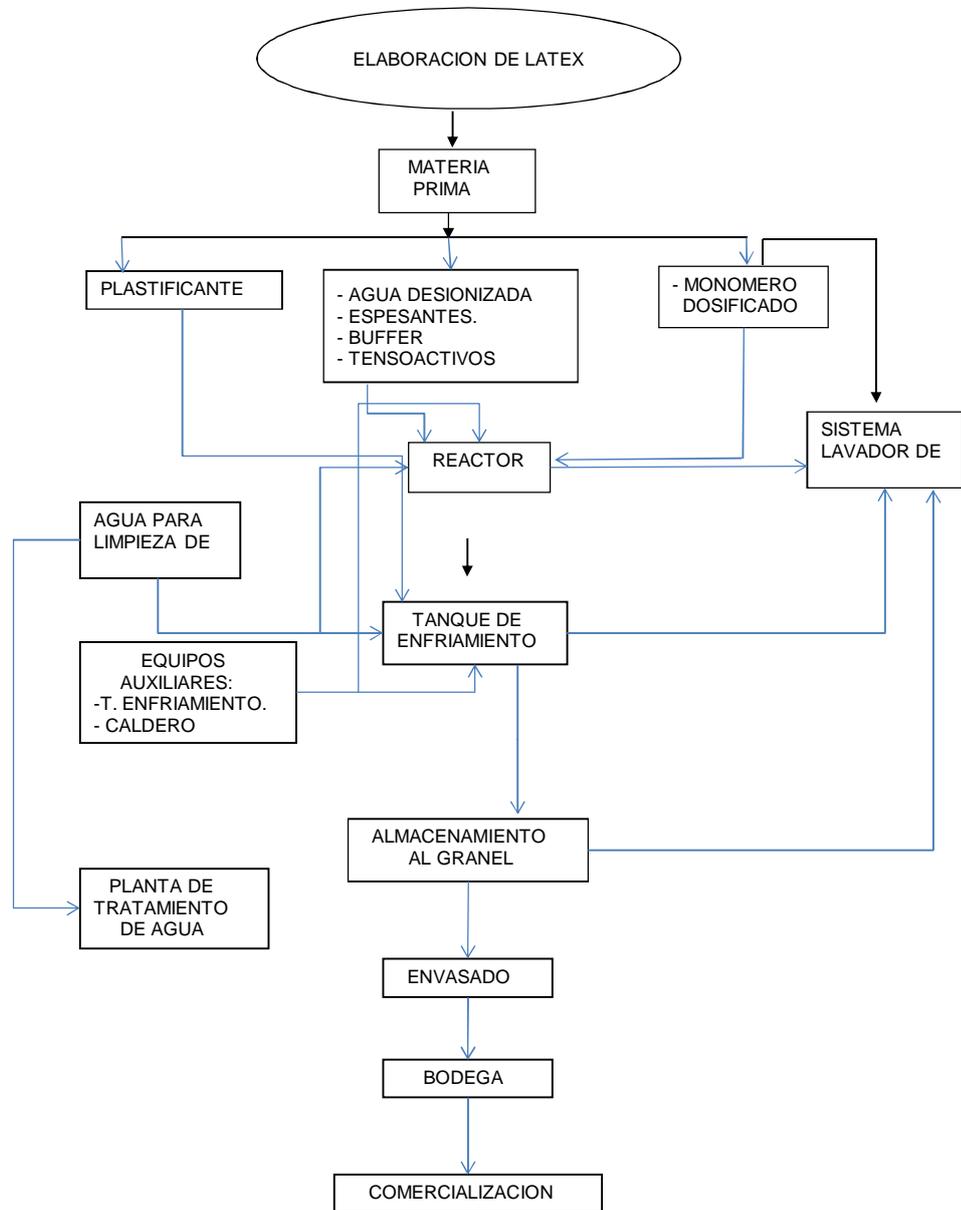
MATRIZ DE CRITICIDAD			
CAUSAN PARADAS NO PLANIFICADAS			
TIPO FACTOR DETERMINANTE	A RIESGO ALTO	B RIESGO MEDIO	C RIESGO BAJO
PRODUCCION	INCIDE EN LA PARADA DE TODO EL PROCESO	INCIDE EN LA PARADA DE UNA PARTE DEL PROCESO	SIN EFECTOS EN EL PROCESO
MEDIO AMBIENTE	DERRAMES Y FUGAS ALCANZAN VALORES QUE EXCEDEN LOS LIMITES PERMITIDOS	DERRAMES Y FUGAS ALCANZAN VALORES CERCANOS A LOS LIMITES PERMITIDOS	EMISIONES DE LA PLANTA EN CONDICIONES NORMALES DENTRO DE LIMITES PERMITIDOS
SEGURIDAD Y SALUD	INCIDE CON ALTO RIESGO EN LA VIDA DE LA PERSONA O CON DAÑOS GRAVES EN LA SALUD	INCIDE CON UN RIESGO MODERADO EN LA VIDA DE LA PERSONA O CON DAÑOS MENORES EN LA SALUD	NO EXISTE RIESGO DE SALUD NI INCIDENCIA EN LA VIDA DE LA PERSONA
CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD	INCIDE CON DEFECTOS DE PRODUCCION REDUCIENDO LA VELOCIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE LA PRODUCCION	INCIDE CON VARIACIONES EN LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD Y PRODUCCION	SIN EFECTOS SOBRE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD
INCIDEN EN LA OPERACIÓN DE EQUIPOS			
COSTOS DE REPARACION DE EQUIPOS POR MANTENIMIENTO.	COSTOS DE REPOSICION ALTOS > 1000 USD	COSTOS DE REPOSICION RAZONABLES <1000	TIEMPOS U COSTOS DE REPOSICION IRRELEVANTES < 100 USD
TIEMPO DE OPERACIÓN	24 horas	2 TURNOS U HORAS NORMALES DE TRABAJO 8H / TURNO	OCACIONALMENTE O NO CORRESPONDE A UN EQUIPO DE PRODUCCION
FRECUENCIA DE FALLAS	MENOS DE 6 MESES	UNA VES AL AÑO	RARAMENTE
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MAYOR A 24 HORAS	MENOR A 1 TURNO; 8HORAS/TURNO	INMEDIATAMENTE

APENDICE E

DISTRIBUCION DE AREAS DE LA PLANTA

- 1.- Proceso
 - 1.1.- Unidad N.- 1
 - 1.1.1.- Reacción
 - 1.1.2.- Carga/Dosificación
 - 1.1.3.- Dilución
 - 1.2.- Unidad N.- 2
 - 1.2.1.- Reacción
 - 1.2.2.- Carga/Dosificación
 - 1.2.3.- Dilución
 - 1.3.- Envase
- 2.- Almacenamiento
 - 2.1.- Materia Prima
 - 2.2.- Producto terminado
 - 2.3 Logística y transporte
- 3.- Servicio
 - 3.1.- Vapor Y agua caliente
 - 3.2.- Aire Comprimido
 - 3.3.- Agua de proceso
 - 3.4.- Agua de enfriamiento
 - 3.5.- Energía eléctrica
- 4.- Seguridad y medio ambiente
 - 4.1.- Planta tratamiento de aguas residuales de planta- sistema ozonificación
 - 4.2. Equipos contra incendio
 - 4.3. Planta de tratamiento de vapores - sistema scrubber

EPENDICE F
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



**APENDICE G
LISTADO Y CODIFICACION DE EQUIPOS**

1.- Proceso									
1.1.- Unidad N.- 1									
1.1.1.- Reaccion		C	O	D	I	G	O	S	
E1	Agitador del Reactor	U1	REAC	TRX	AGI	01			
E2	Agitador del Tanque Catalizador	U1	REAC	TCAT	AGI	01			
E3	Alarma de alta presion del Reactor	U1	REAC	TRX	ALRM	01			
E4	Alarma de alta Temperatura del Reactor	U1	REAC	TRX	ALRM	02			
E5	Arrestallamas del condensador	U1	REAC	COND	ARRT	01			
E6	Bomba de transferencia del TRED al RX	U1	REAC	TRED	BOM	01			
E7	Bomba de Transferencia del TCAT al RX	U1	REAC	TCAT	BOM	01			
E8	Bomba de Transferencia del TMJ al RX	U1	REAC	TMJ	BOM	01			
E9	Condensador	U1	REAC	COND					
E10	Disco de ruptura del Reactor	U1	REAC	TRX	DISC	01			
E11	Manometro del Reactor	U1	REAC	TRX	IP	01			
E12	Motor de bomba de Transferencia del TCAT al RX	U1	REAC	TCAT	BOM	01	MOT	01	
E13	Motor de bomba de transferencia del TRED al RX	U1	REAC	TRED	BOM	01	MOT	01	
E14	Motor de agitador de reactor	U1	REAC	TRX	AGI	01	MOT	01	
E15	Motor de agitador de tanque catalizador	U1	REAC	TCAT	AGI	01	MOT	01	
E16	Registrador de Temperatura del Reactor	U1	REAC	TRX	RTEM	01			
E17	Tanque de Reaccion/Reactor	U1	REAC	TRX					
E18	Tanque mezcla de Jabones	U1	REAC	TMJ					
E19	Tanque Catalizador	U1	REAC	TCAT					
E20	Tanque Reductor	U1	REAC	TRED					
E21	Termometro del TCAT	U1	REAC	TCAT	IT	01			
E22	Termometro N.- 1 del condensador	U1	REAC	COND	IT	01			
E23	Termometro N.- 2 del condensador	U1	REAC	COND	IT	02			
E24	Termometro N.- 3 del condensador	U1	REAC	COND	IT	03			
E25	Termometro del TRED	U1	REAC	TRED	IT	01			
E26	Valvula de alivio de presion y vacio del condensador/reactor	U1	REAC	COND	PVY	01			
1.1.2.- Carga/Dosificacion									
E27	Agitador del tanque mezcla de monomeros	U1	CRG	TMM	AGI	01			
E28	Alarma alta temperatura del TMM	U1	CRG	TMM	ALRM	01			
E29	Alarma alto nivel del TMM	U1	CRG	TMM	ALRM	02			
E30	Arrestallama del TMM	U1	CRG	TMM	ARRT	01			
E31	Bascula para pesaje de carga al TMM	U1	CRG	TMM	BASC	01			
E32	Bomba para cargar amoniaco	U1	CRG	BOM	01				
E33	Bomba para cargar el TMM	U1	CRG	TMM	BOM	01			
E34	Bomba de transferencia del TMM al RX y Recirculacion del TMM	U1	CRG	TMM	BOM	02			
E35	Contador de galones para cargar el TMM y transferir del TMM al RX	U1	CRG	TMM	CONT	01			
E36	Disco de ruptura del TMM	U1	CRG	TMM	DISC	01			
E37	Flujometro para transferencia del TMM al RX	U1	CRG	TMM	FLUJ	01			
E38	Manómetro del TMM	U1	CRG	TMM	IP	01			
E39	Motor de bomba de transferencia del TMM al RX y recirculacion del TMM	U1	CRG	TMM	BOM	02	MOT	01	
E40	Tanque mezcla de monómeros	U1	CRG	TMM					
E41	Termómetro del TMM	U1	CRG	TMM	IT	01			
E42	Válvula de presión y vacío del TMM	U1	CRG	TMM	PVY	01			
1.1.3.- Dilucion									
E43	Agitador del TDIL	U1	DIL	TDIL	AGI	01			
E44	Bomba de transferencia del RX al TDIL y transferencia del TDIL a envase	U1	DIL	TDIL	BOM	01			
E45	Disco de ruptura del TDIL	U1	DIL	TDIL	DISC	01			
E46	Motor del Agitador del Tanque de dilucion	U1	DIL	TDIL	AGI	01	MOT	01	
E47	Tanque Diluidor	U1	DIL	TDIL					
E48	Tanque de post adiccion al TDIL	U1	DIL	TPAD					
E49	Termometro de TDIL	U1	DIL	TDIL	IT	01			
E50	Valvula de alivio de presion y vacio del TDIL	U1	DIL	TDIL	PVY	01			

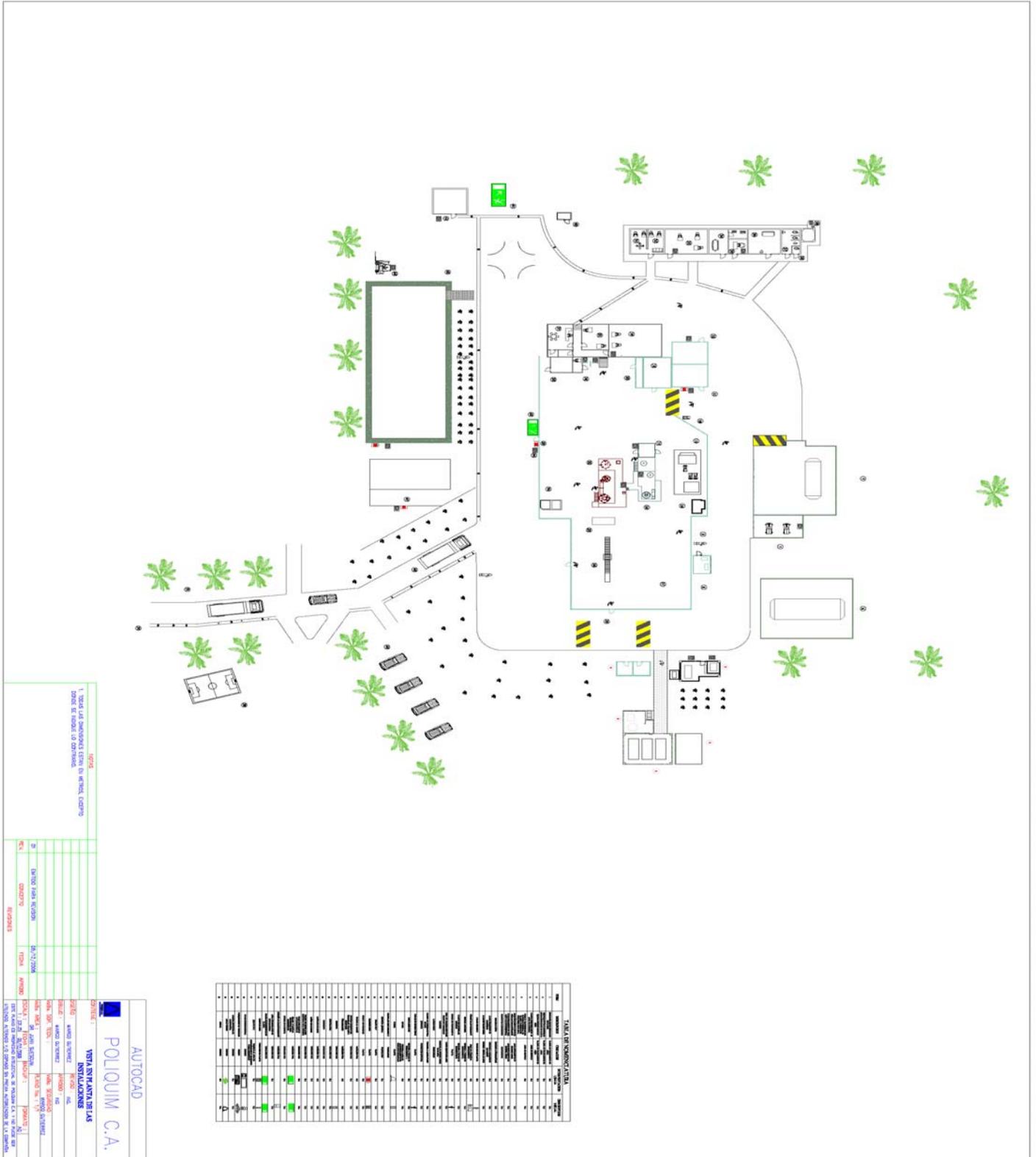
1.2.- Unidad N.- 2									
1.2.1.- Reaccion									
E51	Agitador del Reactor	U2	REAC	TRX	AGI	01			
E52	Agitador del Tanque Catalizador # 1	U2	REAC	TCAT	AGI	01			
E53	Agitador del Tanque Catalizador # 2	U2	REAC	TCAT	AGI	02			
E54	Agitador del Tanque Reductor	U2	REAC	TRED	AGI	01			
E55	Agitador del TMJ	U2	REAC	TMJ	AGI	01			
E56	Alarma de alta presion del Reactor	U2	REAC	TRX	ALM	01			
E57	Alarma de alta Temperatura del Reactor	U2	REAC	TRX	ALM	02			
E58	Bomba N.- 1 de transferencia del TRED al RX	U2	REAC	TRED	BOM	01			
E59	Bomba N.- 2 de transferencia del TRED al RX	U2	REAC	TRED	BOM	02			
E60	Bomba de Transferencia del TCAT al RX	U2	REAC	TCAT	BOM	01			
E61	Bomba de transferencia del TMM al RX	U2	REAC	TMM	BOM	01			
E62	Bomba de carga del TMM	U2	REAC	TMM	BOM	02			
E63	Bomba de Transferencia del TMJ al RX	U2	REAC	TMJ	BOM	01			
E64	Condensador	U2	REAC	COND					
E65	Disco de ruptura del Reactor	U2	REAC	TRX	DISC	01			
E66	Disco de ruptura del condensador	U2	REAC	COND	DISC	01			
E67	Flujometro para transferencia del TMM al RX	U2	REAC	TMM	FLUJ	01			
E68	Manometro del Reactor	U2	REAC	TRX	IP	01			
E69	Manometro del condensador	U2	REAC	COND	IP	01			
E70	Motor del Agitador del Reactor	U2	REAC	TRX	AGI	01	MOT	01	
E71	Motor del Agitador del Tanque Catalizador # 1	U2	REAC	TCAT	AGI	01	MOT	01	
E72	Motor del Agitador del Tanque Catalizador # 2	U2	REAC	TCAT	AGI	02	MOT	01	
E73	Motor del Agitador del Tanque Reductor	U2	REAC	TRED	AGI	01	MOT	01	
E74	Motor del Agitador del TMJ	U2	REAC	TMJ	AGI	01	MOT	01	
E75	Registrador de Temperatura del Reactor	U2	REAC	TRX	RTEM	01			
E76	Tanque de Reaccion/Reactor	U2	REAC	TRX					
E77	Tanque mezcla de Jabones	U2	REAC	TMJ					
E78	Tanque Catalizador # 1	U2	REAC	TCAT	01				
E79	Tanque Catalizador # 2	U2	REAC	TCAT	02				
E80	Tanque Reductor	U2	REAC	TRED					
E81	Termometro del TCAT	U2	REAC	TCAT	IT	01			
E82	Termometro N.- 1 del condensador	U2	REAC	COND	IT	01			
E83	Termometro N.- 2 del condensador	U2	REAC	COND	IT	02			
E84	Termometro del TMJ	U2	REAC	TMJ	IT	01			
E85	Termometro del reactor	U2	REAC	TRX	IT	01			
E86	Termometro del TRED	U2	REAC	TRED	IT	01			
E87	Valvula de presion y vacio del condensador	U2	REAC	COND	PYV	01			
1.2.2.- Carga/Dosificacion									
E88	Agitador del tanque mezcla de monomeros	U2	CRG	TMM	AGI	01			
E89	Alarma alta temperatura del TMM	U2	CRG	TMM	ALM	01			
E90	Alarma alto nivel del TMM	U2	CRG	TMM	ALM	02			
E91	Arrestallama del TMM	U2	CRG	TMM	ARRT	01			
E92	Bomba para cargar el TMM	U2	CRG	TMM	BOM	01			
E93	Manómetro del TMM	U2	CRG	TMM	IP	01			
E94	Motor del Agitador del tanque mezcla de monomeros	U2	CRG	TMM	AGI	01	MOT	01	
E95	Motor de la bomba para cargar el TMM	U2	CRG	TMM	BOM	01	MOT	01	
E96	Tanque mezcla de monómeros	U2	CRG	TMM					
E97	Termómetro del TMM	U2	CRG	TMM	IT	01			
E98	Válvula de presión y vacío del TMM	U2	CRG	TMM	PYV	01			
1.2.3.- Dilucion									
E99	Agitador del TDIL	U2	DIL	TDIL	AGI	01			
E100	Bomba de transferencia del TDIL a Envase	U2	DIL	TDIL	BOM	01			
E101	Bomba de transferencia del RX al TDIL	U2	DIL	TRX	BOM	01			
E102	Disco de ruptura del TDIL	U2	DIL	TDIL	DISC	01			
E103	Motor del Agitador del TDIL	U2	DIL	TDIL	AGI	01	MOT	01	
E104	Tanque Diluidor (TDIL)	U2	DIL	TDIL					
E105	Tanque de post adiccion al TDIL	U2	DIL	TPAD					
E106	Termometro de TDIL	U2	DIL	TDIL	IT	01			
E107	Valvula de alivio de presion y vacio del TDIL	U2	DIL	TDIL	PYV	01			
1.3.- Envase									
E108	Agitador del mezclador ross	ENV	MEZR	AGI	01				
E109	Bomba N.- 1 para envasado contenedor movil	ENV	BOM	01					
E110	Bomba N.- 2 para envasado de tambores o IBC	ENV	BOM	02					
E111	Bomba N.- 3 para envasado de tambores o IBC	ENV	BOM	03					
E112	Motor del Agitador del mezclador Ross	ENV	MEZR	AGI	01	MOT	01		
E113	Mezclador Ross para formulaciones o reproceso de recuperacion	ENV	MEZR						

2.- Almacenamiento									
2.1.- Materia Prima									
E114	Alarma de alto nivel del TVAM	ALM	MP	TVAM	ALM	01			
E115	Alarma de alto - alto nivel del TVAM	ALM	MP	TVAM	ALM	02			
E116	Alarma de bajo nivel de bombas de transferencia al TVAM	ALM	MP	TVAM	ALM	03			
E117	Alarma de alta temperatura del TVAM	ALM	MP	TVAM	ALM	04			
E118	Alarma de alto - alto nivel del TBAM	ALM	MP	TBAM	ALM	01			
E119	Alarma de bajo nivel de bombas de transferencia al TBAM	ALM	MP	TBAM	ALM	02			
E120	Alarma de alta temperatura del TBAM	ALM	MP	TBAM	ALM	03			
E121	Alarma de alto nivel del TBAM	ALM	MP	TBAM	ALM	04			
E122	Arrestallamas del TVAM al carro tanque	ALM	MP	TVAM	ARRT	01			
E123	Arrestallamas del TVAM al Scrubber	ALM	MP	TVAM	ARRT	02			
E124	Arrestallamas del TBAM al carro tanque	ALM	MP	TBAM	ARRT	01			
E125	Bomba para descarga de VAM (MP1)	ALM	MP	TVAM	BOM	01			
E126	Bomba para descarga de BAM (MP2)	ALM	MP	TBAM	BOM	01			
E127	Indicador de nivel del TVAM	ALM	MP	TVAM	INIV	01			
E128	Indicador de nivel del TBAM	ALM	MP	TBAM	INIV	01			
E129	Motor de Bomba para descarga de VAM (MP1)	ALM	MP	TVAM	BOM	01	MOT	01	
E130	Motor de Bomba para descarga de BAM (MP2)	ALM	MP	TBAM	BOM	01	MOT	01	
E131	Tanque de almacenamiento de VAM(MP1)	ALM	MP	TVAM					
E132	Tanque de almacenamiento de BAM(MP2)	ALM	MP	TBAM					
E133	Valvula de alivio de presion y vacio del TVAM al carro tanque	ALM	MP	TVAM	PYV	01			
E134	Valvula de alivio de presion y vacio del TVAM a la atmosfera	ALM	MP	TVAM	PYV	02			
E135	Valvula de alivio de presion y vacio del TVAM al scrubber	ALM	MP	TVAM	PYV	03			
E136	Valvula de alivio de presion y vacio del TBAM al carro tanque	ALM	MP	TBAM	PYV	01			
E137	Valvula de alivio de presion y vacio del TBAM al scrubber	ALM	MP	TBAM	PYV	02			
2.2.- Producto terminado									
E138	Indicador de nivel de TALM-01	ALM	PT	TALM	01	INIV	01		
E139	Indicador de nivel de TALM-02	ALM	PT	TALM	02	INIV	01		
E140	Indicador de nivel de TALM-03	ALM	PT	TALM	03	INIV	01		
E141	Indicador de nivel de TALM-04	ALM	PT	TALM	04	INIV	01		
E142	Indicador de nivel de TALM-05	ALM	PT	TALM	05	INIV	01		
E143	Indicador de nivel de TALM-06	ALM	PT	TALM	06	INIV	01		
E144	Indicador de nivel de TALM-07	ALM	PT	TALM	07	INIV	01		
E145	Tanque N.-1 PRFV para almacenamiento de PT	ALM	PT	TALM	01				
E146	Tanque N.-2 PRFV para almacenamiento de PT	ALM	PT	TALM	02				
E147	Tanque N.-3 PRFV para almacenamieto de PT	ALM	PT	TALM	03				
E148	Tanque N.-4 ACERO para almacenamiento de PT	ALM	PT	TALM	04				
E149	Tanque N.-5 ACERO para almacenamiento de PT	ALM	PT	TALM	05				
E150	Tanque N.-6 ACERO para almacenamieto de PT	ALM	PT	TALM	06				
E151	Tanque N.-7 ACERO para almacenamieto de PT	ALM	PT	TALM	07				
2.3 Logistica y transporte									
E152	Montacarga	ALM-	LYT				MONT	01	
3.- Servicio									
3.1.- Vapor Y agua caliente									
E153	Bomba # 1 de reposicion de agua de caldero	SRV	VAP	CALD	BOM	01			
E154	Bomba #2 de reposicion de agua de caldero	SRV	VAP	CALD	BOM	02			
E155	Bomba para carga de diesel	SRV	VAP	TDIE	BOM	01			
E156	Caldero	SRV	VAP	CALD					
E157	Tanque para almacenamiento de diesel - uso diario	SRV	VAP	TDIE					
E158	Tanque de agua caliente	SRV	VAP	TACAL					
E159	Bomba de Tanque de agua caliente	SRV	VAP	TACAL	BOM	01			
E160	Contador de galones de agua caliente al reactor	SRV	VAP	TACAL	CONT	01			
E161	Contador de galones de agua caliente al tanque catalizador	SRV	VAP	TACAL	CONT	02			
E162	Contador de galones de agua caliente al tanque Mezcla de jabones	SRV	VAP	TACAL	CONT	03			
E163	Motor de Bomba # 1 de reposicion de agua de caldero	SRV	VAP	CALD	BOM	01	MOT	01	
E164	Motor de Bomba #2 de reposicion de agua de caldero	SRV	VAP	CALD	BOM	02	MOT	02	
E165	Motor de Bomba de Tanque de agua caliente	SRV	VAP	TACAL	BOM	01	MOT	01	
3.2.- Aire Comprimido									
E166	Compresor # 1	SRV	ACMP	COMP	01				
E167	Compresor # 2	SRV	ACMP	COMP	02				
E168	Unidad de mantenimiento # 1 de aire	SRV	ACMP	UMTT	01				

E169	Motor de compresor # 1	SRV	ACMP	COMP	01	MOT	01		
E170	Motor de compresor # 2	SRV	ACMP	COMP	02	MOT	01		
3.3.- Agua de proceso									
E171	Bomba de cisterna de agua	SRV	APRO	BOM	01				
E172	Bomba de desionizador # ?	SRV	APRO	DESI	x	BOM	01		
E173	desionizador # 1	SRV	APRO	DESI	01				
E174	desionizador # 2	SRV	APRO	DESI	02				
E175	Motor de Bomba de cisterna de agua								
E176	Motor de Bomba de desionizador # ?								
3.4.- Agua de enfriamiento									
E177	Torre de enfriamiento #1	SRV	ENF	TR1					
E178	Bomba # 1	SRV	ENF	TR1	BOM	01			
E179	Bomba # 2	SRV	ENF	TR1	BOM	02			
E180	Ventilador	SRV	ENF	TR1	VENT	01			
E181	Motor del ventilador	SRV	ENF	TR1	VENT	01	MOT	01	
E182	Motor de Bomba # 1	SRV	ENF	TR1	BOM	01	MOT	01	
E183	Motor de Bomba # 2	SRV	ENF	TR1	BOM	02	MOT	01	
E184	Torre de enfriamiento # 2	SRV	ENF	TR2					
E185	Bomba # 1	SRV	ENF	TR2	BOM	01			
E186	Ventilador	SRV	ENF	TR2	VENT	01			
E187	Motor del ventilador	SRV	ENF	TR2	VENT	01	MOT	01	
E188	Motor de Bomba # 1	SRV	ENF	TR2	BOM	01	MOT	01	
3.5.- Energia electrica									
E189	Transformador principal/general	SRV	ELEC	TRNS					
E190	cuarto control de motores	SRV	ELEC	CCM	01				
E191	generador de emergencia del area de proceso / produccion	SRV	ELEC	GEN	01				
E192	generador de emergencia del area de oficinas	SRV	ELEC	GEN	02				
4.- Seguridad v medio ambiente									
4.1.- Planta tratamiento de aguas residuales de planta- sistema ozonificacion									
E193	Bomba de tratamiento de agua residual de proceso	SYM	PTAR	BOM	01				
E194	Unidad de mantenimiento de aire	SYM	PTAR	UMTT	01				
E195	Ozonificador	SYM	PTAR	OZON					
E196	Motor electrico para sistema de ozonificacion	SYM	PTAR	OZON	MOT	01			
4.2. Equipos contra incendio									
E197	Sistema de extintores	SYM	CI	EXT					
E198	Bomba jockey	SYM	CI	BOM	01				
E199	Bomba # 1 de red contra incendio	SYM	CI	BOM	02				
E200	Bomba # 2 de red contra incendio	SYM	CI	BOM	03				
E201	Sistema de gabinetes	SYM	CI	GAB					
E202	Sistema de hidrantes	SYM	CI	HIDR					
E203	Motor de bomba jockey	SYM	CI	BOM	01	MOT	01		
E204	Motor de bomba contra incendio # 1	SYM	CI	BOM	02	MOT	01		
E205	Motor de bomba contra incendio # 2	SYM	CI	BOM	03	MOT	01		
4.3. Planta de tratamiento de vapores - sistema scrubber									
E206	Bomba de tratamiento de vapores - sistema scrubert	SYM	RG	02	BOM	01			
E207	Tanque recolector de condensado	SYM	RG	01					
E208	Tanque lavador de gases - solucion teta	SYM	RG	02					
E209	Motor de bomba de tratamiento de vapores - sistema scrubber	SYM	RG	02	BOM	01	MOT	01	
TOTAL EQUIPOS		209							

APENDICE H

PLANO DE DISTRIBUCION DE AREAS DE PLANTA.



1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS (CIENTOS DE MILIMETROS SI SON DE CARACTER COMUNICACIONAL)

NO.	DESCRIPCION	FECHA	REVISOR
01	PLAN DE DISTRIBUCION DE AREAS DE PLANTA	24/07/2008	AMOROS

AUTOCAD

POLIQUIM C.A.

VEHICULOS DE LAS INSTALACIONES

CONTENIDO:

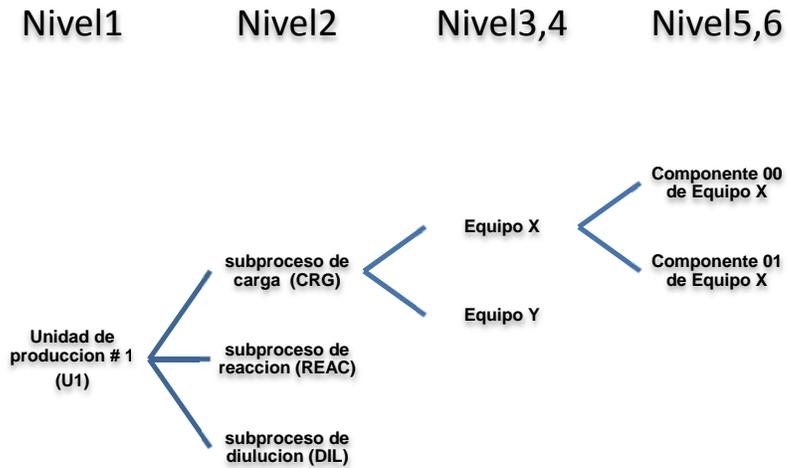
- 01. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 02. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 03. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 04. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 05. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 06. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 07. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 08. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 09. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 10. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 11. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 12. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 13. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 14. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 15. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 16. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 17. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 18. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 19. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 20. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 21. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 22. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 23. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 24. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 25. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 26. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 27. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 28. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 29. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 30. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 31. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 32. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 33. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 34. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 35. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 36. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 37. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 38. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 39. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 40. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 41. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 42. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 43. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 44. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 45. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 46. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 47. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 48. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 49. AREA DE ESTACIONAMIENTO
- 50. AREA DE ESTACIONAMIENTO

**APENDICE I
PROTOTIPO DE EQUIPOS CRITICOS**

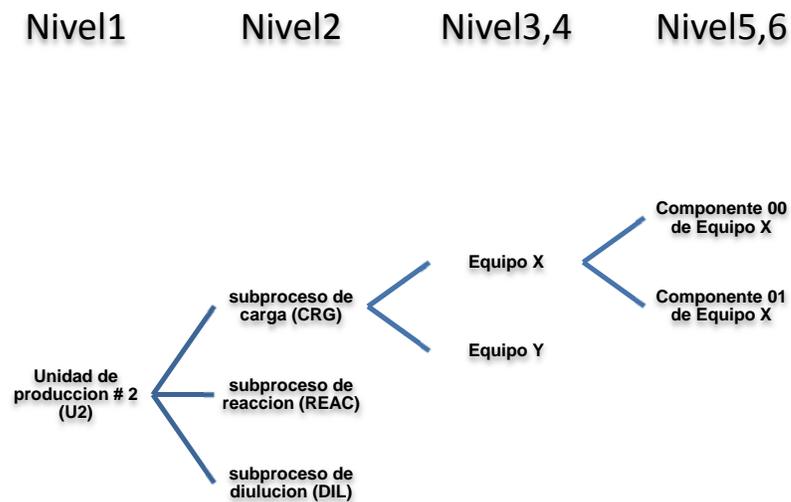
	FACTORES DETERMINANTES DE CRITICIDAD DE EQUIPOS								CRITICIDAD
	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	FRECUENCIA DE FALLAS	TIEMPO DE OPERACIÓN	COSTOS DE REPARACION DE EQUIPOS POR MTTD.	CALIDAD & PRODUCTIVIDAD	SEGURIDAD INDUSTRIAL	MEDIO AMBIENTE	PRODUCCION	
E1	A	A	A	A	A	A	C	A	A
E2	C	B	B	C	C	B	C	B	C
E3	B	A	A	A	A	B	C	B	A
E4	B	A	A	A	A	B	C	B	A
E5	C	A	A	C	C	A	C	C	B

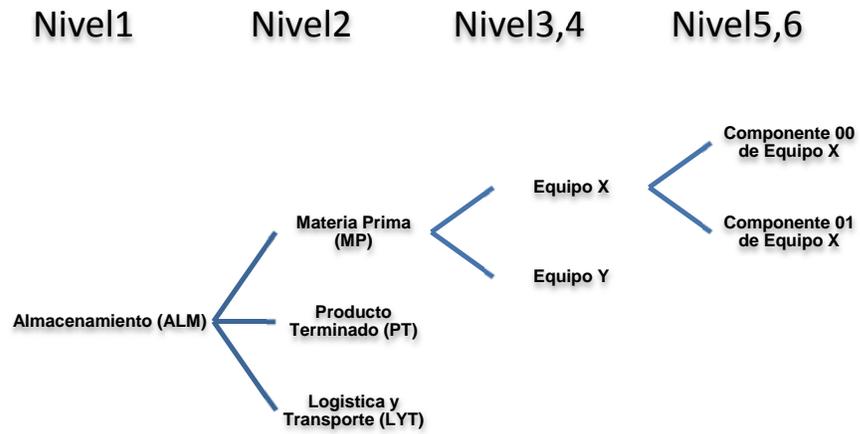
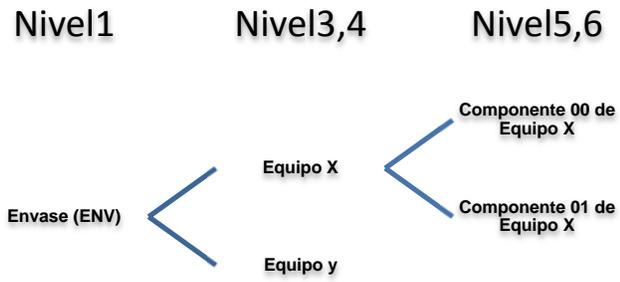
APENDICE J

DIAGRAMAS PARA CODIFICACION DE EQUIPOS



Ejemplo de codificación de uno de los equipos: Motor de la bomba de transferencia del tanque catalizador al reactor de la unidad de producción # 1
U1-REAC-TCAT-BOM-01-MOT-01





**APENDICE K
MODELO DE FICHA TECNICA DE EQUIPOS**



EMPRESA. POLIQUIM C.A.	NOMBRE DEL EQUIPO.	AGITADOR DEL REACTOR I					
PLANTA. Guayaquil - Ecuador							
AREA PROCES/MANUFACT.	CODIGO DEL EQUIPO.	<table border="1"> <tr> <td>U1</td> <td>REAC-</td> <td>TRX-</td> <td>AGI</td> <td>01</td> </tr> </table>	U1	REAC-	TRX-	AGI	01
U1	REAC-	TRX-	AGI	01			
SUB-AREA UNIDAD # 1	SUBPROCESO	REACCION					

EQUIPO AUXILIAR - AGITADOR

VENDEDOR	MIXING EQUIPMENT CO, INC
CÓDIGO ANTERIOR - ARIAS	LUFY - Y - 224
POTENCIA REQUERIDA @ RPM MAX	10 HP
TIPO	MIXCO
MODELO	74S - 25
SERIE	NO DISPONIBLE
TIPO DE MOTOR USADO	ELECTRICO
TIPO DE TRANSMISIÓN USADA	TRANSMISION POR BANDAS
VELOCIDAD DEL MOTOR	1725 RPM
VELOCIDAD DEL AGITADOR	
MIN - MÁX.	46 RPM 125 RPM
TIPO DE COJINETE	CARGAS COMBINADAS: RADIAL + AXIAL
MATERIAL EJE	304L (SS)
MATERIAL IMPELLER	304L (SS)
MATERIAL EMPAQUES	ASBESTO

J#1

—

APENDICE L

MATRIZ DE HALLAZGOS 5 "S" REALIZADAS AL AREA DE MANTENIMIENTO

MATRIZ DE HALLAZGOS REALIZADA AL ÁREA DE MANTENIMIENTO Y LEVANTA POR EL COMITÉ EVALUADOR DE ORDEN Y LIMPIEZA EXISTENTE EN LA COMPAÑÍA					
AREA	Criterio 5 S	Foto Inicial	Hallazgos	Propuesta de Mejora	Responsable
TALLER MECANICO	ORDENAR Y LIMPIAR		HERRAMIENTAS OBSOLETAS Y FUERA DE SU LUGAR	DESIGNAR Y REUBICAR LAS HERRAMIENTAS EN UN LUGAR DONDE CORRESPONDA	JEFE DE MANTENIMIENTO
TALLER MECANICO	ORDENAR Y LIMPIAR		MATERIAL RESIDUO DEL TALLER TIRADO	DESIGNAR Y REUBICAR LOS RESIDUOS EN UN LUGAR DONDE CORRESPONDA	JEFE DE MANTENIMIENTO
TALLER MECANICO	COLOCAR EN SU LUGAR		HERRAMIENTAS DESORDENADAS	DEFINIR UN SITIO PARA CADA COSA	JEFE DE MANTENIMIENTO
TALLER MECANICO	COLOCAR EN SU LUGAR		GABINETE DE TALLER TOTALMENTE DESORDENADO	DEFINIR UN SITIO PARA CADA COSA	JEFE DE MANTENIMIENTO
DIQUE DE TANQUE RECOLECTOR DE GASES	ORDENAR Y LIMPIAR		CANECAS SIN ROTULACION, DESORDENADO Y SUCIO	ROTULAR LA CANECAS EXISTENTES, ORDENARLAS EN UN LUGAR DESIGNADO Y LIMPIAR EL SITIO	JEFE DE MANTENIMIENTO
DIQUE DE TANQUE LAVADOR DE GASES	LIMPIAR		DIQUE SUCIO	LIMPIAR EL DIQUE	JEFE DE MANTENIMIENTO
ALMACEN DE REPUESTOS	ORDENAR Y LIMPIAR		REPUESTOS EN TOTAL DESORDEN	DEFINIR UN SITIO PARA CADA REPUESTO, ROTULAR Y LIMPIAR EL SITIO	JEFE DE MANTENIMIENTO
ALMACEN DE REPUESTOS	ORDENAR Y LIMPIAR		ESCRITORIO DESORDENADO Y SIN ESPACIO PARA TRABAJAR	ORDENAR Y ELIMINAR LO QUE NO SIRVA Y LIMPIAR EL SITIO	JEFE DE MANTENIMIENTO

<p>TORRE DE ENFRIAMIENTO # 2</p>	<p>LIMPIAR Y REDISEÑAR</p>		<p>FUGA DE AGUA POR ENTRADA DE AIRE DE LA TORRE</p>	<p>REVIZAR EL DISEÑO DE LA TORRE Y DE REQUERIRSE MODIFICARLO Y LIMPIAR EL SITIO</p>	<p>JEFE DE MANTENIMIENTO</p>
<p>TORRE DE ENFRIAMIENTO # 2</p>	<p>LIMPIAR Y REDISEÑAR</p>		<p>FUGA DE AGUA POR BOMBA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO</p>	<p>REVIZAR EL DISEÑO DE LA BOMBA, EN ESPECIAL EL SISTEMA DE PRENSAESTOPA Y DE REQUERIRSE MODIFICARLO Y LIMPIAR EL SITIO</p>	<p>JEFE DE MANTENIMIENTO</p>

**APENDICE M
FORMATO DE GENERACION DE OT**

POLIQUIM

OT009 RESUMEN DE ORDENES DE TRABAJO

Pag. 1

2008/08/13

am - Administrador de Mantenimiento

ORDENADO POR NUMERO DE LA OT

OT No.	Pr	Descripción OT	Fecha Ge	EQ	Descripción EQ	T Est	TM
2,008 - 1,947	3	CAMBIO DE ACEITE Y LUBRICACION DE RODAMIENTOS	2008/07/10	ENV-MEZRAGI01RED01	Reductor del Mezclador Ross para formulaciones	1 H	Lbr
2,008 - 1,971	3	INSPECCION POLEA, BANDA, RODAMIENTO, ARRANCADOR Y LUBRICACION	2008/07/08	SRV-ENF-TR2VENT01	Ventilador # 2 con su respectivo motor	5 H	Prv
2,008 - 1,972	3	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	2008/07/06	ALM-MPTVAMPYV03	Valvula de alivio de presion y vacio del TVAM al scrubber	1 H	Prv
2,008 - 1,994	3	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	2008/07/13	ALM-MPTVAMARRT01	Arrestallamas del TVAM al carro tanque	90 M	Prv
2,008 - 1,995	3	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	2008/07/13	ALM-MPTVAMARRT02	Arrestallamas del TVAM al Scrubber	90 M	Prv
2,008 - 2,005	3	INSPECCION POLEA, BANDA, RODAMIENTO, ARRANCADOR Y LUBRICACION	2008/07/15	SRV-ENF-TR1VENT01	Ventilador con su respectivo motor	5 H	Prv
2,008 - 2,009	3	CAMBIO DE ACEITE	2008/07/15	U1DILTDILAGI01	AGITADOR DEL TDIL - UNIDAD # 1 (REDUCTOR)	1 H	Lbr
2,008 - 2,017	3	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	2008/07/13	ALM-MPTBAMARRT01	Arrestallamas del TBAM al carro tanque	90 M	Prv
2,008 - 2,052	3	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	2008/07/20	U2CRGTMARRT01	ARRESTALLAMAS DEL TMM UNIDAD # 2	90 M	Prv

APENDICE N

PROTOTIPO DEL PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO

CODIGO U1-REAC-TCAT-AGI-01

NOMBRE DEL EQUIPO AGITADOR DEL TANQUE CATALIZADOR **SUBAREA** UNIDAD # 1
AREA PROCESO **SUBPROCESO** REACCION

ACTIVIDADES		FRECUENCIA
1	REALIZAR UN OVERHALL DE TODO EL SISTEMA DE AGITACION ; AGITADOR , Y MOTOR REALIZANDO LO SIGUIENTE: RECAMBIO REPARACION & RECTIFICACION DE REPUETOS Y COMPONENTES	ANUAL
2	DETERMINACION DE OPERABILIDAD DE VALVULAS MANUALES EN LAS LINEAS DE SUMINISTRO Y DESCARGA CERCANAS	SEMESTRAL

CODIGO U1-REAC-RX-ALR-01

NOMBRE DEL EQUIPO ALARMA DE ALTA PRESION DEL REACTOR **SUBAREA** UNIDAD # 1
AREA PROCESO **SUBPROCESO** REACCION

ACTIVIDADES		FRECUENCIA
1	VERIFICAR SU OPERABILIDAD - PRUEBA DE ALARMA	QUINCENAL
2	CALIBRACION DE LA PRESION	TRIMESTRAL
3	INSPECCION VISUAL PARA DETECTAR DANOS FISICOS	DIARIO

CODIGO U1-REAC-TRED-BOM-01

NOMBRE DEL EQUIPO BOMBA DE TRANSFERENCIA DEL TRED AL RX **SUBAREA** UNIDAD # 1
AREA PROCESO **SUBPROCESO** REACCION

ACTIVIDADES		FRECUENCIA
1	Inspección visual del aceite en la caja de engranajes y confirmar si existe fuga de producto o aceite	DIARIO
2	cambio de aceite de la caja de engranes cada 6 meses o 4500 horas lo que ocurra primero	SEMESTRAL
3	cambio de filtros y aceite de la caja de engranes cada 12 meses o 9000 horas lo que ocurra	SEMESTRAL
4	overhaul que deberá incluir inspección y chequeo de estado actual de pistón, válvulas, diafragma, ajustador de carrera y la caja	ANUAL
5	inspección auditiva de sonidos anormales en motor y bomba	DIARIO
6	verificar que el suministro eléctrico ,presión de descarga , capacidad (caudal) de la bomba sea la correcta según datos del	SEMANAL
7	Revisar que el mando de regulación gire suave y libremente.	DIARIO

APENDICE O
PROTOTIPO DE ACTIVIDADES EN LA IMPLEMENTACION DE
MANTENIMIENTO AUTONOMO.

Item	Descripción de Actividad	Responsable
1	Para iniciar y haciendo uso del listado de equipos críticos, realizar: 1. una limpieza física inicial 2. Eliminar posibles fuentes de contaminación 3. Eliminar la inaccesibilidad a los equipos Posteriormente se completara cada actividad mencionada a los demás equipos	Mecánico
		Soporte de mecánico
		Soportes de producción
2	Determinar puntos específicos que deberán ser limpiados, examinados previos a la lubricación. Para iniciar se considerará solo a equipos críticos y posteriormente a los demás equipos	Jefe de mantenimiento
		Mecánico
3	Determinar la frecuencia de lubricación y posteriormente iniciar la lubricación	Mecánico
		Jefe de mantenimiento

**APENDICE P
 PROTOTIPO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

CODIGO U1 REAC TRX AGI 01

DESCRIPCION AGITADOR DEL REACTOR U1 SUBAREA UNIDAD # 1
 & SU RESPECTIVO REDUCTOR DE VELOCIDAD SUBPROCESO REACCION
AREA PROCESO

ACTIVIDADES		FRECUENCIA
1	DETERMINACION DE FISURAS EN EL EJE DEL AGITADOR EMPLEANDO TINTAS PENETRANTES - ENSAYO NO DESTRUCTIVO	ANUAL
2	ANALISIS DE ACEITE DE CAJA REDUCTORA - ENSAYO NO DESTRUCTIVO	ANUAL
3	VERIFICACION DE LA ALINEACION	SEMESTRAL
4	ANALISIS DE VIBRACION - ENSAYO NO DESTRUCTIVO	SEMESTRAL
5	MONITOREO DEL MOTOR ELECTRICO Y ANALISIS DE LA CONDICION	SEMESTRAL

CODIGO U1 REAC TRX

DESCRIPCION REACTOR U1 SUBAREA UNIDAD # 1
AREA PROCESO SUBPROCESO REACCION

ACTIVIDADES		FRECUENCIA
1	MEDICION DE ESPESORES DEL REACTOR - ENSAYO NO DESTRUCTIVO	ANUAL

APENDICE Q

FORMATO - FMEA

ÁREA: UNIDAD DE PRODUCCION # 1				HOJA 1 DE 1
SISTEMA / EQUIPO: BOMBA NEUMATICA		FMEA		FECHA: 07/08/08
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCION)	MODO DE FALLA (causa de la falla)	EFFECTOS DE FALLA	
1 TRANSFERIR LATEX DESDE EL TANQUE DILUIDOR HASTA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	A INCAPAZ DE TRANSFERIR LATEX	1 Entrabamiento de la válvula de retencion (check)	Se retrasa el proceso disminuyendo la productividad	
		2 Ruptura del diafragma	Se retrasa el proceso disminuyendo la productividad	

BIBLIOGRAFÍA

1. Juan G. Saldarriaga V. Hidráulica de tuberías, McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, Colombia, 1998.”
2. ASHRAE Systems and Equipment Handbook (SI), Chapter 36, ASHRAE, Atlanta, USA, 2000 ,cooling tower performance chart ”
3. Raúl R. Prando , Manual gestión de mantenimiento a la medida
4. Manual de Indicadores de Mantenimiento, PDVSA, 1998
5. Luis Amendola , Modelos mixtos de confiabilidad
6. Leandro Daniel Torres , Mantenimiento su implementación y gestión
7. Lourival Augusto Tabares, Administración moderna del mantenimiento
8. www.cmcm.com.mx “Experiencia en la implementación de mantenimiento clase mundial , caso real” Julio Carvajal Brenes
9. www.klaron.net “ Indicadores de confiabilidad” Luis Amendola
10. www.mantenimientomundial.com
11. www.mantenimientoplanificado.com “mantenimiento planificado y programado” D. Jiménez Fernández
12. www.solomantenimiento.com
13. <http://www.noria.com/sp/cmcm/2k3/antonio.pdf>
14. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/lourival.asp>