

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingenieria Mecanica



**"PROYECTO DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PARA UNA
FABRICA PAPELERA"**

T E S I S

Para Optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO MECANICO-ELECTRICISTA

LUCIO GONZALO QUIROZ CABALLERO

Promocion 1979 - II

**Lima - Peru
1990**

PROYECTO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PARA UNA FABRICA PAPELERA

Pág..

PROLOGO

CAPITULO 1.-

INTRODUCCION	4
--------------	---

CAPITULO 2.-

ASPECTOS GENERALES

2.1.	Descripción de la Planta	7
2.2.	Sectores que conforman la planta	9
2.3.	Materia prima utilizada	51
2.4.	Proceso de fabricación del papel	55
2.5.	Proceso del estucado del papel	56

CAPITULO 3.-

DIAGNOSTICO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO APLICADO

3.1.	Organización y Administración	58
	- Organigrama	60
	- Funciones	61
	- Sistema informático	63
3.2.	Diagramas de Bloques	66
3.3.	Clasificación de equipos	69
	- Equipos críticos	70
	- Equipos principales	72
	- Equipos secundarios	77

3.4.	Registro de fallas	74
3.5.	Cálculo de indicadores de mantenimiento	76
3.6.	Análisis de resultados	141
3.7.	Conclusiones y sugerencias	149

CAPITULO 4.-

IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL

4.1.	Organización	155
4.2.	Administración	156
4.3.	Políticas de Operación	157
4.4.	Análisis de fallas - formatos	160
4.5.	Stock de repuestos	160
4.6.	Programas de inspecciones	161
4.7.	Programa de mantenimiento	162
4.8.	Trabajos planificados	162
4.9.	Técnicas de mantenimiento	163
4.10.	Presupuestos	163

CAPITULO 5.-

DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

5.1.	Ubicación del mantenimiento dentro de la planta.	164
5.1.1.	Política General de la Planta	164
5.1.2.	Consideraciones Organizativas	168
5.1.3.	Consideraciones Administrativas (unidades jerárquicas).	175
5.2.	Políticas de operación	183

5.2.1. Sobre trabajos	183
5.2.2. Sobre personal	189
5.2.3. Sobre turnos de trabajo	191
5.2.4. Sobre tipos de mantenimiento	195
5.2.5. Sobre funciones y obligaciones	202
5.2.6. Sobre seguridad	202
5.3. Informe de mantenimiento	204
5.3.1. De prioridad	205
5.3.2. De pronóstico de mano de obra	208
5.3.3. De retraso o adelanto de programa	211
5.3.4. De acatamiento	212
5.4. Relaciones con otros departamentos de la planta	213
5.4.1. Con contabilidad	214
5.4.2. Con logística (compras y almacén)	215
5.4.3. Con producción	215
5.4.4. Con personal	217
5.4.5. Con el laboratorio	217
5.5. Análisis estadístico	218
5.5.1. Análisis de fallas	219
5.5.2. Formatos de registros estadísticos	229
5.5.3. Determinación de indicadores de mantenimiento, sobre la línea de producción.	253
5.5.4. Stock de repuestos	269
5.5.5. Efectividad del sistema	282

5.6.	Programación del mantenimiento	283
5.6.1.	Tiempos de mantenimiento	284
5.6.2.	Beneficios del mantenimiento programado	307
5.6.3.	Etapas de la programación	309
5.6.4.	Programa de inspecciones	318
5.6.5.	Trabajos planificados	370
5.6.6.	Técnicas de mantenimiento recomendadas	374

CAPITULO 6.-

ANALISIS DE COSTOS

6.1.	Costos de Adquisición	476
6.2.	Costos de Propiedad	479
6.3.	Determinación del MTBF Y TP óptimo	485
6.4.	Determinación del punto de equilibrio	491
6.5.	Determinación de la rentabilidad	494

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES ADMINISTRATIVAS	497
CONCLUSIONES TECNICAS	500
CONCLUSIONES ECONOMICAS	501

BIBLIOGRAFIA	504
--------------	-----

PROLOGO

En la actualidad, debido a la crisis económica e industrial en que se encuentra el país, es de mucha e imperiosa necesidad de que las fábricas operen en las más eficientes óptimas condiciones, ya que de esta forma disminuirá, por productos fallados, el consumo de energía eléctrica, el consumo de combustible. Además, si se planifica un programa de reparaciones, se programan y optimizan las horas-hombre empleadas para la operación y reparación de las máquinas, esto generará mejoras en el aprovechamiento de recursos de mano de obra de las fábricas.

El presente proyecto comprende los aspectos generales referidos a la descripción de la fábrica, maquinaria que dispone materia prima que utiliza para la fabricación de papel.

Se hace un diagnóstico del mantenimiento aplicado y

se describe los problemas que tienen actualmente.

También, se plantea el diseño del mantenimiento propuesto, referidos a políticas y formas de cómo el departamento de mantenimiento debe desempeñar sus labores. Asimismo, se hace referencia de técnicas de mantenimiento que se deben realizar en las máquinas, equipos, sistemas y accesorios más importantes de la fábrica.

Se hace un análisis de costos referidos al departamento de mantenimiento, los que están relacionados con los tiempos óptimos de mantenimiento, tiempo medio entre fallas. Asimismo se determina la rentabilidad de operación de las máquinas.

Quiero hacer extensivo mi agradecimiento al Ing. RICARDO MÜLLER su personal de mantenimiento de la Fábrica Industrial Papelera Atlas S.A. quienes me brindaron el apoyo necesario para realizar el presente trabajo.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

La Fabrica cuenta con dos maquinas para fabricar papel otras maquinas de conversion tales como estusadora, rebobinadoras, suercalandrias para procesar dicho papel, con las cuales le dan diferentes acabados: asimismo dispone de sistemas de vapor, agua, aire comprimido, la cual, complementa el proceso de fabricacion del papel: tambien dispone de montacargas para desolacar las bobinas o productos terminados. Estos equipos, maquinas sistemas requieren de un mantenimiento, el cual, haga que aumente su vida util, reduzca los costos directos e indirectos, mejore su rendimiento y funcionamiento, reduzca la necesidad de reemplazar equipos, maquinas, sistemas o componentes, poner el equipo no operativo y económicamente reparable en condiciones operativas con un mínimo de personal y de materiales, asimismo, ayudara a predecir, prevenir, detectar, aislar y corregir a tiempo las fallas por medio de las inspecciones del mantenimiento preventivo.

Con el programa de mantenimiento preventivo se

consecuira incrementar la eficiencia del mantenimiento
fin de mejorar la produccion y productividad. Se evaluará
las actividades del mantenimiento preventivo
reparaciones ejecutadas por el personal del departamento
de mantenimiento. también. se tendrá informacion y
control estadístico de la situación actual de los equipos
maquinas que se dispone para tomar las medidas
correctivas necesaria.

Para elaborar el proyecto se conto con informacion de
los reportes mensuales del departamento de produccion
desde el año 1986 hasta el año 1988. en donde se anotan
las fallas y tiempos de parada de la máquina y equipos
por reparaciones hechas en las distintas partes de la
maquina papelera No. 1 caldera No.3. Con respecto a las
otras maquinas. no tiene informacion por ser nuevas o
recientemente han sido instaladas tal como la maquina
papelera No. 2 que ha iniciado la etapa de pruebas y
regulacion mediados del año 1988. tambien se utilizó
catalogos y accesorios de conocimientos tecnicos. Este
proyecto comprende solo el proceso de fabricacion del
papel (producto terminado de bobinas).

Con todo esto se podra efectuar un analisis de costos
de las actividades de mantenimiento preventivo y
reparaciones a fin de alcanzar los objetivos y metas
establecidos.

CAPITULO 2

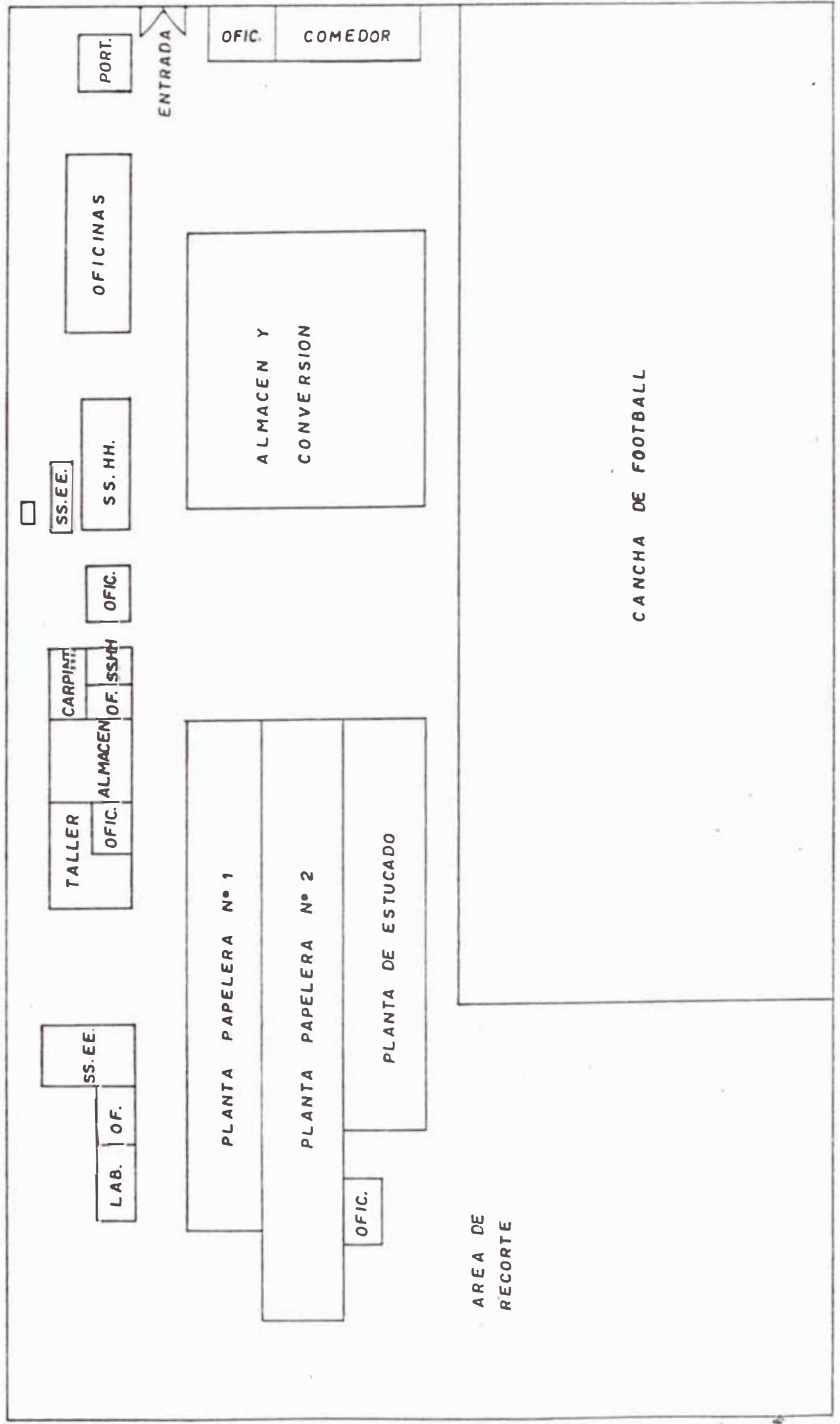
ASPECTOS GENERALES

2.1. DESCRIPCION DE LA FABRICA.-

La fabrica esta ubicada en el distrito de riña en el Km. 19.5 de la Carretera Central. dispone de 72.000 m. de los cuales 5.500 m. estan ocupados por maquinaria, equipos de fuerza y taller. Por otro lado 3.000 son ocupados por oficinas. almacenes ambientes para ampliaciones.

organograma general de fabrica esta conformado de la siguiente manera:

ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE LA FABRICA



de dicho organigrama podemos observar que la empresa tiene una Presidencia Ejecutiva, luego tiene un Gerente General que esta asistido por la Direccion de R.R.P.P. y el Auditor Interno; luego vienen el Laboratorio y las asesorias tributarias, legal laboral. Asimismo vemos que la empresa esta administrada por dos Gerencias Centrales (la de Lima y de Naña).

La Gerencia Central de Lima esta conformada por las Gerencias de Informatica, Gerencia de Finanzas, Gerencia de Ventas, y el Departamento de Mercadeo.

Con respecto a la Gerencia Central de Naña esta conformada por las Gerencias Administrativa, Gerencia de R.R.P.P., Gerencia de Produccion y Gerencia de Ingenieria y Mantenimiento.

La Fabrica cuenta con 282 trabajadores de los cuales, 115 son empleados administrativos los conforman la fuerza laboral obrera.

La produccion promedio de cada maquina papeleras en horas de trabajo es de 8.200 kg., dicho peso se considera en bobinas con las caracteristicas de comercializacion, esto es: grama 361 local, ancho

peso de la bobina.

La fábrica cuenta con formas de protección, una es el de contra incendios, el cual está conformado por grupos de trabajadores que están entrenados para operar ante un caso de incendio; otra forma de protección es que cuenta con un Grupo Electrodomo el cual brinda alumbrado en caso de corte de fluido eléctrico que en estos tiempos es muy frecuente y otra forma de protección es que cuenta con una vigilancia brindada por una empresa privada.

2.2. SECTORES QUE CONFORMAN LA FABRICA.-

Con la finalidad de hacer un mejor análisis técnico de sus instalaciones, maquinarias y equipos, procederemos a dividir la fábrica en:

2.2.1. PLANTA DE PAPEL No. 01.-

Esta planta comprende los equipos que conforman la máquina de fabricación de papel No. 1, la rebobinadora No.1, y super calandria No.1.

2.2.1.1. La máquina de fabricación de papel No.

1 está conformada principalmente con:

Un tanque cilíndrico vertical de 2.50 m³ de capacidad denominado cocina. En dicho tanque se prepara aditivos químicos especiales. Este tanque tienen su equipo de agitación con un motor eléctrico de 2.5 HP; tuberías de suministro de agua. Por la parte inferior de dicho tanque se deriva una tubería que a su vez se ramifica en dos, una para el suministro del aditivo químico a la máquina papelería No. 1 y la otra va a una bomba con un motor eléctrico de 3 HP para el suministro a la máquina papelería No. 2.

- El pulper.-

es un tanque cilíndrico vertical destapado en la parte superior, de acero inoxidable de 12 m³ de capacidad, pudiendo variar esta capacidad según requerimiento de la máquina papelería propiamente dicha.

Este tanque descansa sobre un soporte.

En el centro del interior del pulper, se encuentra un rotor de acero provisto de aspas pulceadoras. Este rotor con aspas, al girar, cuando el pulper esta con la cantidad de agua requerida, con el peso determinado de la pulpa de papel que viene en planchas de $1 \times 0.70 \times 0.002$ m. con peso del papel mal bobinado o con el peso de recorte (papel usado) seleccionado requerido con la proporcion adecuada de los compuestos y aditivos quimicos, rompe los asos de fibra existentes, logrando una aceptable separacion de fibras. De esta manera las fibra se conen en suspension formando una pasta, la que podra ser convenientemente transportada por bandes.

El rotor va fijo a un extremo de un eje. Por la parte inferior externa de este eje lleva una polea que es impulsada por un motor electrico de 85 HP traves de fasas

La cámara de extracción que hay alrededor de la **ceriferia del rotor** está cubierta con una placa con **perforaciones** de tamaño apropiado para el tipo de desfibración deseada. Las perforaciones **pueden** ser desde 1/4 pulg. hasta 1 pulg. de diámetro, según las necesidades.

El pulper tiene en la parte inferior un tubo de 12 pulg. de **diámetro** para su vaciado; dicho tubo va **conectado** a una bomba impulsada por un motor **eléctrico** de 12 HP., para el **transporte de la pasta del** pulper.

En las **piquetas de almacenamiento**. En el tubo **entre el** tanque pulper y la **bomba** está instalada un **válvula** para realizar las descargas del tanque pulper.

- Dos **tanques** cilíndricos verticales de hierro de m^3 cada uno, **destapados** en la parte superior, con

sus correspondientes agitadores tuberías de descarga, dicha descarga se hace por gravedad y se hace directamente al pulper de acuerdo a requerimientos. En dichos tanques se prepara la mezcla de talco con agua; dicha mezcla sirve de relleno, es decir, tapa los intersticios existentes entre fibras al formarse la hoja de papel y asimismo darle coacidad.

- Cuatro tanques para el almacenamiento de la pasta (piletas), son de concreto y cubiertas con mavalica (cerámica), dichos tanques tienen sus correspondientes equipos de agitación (dos de 25 HP y dos de 10 HP) y bombeo de descarga (uno de 18 HP y otro de 16 HP y 12 HP respectivamente). Los dos primeros son de mayor volumen (20 m³ c/u) y almacenan pasta que viene del pulper. Los otros dos tanques reciben la pasta refinada que proviene de los dos primeros y son

de menor volumen 15 m³ en dichos volúmenes varían según necesidad de la maquina papeiera propiamente dicha.

- Un tanque de recuperación de pasta en donde por **recirculación** se almacena la **pasta** excedente o por defectos de formación de la hoja que se produce en la **mesa plana** y **rodillo couch**. La **pasta** excedente (en bordes de la tela de la mesa plana) o pasta que queda pasar **través** de la tela en la mesa plana, va que, en esta zona hay un sistema de succión para **extraer** el agua de la pasta, va un **ciletín**. Con respecto a la pasta producida por mal formación de la hoja en el **rodillo couch** y **refiles**, se deposita en un **pozo**. **Por medio de bombas**, se transporta la pasta acumulada en el **ciletín** y **pozo** del **rodillo couch**, al **tanque de recuperación de pasta**.

Este **tanque de recuperación** es de **concreto** cubierto con **lavadora**

cerámica) y está ubicado sobre los tanque de almacenamiento de pasta y tiene 10 m³ de capacidad.

- **Cilindro recuperador de pasta:** dicho cilindro está conformado por una malla que gira en posición horizontal dentro de un tanque. Es impulsado por un motor eléctrico de 7.5 HP está ubicado a una altura intermedia entre el tanque de recuperación de pasta y los tanques de almacenamiento de pasta refinada. Su función es de separar las fibras de papel de la pasta que viene por gravedad del tanque de recuperación de pasta, estas fibras son derivadas a los dos tanques de pasta refinada para volver a ser procesadas. Por otro lado el agua de pasta es derivada al pulper ya que contiene compuestos aditivos químicos que son útiles en un nuevo pulpeo.
- **Refinadores.-** La refinación es un proceso mecánico al que las fibras se someten para reducirles su

longitud con corte. Este proceso se realiza después del pulpeo, su objeto es de adaptarla mejor para la formación del papel en la máquina de papel.

Los refinadores se clasifican en dos grupos: uno cónico y otro de discos:

Refinadores Cónicos conformados por: una estructura de fierro fundido cuyo interior tiene la forma cónica en donde se fijan unas cuchillas de acero longitudinales al cono denominado estator. Tienen dos orificios uno para el ingreso y otro para la salida de la pasta de un rotor cónico también de fierro fundido llamado cono, el que se ubica convenientemente en la cavidad anterior. En dicho cono se fijan en forma longitudinal unas cuchillas de acero, este rotor está montado sobre un eje que lo acciona que está soportado en

cada extremo sobre chumaceras alojadas en la estructura del refinador.

Refinadores de Discos. Conformado por: una estructura de hierro fundido que tiene en su interior un disco con cuchillas convenientemente distribuidas y de un disco rotatorio de hierro fundido que también tienen cuchillas convenientemente distribuidas y está montado sobre un eje que está soportado en chumaceras alojadas en la estructura del refinador. Estos discos están montados en forma opuesta y paralela.

El estator tienen dos orificios uno de entrada y otro de salida de pasta. Los refinadores son abastecidos de pasta por medio de bombas con motores eléctricos de 18 y 16 HP y están acoplados directamente a los motores eléctricos. En el caso

los conicos motores electricos de 115 HP y al de disco a motores electricos de 100 HP.

Reguladores de consistencia.- por consistencia se entiende al porcentaje en peso de fibra en cualquier combinacion de fibra y agua.

Puede expresarse en terminos de porcentaje sobre fibra seca a la estufa o seca al aire.

Son de dos tipos: abiertos y en la linea.

- Abiertos. consisten de una caja de flujo abierta con accesorios para entrada de pasta, salida de pasta rebosa, para responder a las variaciones en el flujo de pasta, originadas por variaciones de consistencia. Se usan diversos dispositivos sensibles. Cuando se necesita mas caudal, una válvula

agrega el agua de dilución que se requiera para ajustar la consistencia de la suspensión: cuando se alcanza la consistencia apropiada, la válvula se cierra.

Puesto que todos los reguladores de consistencia trabajan por dilución, la pasta que reciben debe tener una consistencia mayor que la deseada con el objeto de permitir el funcionamiento del controlador.

En la línea, es un equipo sensible que consiste de unas paletas montadas en un eje y gira dentro de una cámara cerrada. Con cada cambio en la consistencia de la pasta la cual entra por la parte inferior, se requiere un cambio correspondiente en el momento de torsión para girar el elemento sensible. La torsión se mide por medio de un transmisor de fuerza en equilibrio neumático.

sensible. Un cambio en el momento de torsión produce un cambio en la presión del aire de salida, desde el transmisor hasta el controlador-registrador. El controlador-registrador reajusta la posición de una válvula de dilución operada con aire y registra las variaciones de consistencia. Los cambios planeados de consistencia se hacen girando un botón en controlador-registrador.

Depuradores.- La depuración consiste en la limpieza y eliminación de elementos diferentes a la pasta que pueden desclazarse dentro de ella: breves de los equipos y tuberías. Estos elementos pueden ser plásticos, astillas, retazos de alambre, residuos de empaquetaduras de las bombas, refinadores, etc.

Existen dos tipos de depuradores que los clasificamos en:

tanque depurador.

Los Depuradores **ciclonicos**, son unos tubos verticales de 3' de **diametro** y 48" de longitud. En la **parte inferior** tienen una especie de **cono** con el orificio menor en la **parte inferior**. La pasta es **impulsada** por una bomba con un motor eléctrico de **100 HP**, pasa por estos depuradores **girando** formando un **vortice**. La pasta buena **pasa** a través de un ducto al **tanque depurador**. Con respecto a los **elementos extraños** a la pasta, **estos se depositan** por gravedad en la **parte inferior** de los depuradores para luego ser **purificados** en otro **recipiente** si la planta recuperadora de pasta por medio de una bomba con un motor eléctrico de 24 HP.

- **El Tanque Depurador**, consiste de un **tanque cilíndrico** vertical de 10' de **diámetro** que en su interior tiene un **hullido** de **asfalto** para **depurar**

mantenedores de 11.4" 2000 es
 aproximadamente de 3 mm. de
 diámetro a su vez esta
 convenientemente disuelta.
 Dentro de esta malla giran dos
 paletas hidrodinámicas y estan
 rige a un eje, dichas paletas de
 acuerdo a su forma provocan zonas
 de aumento de presión y de
 decremento de presión, con lo que
 la pasta atraviesa esta malla.
 Este tanque tiene una tapa
 hermetica y dos orificios uno de
 entrada y otro de salida de la
 pasta. El eje de paletas de este
 depurador es movido por un motor
 eléctrico de 20 HP. La pasta que
 entra al depurador es impulsado
 por una bomba con un motor
 eléctrico de 100 HP.

Caja de Entrada.- Es un equipo que
 conforma la maquina de fabricacion
 de pasta. La caja esta instalada
 despues del tanque depurador y sirve
 como un tanque de almacenamiento de
 la pasta. En su interior tiene 3

tubos con huecos e están en posición horizontal convenientemente dispuestos, que giran y sirven para uniformizar el estado de la pasta son impulsados por un motor eléctrico de 1 HP. La caja tiene unos ductos de salida de la pasta con sus respectivas válvulas para regular la salida de la pasta. La pasta sale dirigida sobre tela de mesa plana, la cual se desplaza a una velocidad determinada, iniciando así la formación de la hoja de papel.

- Mesa Plana.- Es un equipo de la máquina de fabricación de papel. Esta dividida en seis zonas.

Soportes

- Rodillo cabecero (con vibración horizontal)
- Cajas de extracción de agua por fricción (en otros casos pueden usarse polines desgotadores)
- Cajas de succión de agua
- Rodillo Couch

Motor mando de 128 HP

Como accesorios tenemos:

Piletin y pozo de recuperación de pasta

Bombas de vacío

- Polines templadores de la tela

Polín centrador automático de la tela

- Rodillo Dandy

Requederos para cortar el papel

Alrededor de toda la mesa plana se desplaza un tela de material especial sobre la cual viaja la pasta. Como el rodillo cabecero esta en constante vibración, por medio de un sistema de traqueado accionado por un motor eléctrico de 1 HP.

La tela de la mesa plana también estará en vibración hasta un cierta distancia de dicho rodillo, consiguiéndose de esta forma una mejor distribución de pasta sobre la tela.

- Filetín de recuperación de pasta de la mesa plana y pozo del rodillo Couch.- Estos pozos son accesorios de la mesa plana ya que aquí es donde se almacena el agua que se extrae de la pasta, los refiles de la hoja y el papel mal formado en la mesa plana, la cual por medio de bombas como se mencionó anteriormente se la envía al tanque de recuperación de pasta.

- Prensas.- Son tres las prensas. estos equipos de máquina papelera comprimen y a la vez extraen el agua de la hoja de papel. Cada prensa tienen una lona denominada fieltro que es de un material especial sirve para el transporte de la hoja de papel. Los rodillos de la prensa trabajan con un sistema neumático que cierra abre la prensa. Un rodillo de la prensa es impulsado por un reductor y a la vez este, través de fajas planas por el eje motriz el cual es accionado por un motor eléctrico. Cada prensa tienen

polines templadores. un polin centrador automatico, una caja de succion, una regadera de agua a alta presion para la limpieza del fieltro.

- **Cilindros secadores.-** Estos cilindros tienen 1.20 m. de diametro. son de fierro fundido y en numero de 20, pudiendo variar el numero segun el tipo de maquina. Estan instalados sobre bastidores y distribuidos en tres módulos. cada modulo es accionado por engranajes debidamente distribuidos. Estos engranajes son accionados por reductores los que través de fajas planas son accionados por el eje matriz el cual a su vez es impulsado por un motor eléctrico. Cada modulo esta dividido en cilindros superiores inferiores los cuales tienen separadamente una lona de material especial sirve para la conduccion y secado del papel. Cada lona tienen sus polines templadores, un polin centrador automatico. Estos

cilindros llevan en un lado (resc
mando) una junta rotativa por
cual ingresa el vapor a cierta
presión, su vez por la misma junta
rotativa sale el condensado el que
va a través de tuberías a un sistema
colector de condensado, de donde
será bombeado al tanque de
condensado.

Size Press.- En este equipo de la
máquina se le impregna aditivos
químicos por ambas caras y de
acuerdo al papel que se desea
producir. Este aditivo químico que
se impregna al papel es para cubrir
los intersticios que se puedan
formar entre las fibras del papel
para darle opacidad y/o color.

Este equipo está instalado entre el
segundo y tercer módulo de los
cilindros secadores. Está compuesto
por dos tubos con huecos, por donde
sale el aditivo químico,
(regaderas), dos polines guías del
papel, una prensa conformada por dos

rodillos paralelos; uno es accionado por un reductor y el otro es accionado por un sistema neumático para abrir y cerrar la prensa y una fuente que recepciona el aditivo químico sobrante para ser nuevamente recirculado por una bomba. Todos estos componentes están debidamente instalados.

El Size Press también comprende tres tanques donde se prepara el aditivo químico, cada tanque tiene su sistema agitador y están convenientemente instalados, además hay otro tanque que sirve como receptor del aditivo excedente de retorno que va a ser recirculado. El desplazamiento de este aditivo se hace por medio de bombas. Estos tanques también suministran aditivos químicos a la máquina papelera No. 2.

- Alisadoras.- La máquina tiene dos alisadoras donde al papel se le da el lustre. Cada alisadora está conformada por un accionamiento

rodillos paralelos y dispuestos uno sobre otro, por entre los cuales pasa el papel, un tubo con ductos cortos para la salida de aire comprimido el cual orienta al papel en el rodillo inferior. La alisadora es impulsada por el rodillo inferior el cual su vez es acoplado a un reductor, el cual por medio de faias planas es impulsado por el eje motriz.

- Cilindro Pope.- Este cilindro está ubicado en el extremo final de la máquina papelera, esta acoplado convenientemente a un reductor el cual por medio de faias planas es impulsado por el eje motriz. Este cilindro es enfriado por agua. Sobre este, se colocan unos tubos de fierro que servirán de eje de las bobinas de papel. Estos tubos son colocados convenientemente con ayuda de soportes los que su vez trabajan con un sistema neumático.

- Motor principal.- Este motor es de

corriente continua y de 250 HP. Por medio de una faja plana impulsa el eje motriz, el cual su vez por medio de fajas planas y poleas de velocidad variable impulsa a los reductores los que están acopiados por medio de engranajes o directamente a los equipos mencionados anteriormente de la maquina papelera No. 1 (prensa, cilindros secadores, size press, alizadoras, cilindro pope)

Sistemas de Suministro de Aire Caliente.- Existen dos sistemas, uno está instalado junto a la maquina papelera con ductos de salida entre los cilindros secadores y el otro está debajo de los cilindros secadores.

El objeto de este aire caliente es favorecer el secado del papel. Estos sistemas generan aire caliente por medio de radiadores a base de vapor y ventiladores.

- **Extractores de vapor.**- Estos extractores están conformados por una campana, un ducto, un ventilador extractor de vapor, cual es accionado por un motor eléctrico y un tubo de descarga del vapor, están ubicados sobre cada módulo de los cilindros secadores, el objeto de estos extractores de vapor es evitar que dicho vapor se condense y se precipite sobre el papel.

- **Formas de Lubricación.**- Las formas de lubricación que se realiza es por circulación, inmersión de aceite y por añadidura de grasa.

Existen dos sistemas de circulación de aceite uno se aplica a las chumaceras de los cilindros secadores y el otro se aplica a las chumaceras del eje motor. Este sistema es seguro ya que mantiene a los rodamientos constantemente lubricados y su vez los enfría. Están constituidos por un tanque de aceite, una bomba y una red de

tubería que lleva y trae el aceite.
La forma de inmersión de aceite se aplica en los reductores.

La forma de añadidura de grasa se aplica en rodamientos donde haya comodidad de reenerase y en los engranales descubiertos (engranajes de los cilindros secadores)

- **Sistemas de Suministro de vapor y colector de condensado.**- Está conformado por una red de tuberías con sus válvulas reductoras de presión y demás válvulas (de seguridad, globo, compuerta) para el adecuado suministro de vapor según necesidades ya sea a los cilindros secadores, tanque cocina, tanque del size press.

Por otro lado tiene un sistema colector de condensado; que por medio de bombas transporta el condensado, al tanque de condensado.

El vapor es generado en las tres calderas que dispone la fabrica.

Sistema de suministro de aire comprimido.- La planta cuenta con una red de tuberías por donde se conduce aire comprimido para la operación de los equipos que requieren dicho elemento, así como por ejemplo, las prensas que trabajan con pistones neumáticos, polines centradores automáticos de la tela de la mesa plana, fieltros, lonas, cilindro pope, rebobinadora. El aire comprimido es generado por dos compresores de tornillo que dispone la fabrica; uno con un motor eléctrico de 100 HP y otro de 75 HP.

Sistema de Suministro de Agua.- La planta cuenta con una red de tuberías por donde se conduce agua para la elaboración de la pasta (en el pulper) lavado y limpieza de la máquina (mesa plana), asimismo de un sistema del suministro de agua a alta presión por medio de una bomba

impulsada con un motor eléctrico de 48 HP para la limpieza de la tela de la mesa plana corte del papel y fieltros, a través de regaderas.

Esta agua es suministrada por dos bombas de pozo profundo impulsadas por un motor eléctrico de 120 HP cada una.

- Sub-Estación.- La planta cuenta con una sub-estación donde se encuentran dos transformadores de 1250 KVA y demás equipos de control eléctrico como contactores, arrancadores de motores eléctricos, banco de condensadores, de los diferentes equipos y máquinas que conforman dicha planta.

2.2.1.2. Rebobinadora No. 01.-

Es una máquina que conforma la planta papelera No. 01, esta máquina está constituida por bastidores donde en la parte posterior se coloca las bobinas

que salen de la máquina capelera y que van ser rebobinadas. en la parte céntrica lleva unos polines guías templadores del papel. En la parte delantera inferior tiene un polín y eies donde se fijan unos discos que sirven de cuchillas para cortar el papel de acuerdo a solicitud.

En la parte superior delantera van dos rodillos y un polín. Sobre los rodillos se colocan los tucos (tubos de cartón) con la longitud deseada y que sirven de eje de la bobina y sobre este tucos se apoya el polín que sirve como fijador del tucos para rebobinar el papel, este polín se desplaza verticalmente hacia arriba por medio de un sistema neumático de acuerdo al diametro de la bobina. Los rodillos son acoplados a un reductor, el cual es impulsado por un motor de corriente continua de 100 HP.

Todos estos polines, rodillos y eies porta cuchillas son paralelos y convenientemente dispuestos. La máquina lleva como accesorio una mesa receptora

de bobinas terminadas. Esta mesa trabaja con un sistema neumático y está ubicada en la parte inferior delantera (a nivel del piso). Cuando hay una bobina terminada, el operador acciona el sistema de elevación de la mesa, la mesa se eleva, se ubica a la altura y junto a los rodillos rebobinadores, recibe dicha bobina luego desciende hasta el nivel del piso. Seguidamente el operador desplaza la bobina para que la empaqueten y sea despachada.

Entre el cilindro pope de la máquina papelerera y la rebobinadora hay un puente grúa de ton. de capacidad para el desplazamiento de las bobinas.

2.2.1.3. Super calandria No. 01.-

Esta máquina conforma la planta papelerera No. 01, está constituida por bastidores empernados al piso. En estos, se fijan por medio de chumaceras 12 rodillos horizontales, paralelos y dispuestos verticalmente uno sobre otro, de los cuales 6 son de acero, los otros son de

son de un material blando especial, tan intercalados. El rodillo inferior que es de acero es impulsado por un motor de corriente continua de 100 HP.

La bobina de papel que va a ser procesada, se la coloca en el soporte superior que tiene la máquina. El papel pasa entre los rodillos y su extremo es fijado a un eje que va sobre el soporte inferior de la máquina. Este eje es acoplado convenientemente a un motor de corriente continua de 71 HP. En esta máquina al papel se le da el lustre necesario según su tipo.

La máquina tiene un sistema de lubricación por circulación. Esto es, tiene un tanque donde se almacena el aceite, una bomba y una red de tuberías que conducen y retornan el aceite de cada una de las chumaceras de los rodillos manteniéndolos de esta forma bien lubricados y fríos.

Como un accesorio de esta máquina ==

tiene un polipasto de ton. de
capacidad para el desplazamiento de las
bobinas.

2.2.2. PLANTA DE PAPEL No. 02.-

Esta planta comprende los equipos que conforman la máquina de fabricación de papel No. 02, la rebobinadora No. 02 y super calandria No. 02.

2.2.2.1. La Máquina de Fabricación de Papel

No. 02 está constituida básicamente por los equipos que conforman la máquina de papel No. 01, aunque con los tanques pulper, tanques de almacenamiento de pasta de pulper y pasta refinada con mayor capacidad, esto con el fin de tener mayor disponibilidad de stock de pasta. Por otro lado, los accesorios en la zona de piletas son en mayor número. Actualmente se están haciendo ciertos accesorios para mejorar la eficiencia de la máquina. Con respecto a la instalación de los equipos de la máquina hay cierta variación tal es el caso de los ductos de las bombas de vacío, el número de cilindros secadores (son en mayor número), pero el proceso de fabricación del papel es el mismo.

Con respecto al suministro de vapor, aire comprimido, agua, lo hace por medio de redes de tuberías, similares a la planta papelera No. 01, con respecto al suministro de energía eléctrica tiene una sub-estacion con un transformador de 1500 KVA en donde se encuentran todos los controles eléctricos de las máquinas y equipos que conforman la planta papelera No. 02.

2.2.2.2. Rebobinadora No. 02.-

Esta maquina conforma la planta de papel No. 02, dicha máquina estructuralmente es diferente a la rebobinadora No. 1, pero el funcionamiento es el mismo. El reductor que mueve a los rodillos rebobinadores es impulsado por dos motores de corriente continua de 38 HP cada uno. Asimismo esta maquina tiene un sistema extractor del refilo y un colipasto para desplazar las bobinas.

2.2.2.3. Super calandria No. 02.- Esta

máquina **contorna** la planta papelera No. 02. su estructura es **similar al** de la planta papelera No. 01 tiene sistemas que trabajan neumática y eléctricamente.

2.2.3. PLANTA DE ESTUCADO.-

Esta planta está constituida por la máquina de estucado y la super calandria No. 03.

2.2.3.1. Máquina de Estucado.-

Esta máquina está **constituida** por equipos los cuales son:

- **Desbobinadora.-** En este equipo se instala la bobina de papel la cual se le va imprimiendo el **producto químico**, es **impulsado** por un motor **de corriente continua de 12 HP.**

- **Primer Cabezal.-** Este cabezal comprende una fuente donde se deposita el **comuesto químico (sintura)**, **rodillos de acero**

inoxidable que guían el papel, una cuchilla de aire comprimido producido por un compresor correspondiente al cabezal, la cual **distribuye** y uniformiza el compuesto químico sobre la hoja de papel. Estos componentes están debidamente dispuestos. Los polines son movidos por un sistema de transmisión a base de Fajas Planas.

- **Primer cuerpo de secadores.-** Está constituido por un ducto por donde pasa el papel. Dentro de este ducto hay un sistema de radiadores de calefacción a base de vapor, asimismo **hay ventiladores extractores de vapor.**

- **Zona de inversión de papel.-** Esta **constituida** por polines paralelos debidamente distribuidos que son guías del papel, en la parte centrada se encuentran tres polines de acero inoxidable debidamente dispuestos de los cuales dos **tienen huecos por donde sale aire**

comprimido, el que servirá de colchon para el desplazamiento suave de la hoja ya que es aquí donde se realiza el cambio de cara de la hoja de papel.

Segundo cuerpo de secadores.- es similar al primer cuerpo secador.

- Calandria Küster.- Este equipo es un accesorio de la maquina de estucado, esta constituido básicamente por tres rodillos paralelos polines quias del papel los cuales están debidamente distribuidos sobre bastidores. Los rodillos prensan el papel. Su empleo es opcional de acuerdo al tipo de papel que se procesa.

Este equipo trabaja con vapor y con sistemas neumáticos para abrir y cerrar los rodillos. El rodillo motriz del equipo es acoplado convenientemente un sistema de transmision a base de raiaes planas.

El equipo tiene un sistema de lubricación por circulación.

Rebobinadora Inducta.-

Este equipo está constituido por bastidores fijos al piso que llevan unos soportes donde se colocan los ejes de las bobinas de papel que se va a formar. Esta rebobinadora está acoplada a un reductor, el cual a su vez es acoplado dos reductores, cada uno con su equipo de enfriamiento (ventilador con su motor eléctrico). Estos reductores son impulsados por el sistema de transmisión base de fajas planas.

- Sistema Motriz.-

La máquina tiene dos motores eléctricos de corriente continua de 100 HP cada uno. Cada motor impulsa un sistema de transmisión a través de fajas planas, poleas de velocidad variable, poleas, los reductores, rodillos y colines que conforman la máquina de estudio.

Un motor impulsa la transmisión Módulo No. 1 que comprende los polines del cabezal de aplicación No. 1, los polines de la zona de inversión del papel y polines del cabezal de aplicación No. 2.

El otro motor impulsa la transmisión Módulo No. 2 que comprende el reductor de acoplamiento del Küster, polines y reductores de la rebobinadora Inducta.

- Sala de Pintura (CELIER).- En este ambiente hay tanques cilíndricos verticales de acero inoxidable destapados en la parte superior, están debidamente dispuestos. Uno de ellos está ubicado 2.00 m de altura y descansa sobre un soporte. Este tanque, en la parte inferior tiene la forma de un cono invertido, en su centro va un eje en el cual en la parte interna del tanque se fijan unas paletas agitadoras y en la parte externa una polea, para que a través de fajas en él sea impulsado

con un motor eléctrico de 75 HP. En este tanque se prepara el compuesto químico que se imprimirá sobre la hoja de papel. De la zona cónica del tanque se derivan dos tuberías con sus válvulas correspondientes, una tubería se ramifica en dos, las cuales llevan sus correspondientes válvulas van a los otros dos tanques que están a menor altura y sirven de tanques de stock de pintura preparada, la otra tubería sirve de purga para la limpieza del tanque.

De cada uno de estos dos tanques por la parte inferior salen dos tuberías una sirve para purga y la otra va conectada a una bomba la cual impulsa la pintura hacia la zaranda (una zaranda por cabezal de aplicación). La zaranda es un tanque de 0.5 m³ que receptiona la pintura y limpian de los posibles grumos o partículas diferentes la pintura, luego de esta zaranda la pintura pasa por gravedad a otro

**CUADRO N. 6.5 - PARA LA DETERMINACION
DEL PUNTO DE EQUILIBRIO**

Item	Año	86	87	88
1	Producción (\$/año)	6'820,190	6'628,300	6'765,900
2	Costos de Adquisición \$	620,450	670,630	735,000
3	Costos de Propiedad \$	816,428	566,716	432,528
	2 + 3	1'436,878	1'237,346	1'167,528

De los gráficos determinamos el punto de equilibrio correspondientes a los años 86, 87 y 88.

CUADRO N. 6.6

AÑO	86	87	88
Cóptimo \$	700,000	750,000	800,000
Tequilíbrio(hrs)	900	950	1,000

6.5. DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD.-

La rentabilidad de una fábrica se evalúa dentro de un período generalmente 1 año y está dado por la diferencia entre el costo de producción y los costos de adquisición más los de propiedad. Estos es:

$$\text{Rentabilidad} = \left[\begin{array}{l} \text{Costo de} \\ \text{Producción} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Costos de + Costos de} \\ \text{Adquisición Propiedad} \end{array} \right]$$

Del cuadro N. 6-5 tenemos:

AÑO	86	87	88
Rentabilidad \$	5'383,312	5'390,954	5'598,372

CONCLUSIONES

A través del Proyecto propuesto se ha hecho un análisis de la situación en que se encuentra el departamento de mantenimiento referente a su Organización, Administración y su política de Operación.

Por otro lado de acuerdo a los datos proporcionados en reportes por el Departamento de Producción se hace un análisis para la determinación de los Tiempos de Mantenimiento (T_p) y los $MTBF_{T_p}$ de los diferentes equipos (críticos) que conforman la Máquina Papelera N. 01 y la Caldera N. 03 como también de la Máquina Papelera N. 01 como un conjunto.

También, de estos datos se hace el correspondiente análisis para determinar las fechas de las inspecciones necesarias realizar en los diferentes equipos (críticos) de la Máquina Papelera N. 01.

Se dan algunas recomendaciones básicas de las Técnicas de Mantenimiento que se debe tener presente.

Por último se hace un análisis de Costos, de cuyos datos obtenemos el MTBF óptimo y de dicho valor determinamos el l_p óptimo aplicable a la Máquina Papelera N. 01. Asimismo se determina el Punto de Equilibrio de la operatividad de planta papelera 01 equipos, su rentabilidad.

De dichos análisis podemos concluir lo siguiente:

- CONCLUSIONES ADMINISTRATIVAS.-

1. El Departamento de Ind. de Mantenimiento debe ser implementado con una sección de planificación que organice, planifique, coordine las actividades de mantenimiento dentro del departamento como también con los otros departamentos.
2. Los departamentos de mantenimiento no cuentan con los índices estadísticos referenciales, tales como costos de reparaciones, cantidad de horas-hombre utilizadas en las reparaciones, horas-hombre extras empleadas, control de

consumo de repuestos, tiempo medio entre fallas de las diferentes maquinas, etc. Esto debido a que no tienen los reportes o formatos adecuados para registrar los datos necesarios.

Por otro lado como los departamentos de mantenimiento no cuentan con un Programa de mantenimiento no pianifica, no organiza, no programa y no controla el avance de los trabajos realizados y/o por realizar por lo que es necesario la implantacion dicho programa. Ademas los departamentos de mantenimiento no tienen un programa ni de inspecciones respecto al estado operativo de las maquinas, el cual se debe implantar.

- 3.- Es necesario utilizar reportes adecuados en los que se registre la informacion necesaria para derivar clasificar los costos tales como: costos por mantenimiento preventivo, costos por reparaciones, costos por revisiones, costos por construcciones, costos por seguridad, costos por fabricacion (en el taller), consumo de repuestos, con dicho costos se elaborara los presupuestos.

4. Es de mucha importancia realizar un estudio de tiempos y movimientos en la ejecución de los diferentes trabajos a realizar. Con dicho estudio se determinará el tiempo y el número de personas que deben realizar un trabajo, asimismo se determinará si es necesario implementar con herramientas y equipos a los talleres, además se determinará si existe buena disponibilidad de repuestos y materiales.

- 5.- con respecto al Almacén de Repuestos, este debe ser organizado y ordenado para proporcionar una buena disponibilidad de repuestos, ya que de lo contrario se producirán pérdidas de tiempos en las reparaciones por la espera de la ubicación del repuesto solicitado.

- 6.- El personal de mantenimiento debe ser capacitado por medio de cursos dictados en la fábrica, o en centros de capacitación de acuerdo al grado de instrucción e importancia del puesto que desempeña en la fábrica, esto es: institutos, Senati, universidades.

7. Los departamentos de mantenimiento deben

utilizar los diferentes tipos de informes para mantener informado al gerente de las actividades realizadas o por realizar.

CONCLUSIONES TECNICAS.-

- 1.- De los tipos de mantenimiento que existe se deben aplicar los siguientes tipos: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Centralizado, por presentar la fábrica las condiciones en que se puede aplicar dichos mantenimientos.

2. Se deben implantar formatos para registrar las fallas ocurridas, condiciones e instantes de fallas, tiempos de reparación, etc, de dichos datos se harán los análisis correspondientes para determinar el programa de inspecciones, como también se podrá elaborar el programa de mantenimiento.

- 3.- Respecto tiempo medio entre falla (MTBF) para el año 88 de la máquina papelera N. 01 tiene una probabilidad de falla de 7,164.35 Hr.

- 4.- Respecto al tiempo medio necesario para reparaciones (MTTR) de la máquina papelerera N 01 dentro de un periodo de trabajo de 3 meses es de 129.52 hr.
- 5.- Con respecto a la Disponibilidad Intrínseca (Ai) de la máquina papelerera N. 01 para el año 88 es de 98.22% lo que significa que es muy buena.
- 6.- Respecto a la Mantenibilidad de la máquina papelerera N .01 para el año 88 es de 92.87% lo que significa que es buena.
- 7.- Con respecto a la Efectividad del Sistema (S.E.) se tiene un valor de 0.44 que es bajo debido a que la confiabilidad del sistema es bajo ($R_s = 0.6075$).

- CONCLUSIONES ECONOMICAS.-

- 1.- Del gráfico determinación del MIBF óptimo para la máquina papelerera N. 01 que corresponde a los años 86, 87 y 88 observamos que el MIBF óptimo corresponde a 22,000 hr.

2. Del gráfico determinación del Tp óptimo para la máquina **papelera** No. 01 correspondiente a los años 86, 87 y 88 observamos que el Tp óptimo es de 1,200 hr, lo que equivale a 50 días, pero se puede realizar los periodos **de mantenimiento** cada 2 meses.

- 3.- Del **gráfico** determinación del punto de **equilibrio** podemos observar que en torno a las 950 hrs. de **trabajo de la máquina papelera N. 01**, se encuentra en punto de equilibrio, esto es: que en este período, los costos de producción y los costos de adquisición se **equilibran** y partir de las 950 hrs. de trabajo empiezan los beneficios para la fábrica.

- 4.- Del **gráfico** determinación del punto de equilibrio observamos que la **rentabilidad va** ascendiendo año a año.

tanque de 0.5 m³ que tiene un equipo agitador que uniformiza la consistencia de la pintura para luego derivarla a la fuente del cabezal de aplicación. El exceso de pintura en el cabezal es recirculado por medio de una bomba la cual envía este exceso a la zaranda.

- Super calandria No. 03.- Esta maquina conforma la planta de estucado, su estructura es similar al de la planta papelera No. 01 sus sistemas de operacion son electricos.

- Con respecto al suministro de vapor aire comprimido agua lo hace por medio de tuberias similar a la planta papelera No. 01. Con respecto al suministro de energia eléctrica tiene un transformador de 640 KVA, en donde se encuentran los controles eléctricos de la planta de estucado.

BIBLIOGRAFIA

- **Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Fiabilidad**
Autor: Stoskov. Editorial MIR - Moscú - 1972

- **Principles of Reliability**
Autor: Pieruschka Editorial Englewood Cliffs, 1963 -
Impreso en USA.

- **Matemáticas de la Fiabilidad**
Autor: Amstadter, Bertram. Editorial Reverté -1976-
Impreso en España.

- **Elementos de Probabilidad y Estadística**
Autor: E. Mode. Editorial Reverté Mexicana - Impreso
en España 1970.

Matemáticas Universitarias

Autor: Britton-Kriegh. Editorial CECSA. México-1968.

Curso de Administración Moderna

Autor: Koontz-O'donnell Editorial McGraw-Hill de
México-1979.

- **El Departamento de Mantenimiento en la Empresa**
Autor: H.V. Steward. Editorial Deusto-España 1964

Mantenimiento de Máquinas y Equipos Eléctricos

Autor: F. Rey Sacristán. Editorial
CEAC-Barcelona-España

Manual de Mantenimiento Industrial

Autor: Morrow. Editorial CECSA. México 1984

- **Administración de Mantenimiento Industrial**
Autor: E. T. Newbrough. Editorial Diana S.A.- México
1979

Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel - Tomo II

Autor: Early Libby. Editorial CECSA. México.

- **Planeamiento y Control de Producción**
Autor: Nolberto Murier. Editorial Astrea de Rodolfo
Depalma y Hnos. - Buenos Aires.

- Máquinas Asíncronas Trifásicas - Selecciones Técnicas
AEG. TELEFUNKEN - Editorial Paraninfo - 1975 - Impreso
en España.

Reparación de Motores Eléctricos

Autor: Rosemberg. Editorial G. Gili - México - 1967.

Control de Máquinas Eléctricas

Autor: Irving Kosow. Editorial Reverté 1982 - Impreso
en España.

- Manual de Lubricantes SHELL.
- Manual de Información Técnica - Lubricantes MOBIL OIL
DEL PERU - 1982.

Catálogo General de SKF.

Catálogo 3200/I Sp - 1987 - Impreso en Alemania.

- Lubricación de Rodamientos SKF.
Información de Producto 400
- Lubricación de Rodamientos FAG.
Publicaciones No. 81103SA., No. 81115SA.

Folletos Informativos Sobre Distribución de Vapor y Aire Comprimido

Sarco Argentina S.A. República Argentina.

Instrucciones de Servicio para Motores Trifásicos Cerrados con Rotor en Jaula

Siemens Sociedad Anónima - Impreso en Colombia.

- Manual de Puesta en Servicio y Mantenimiento de
Motores Eléctricos.
DELCROSA - PERU.
- Manual de la Instalación, Operación y Mantenimiento de
Calderas.
DISTRAL S.A. Bogotá Colombia.

2.2.4. TALLER.-

La fábrica cuenta con talleres mecánico y eléctrico donde se realizan las reparaciones y trabajos de mantenimiento requeridos. En el taller mecánico se encuentran tornos, máquinas de soldar, taladros, esmeriles, etc.

2.2.5. ALMACEN DE REPUESTOS.-

La fábrica cuenta con un almacén donde se guardan los repuestos de las máquinas, dichos repuestos suman alrededor de 2000 items de los cuales, los que más figuran como es natural, son los rodajes que ascienden alrededor de 400 items, seguidamente vienen las fajas en V que ascienden a 35 y después los fusibles que suman alrededor de 40 items. Los demás items son los que figuran en menor número. Claro está que toda esta cantidad de items no está en almacén ya que los repuestos están clasificados en importados y nacionales, los nacionales los adquieren según necesidad y los importados los adquieren tomando un número tope mínimo.

2.2.6. ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS EN STOCK.-

Este almacén es un ambiente en donde se guardan los productos terminados en stock (bobinas con características de comercialización) preservándolos del rigor de la intemperie (sol, lluvia, polvo, humedad, etc). En este ambiente se encuentran algunas máquinas como cizallas, un rebobinadora (recién instalada).

2.2.7. AMBIENTES ADMINISTRATIVOS.-

La fábrica cuenta con ambientes donde se realizan todas las operaciones y gestiones administrativas, así por ejemplo, decisiones que se deben tomar ante, ¿cómo se conduce la empresa y qué acción se debe tomar para mejorar su eficiencia?, ¿Qué insumos o materia prima se debe usar para mejorar la calidad y producción?, ¿Qué repuestos y/o equipos nuevos se deben implementar en la fábrica para mejorar la eficiencia en la producción y disminuir las fallas en las máquinas? así sucesivamente muchas interrogantes, todas ellas con el fin de mejorar la eficiencia y rentabilidad de la fábrica.

Nos estamos refiriendo los ambientes donde

se realizan las decisiones de gerencia. Juntas de departamento y demás oficinas donde se realizan las operaciones, gestiones y controles correspondientes a la especialidad.

2.2.8. SECCION DE EQUIPOS DE FUERZA.-

La fábrica cuenta con una sección de equipos de fuerza que está conformada por tres calderas de petróleo: dos de 400 BHP y una de 800 BHP; dos compresores con motores eléctricos de 75 BHP y 100 BHP; un grupo electrógeno de 135 KW una sub-estación eléctrica principal conformada por un transformador de 3000 KVA con transformación de 60/30/10 KV; un transformador de 250 KVA y otro de 30 KVA, los dos con una transformación de 10/0.22 KV y demás equipos de control eléctrico (tablero eléctrico) de las máquinas que conforman la fábrica. Además se consideran en esta sección dos pozos de agua que por medio de bombas de pozo profundo se abastece del líquido elemento que es primordial en la fabricación de papel.

2.3. MATERIA PRIMA UTILIZADA.-

2.3.1. EN LA FABRICACION DEL PAPEL.-

1.- Pulpa de Papel.- Es fibra o material **intermedio** como algunas veces se le llama en la **industria del papel**, es un material fibroso preparado y listo para el proceso de fabricacion de la pasta, puede ser sin blanquear o blanqueado. Es comercializado en hojas, como la fábrica lo adquiere; también en rollos secos, de paquetes húmedos, a granel o de la forma **mas apropiada que** la soliciten.

La **cantidad** empleada por pulpeo es **proporcional** a los demás elementos que intervienen en un pulpeo.

2.- Recorte de Papel Seleccionado, esto es, papel que ha sido utilizado por ejemplo hojas de papel IBM, de cuadernos, papel de copias xerox. Además, el **papel procesado** en la máquina que **debido a** desperfectos de máquina y/o roturas del papel **en la máquina** o **papel mal** rebobinado, **es** reprocesado.

3.- Agua, es el **elemento** con el que pulpa de papel, recorte de **papel** y demás

aditivos especiales se mezclan en proporciones convenientes formando una pasta la cual será procesada para dar como consecuencia el tipo de papel deseado.

4.- Aditivos Especiales, estos se utilizan en proporciones indicadas. los aditivos no celulósicos mejoran las propiedades del papel en su uso. Entre estos aditivos tenemos los productos químicos que controlan las babazas (hongos y bacterias), los blanqueadores, y otros polímeros sintéticos. Además se usan almidones y agentes de encolado interno talco que sirven de relleno para obturar con material no fibroso los intersticios entre las fibras en una hoja de papel. Estos aditivos se utilizan en el pulper.

Por otro lado, se usan otros aditivos como resinas de resistencia húmeda y pigmentos recubrientes, materiales colorantes y agentes de encolado superficial los cuales se utilizan en la zona recubierta o en

press. Estos aditivos se utilizan de acuerdo al tipo de papel que se procesa.

2.3.2. EN EL ESTUCADO DEL PAPEL.-

1.- Aditivos Especiales no Celulósicos, pigmentos recubrientes y agentes de encolado superficial los cuales son mezclados con agua en el tanque celier para ser luego aplicado a las caras del papel procesado en los cabezales de aplicación de la maquina.

2.- Agua, es el elemento con el que se mezclan los aditivos especiales en el tanque celier.

2.4. PROCESO DE FABRICACION DEL PAPEL.-

El proceso empieza en el pulper donde se mezcla pulpa de papel, recorte de papel, aditivos especiales, los cuales son utilizados en proporciones según el papel que se va a fabricar, luego esta pasta formada es bombeada a unos tanques los cuales tienen agitadores que mantiene a la pasta en estado uniforme. La pasta de estos tanques es bombeada

nuevamente para pasarla ~~traves de los refinadores~~ donde se desfibra un poco mas. esta pasta es conducida a unos tanques de donde nuevamente es bombeada hacia un refinador de donde la pasta va al tanque de consistencia. De este tanque la pasta por gravedad va a una bomba de donde de acuerdo requerimientos la pasta es impulsada a los depuradores ciclónicos de estos depuradores la pasta es conducida al tanque depurador (NIMA) de donde la pasta es derivada a la caja de entrada. Si la pasta no requiere pasarla por los depuradores ciclónicos por alguna falla, es derivada directamente al tanque depurador (NIMA) de donde se la deriva a la caja de entrada de la máquina donde es regulada y distribuida a lo ancho de la tela de la mesa plana la que esta en constante vibración para una mejor uniforme distribución de la pasta.

La mesa plana esta formada por barras y/o colines desgotadores cajas de succión rodillo couch dispuestos transversalmente al desplazamiento de la tela con el fin de extraer el agua de la pasta. De esta manera se forma la hoja de papel.

La hoja de papel pasa por tres prensas- las cuales la compactan y le extraen toda el agua que porta para luego pasar por los dos primeros módulos de cilindros

secadores para luego pasar por el sistema de encolado (size press) donde se le aplica aditivos de encolado superficial, luego pasa por el tercer grupo de cilindros secadores los que secan el papel. Después de pasar por los cilindros secadores, el papel pasa por las alisadoras dándole así el acabado final al papel para luego ser bobinado en el cilindro pope.

Las bobinas de papel son transportadas bien a la super calandria si se requiere o a la rebobinadora donde se les dan los tamaños de comercialización.

Los pesos de las bobinas que salen de la rebobinadora se considera peso de papel producido por la máquina de papel.

2.5. PROCESO DE ESTUCADO DE PAPEL.-

El proceso empieza en el desbobinaje donde se monta la bobina del papel a procesar, luego pasa por el primer cabezal de aplicación, donde se imprime el aditivo especial en una cara, continúa su recorrido por el primer cuerpo de secadores, luego este papel pasa por la zona de inversión de papel, donde el papel es volteado para continuar por el segundo cabezal de aplicación donde se aplica el aditivo en

la otra cara del papel, luego pasa por el segundo cuerpo de secadores. en esta etapa del proceso, de acuerdo al tipo de papel que se esta procesando, se lo hace pasar o no por la calandria Küster para luego rebobinarlo en la rebobinadora inducta.

Estas bobinas son trasladadas a la super calandria donde le da el acabado final (lustre) y son rebobinadas para ser despachadas.

Como equipo adicional al proceso de estucado tenemos los equipos de la sala de pintura (CELIER) donde se prepara el aditivo especial de encolado superficial que es aplicado en los cabezales de aplicación.

CAPITULO 3

DIAGNOSTICO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO APLICADO

3.1. ORGANIZACION Y ADMINISTRACION.-

El Departamento de Mantenimiento esta conformado por la Gerencia de Ing. de Mantenimiento, una Oficina Técnica, un Departamento de Mantenimiento Mecánico, un Departamento de Mantenimiento Eléctrico-Electrónico e Instrumentación.

Los jefes de los Departamento de Mantenimiento reportan los trabajos efectuados Gerencia de Ingeniería de Mantenimiento, quien a su vez informa a Gerencia General.

Los Departamentos de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico tienen un personal (Jefes de Area) que dirige los trabajadores de turno y taller. Todo el personal labora en turnos según requerimiento. El Departamento de Mantenimiento labora las 24 horas del

dia en 3 turnos diarios durante todos los días del año.

El Departamento de Mantenimiento dispone de un almacén donde se almacena todos los materiales y repuestos necesarios para realizar los trabajos requeridos. Además la fábrica cuenta con un Departamento de Compras que se encarga del suministro de materiales, repuestos y equipos requeridos.

**GERENCIA DE ING. DE
MANTENIMIENTO**

- Of. Técnica

Dpto. de Mantenimiento
Mecanico

Asistente del
dpto. Mecanico

Área Mecanica

Taller

Supervisores	2	2T
Torneros	4	2T
Soldadores	2	2T
Lubricadores	2	2T
Mec. Automotriz	2	1T
Carpinteria	1	1T
Hidraulicos	2	1T
Mecanicos	6	1T
Practicantes	5	1T

Personal Turno

Sub Jefe	1
Supervisores	2
Mecanicos	8
Caldereros	4

Dpto. de Mantenimiento
Electrico - Electronico
e Instrumentacion

Taller

Electricistas	2	1T
Electronicos	1	1T
Instrument.	1	1T
Practicantes	3	1T

**Personal
de turno**

4

FUNCIONES.-

Las funciones que realiza el Departamento de Mantenimiento las vamos dividir en dos grupos.

1.-FUNCIONES PRIMARIAS.-

- Mantenimiento de las máquinas a través de inspecciones de equipos. tales como de los refinadores, reductores, sistemas neumáticos, sistemas hidráulicos, líneas de vapor, verificación de la condición de las fajas y su correspondiente cambio de los motores eléctricos eje mando. A su vez reportar al jefe del departamento si existe falla alguna.

Realizar trabajos permanentes de mantenimiento tales como: purgar filtros los sistemas de aire, verificar las condiciones de las bombas, neumáticos (estan en el zócano), lubricar los equipos, recuperar materiales, construcciones metálicas tales como, soportes, líneas de tuberías, bases para motores y maquinarias, guardas de motores. Reparación de reductores, bombas centrifugas, de vacío, cambio de chumaceras.

Modificación de maquinaria e instalaciones.

Suministro cuando se requiera de agua, aire comprimido, energía eléctrica, etc.

Reparación de los montacargas y vehículos de la empresa.

Instalación de nuevos equipos y máquinas.

- Mantenimiento de los ambientes administrativos y sus instalaciones como cambio de fluorescentes, revisión o instalación de líneas telefónicas, etc.

2.-FUNCIONES SECUNDARIAS.-

- Control de la existencia del stock de materiales.
- Inspección de equipos en rechazo para la recuperación de piezas.

Disposición de la comercialización de chatarra.

Velar por la no contaminación del medio ambiente en la zona de las calderas al ser estas purgadas.

Evacuación de desechos y desperdicios.

- SISTEMA INFORMATIVO.-

El proceso de información que se sigue para realizar alguna reparación o trabajo es el siguiente.

El departamento de producción solicita por medio de una solicitud de trabajo al Jefe del Departamento de Mantenimiento (Mecánico o Eléctrico) la realización de algún trabajo, que según embergadura del trabajo, se hace del conocimiento del gerente de Ing. de Mantenimiento, luego el jefe ordena jefe de área a evaluar el trabajo para que solicite los materiales necesarios por medio de una solicitud interna de materiales, asimismo determine el número de personas que van intervenir en el trabajo.

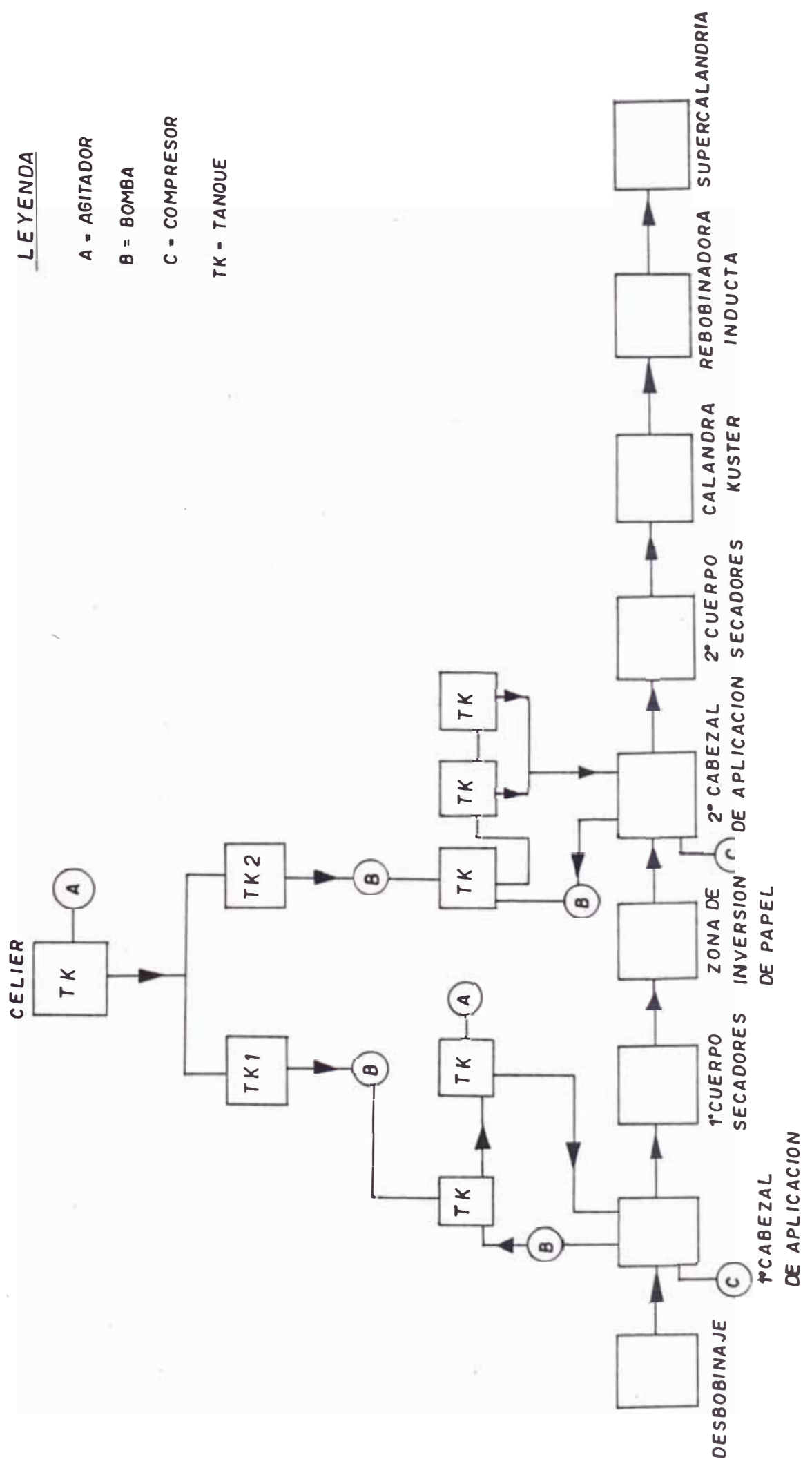
Si el trabajo o reparación requiere de materiales o repuestos que no se dispone en el almacén, se emite una solicitud de materiales de

importacion se emite una solicitud de aceros al departamento de compras quienes se encargan de proveer dichos materiales. (Se adjunta la solicitud de trabajo empleada).

3.2.DIAGRAMAS DE BLOQUES

Es la **representacion** esquemática del proceso que se sigue en la fabricación del papel y el proceso de estucado del papel.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PLANTA DE ESTUCADO



3.3.CLASIFICACION DE EQUIPOS

3.3.1. MAQUINA DE FABRICACION DE PAPEL.-

De acuerdo a la importancia que tienen los equipos en la fabricación del papel los vamos a clasificar en:

- Equipos Críticos.- Dichos equipos son los que si dejan de funcionar pararía el proceso de fabricacion.
- Equipos Principales.- Estos equipos son los que necesariamente deben trabajar para que el proceso de fabricacion sea adecuado, es obvio, que si dejan de funcionar no pararía el proceso de fabricación.
- Equipos Secundarios.- Estos equipos son los que acondicionan un buen proceso de fabricacion como también el buen funcionamiento de equipos.

Esta clasificación la vamos a hacer tomando como referencia a la máquina papelera No. 01 ya que la máquina papelera No. 02 es recientemente instalada, esta en regulacion y prueba con la

instalacion de algunos equipos y accesorios.
Claro está que el proceso en las maquinas son
similares aun teniendo la maquina No. 02
algunos accesorios mas en la seccion de
piletas, como se mencionó anteriormente.

3.3.1.1. Equipos criticos.-

1.-Pulper 12m³

Bomba de descarga

Motor de bomba - 12 HP

Motor de Pulper 85 HP.

2.-Bomba tanque pasta refinada

Motor de bomba No. 2 - 12 HP.

3.-Bomba de caja de entrada

Motor de bomba No. 3 - 100 HP.

4.-Tanque depurador (Nima)

Motor 20 HP

5.-Motor de Rodillo Couch - 128 HP.

6.-Reductores de velocidad de
cilindros, secadores, prensas, size
press, alisadoras y cilindro pope.

7.-Sistema de Lubricación de
chumaceras de los cilindros
secadores.

8.-Motor principal de mandu de prensas,
cilindros secadores, size press,

alisadoras y cilindro pope.

9.-Sistema de lubricacion de chumaceras del eje mando.

Como máquinas críticas se considerara tambien a:

Las calderas.

Bombas de agua de pozo profundo

Sub-estaciones

- Los compresores de aire comprimido.

Ya que sin vapor, agua, energía eléctrica ni de aire comprimido, no se podría fabricar ni accionar los equipos comandos de la máquina de papel.

10. Calderas 2 x 400 BHP, 300 BHP.

Bomba de agua

Motor de Bomba

Bomba de inyeccion de petróleo

Motor de Bomba de inyeccion.

11.- Bombas de pozo profundo

Motor - 120 HP cada una.

12.- Compresores de aire -

Motores - 75 HP, 100 HP

13.- Sub-estaciones +

Transformadores

Tableros de control.

3.3.1.2. Equipos Principales.-

- 1.-Agitadores de tanques (stamo) 4
Reductores
Motores 2 x 25 HP, 2 75 HP.
2. Bombas de tanques (stamo)
Motores 18, 16, 12 HP
- 3.- Refinadores - 5
Motores - 4 x 115 HP, 300 HP
- 4.- Recuperador de Pasta
Motor 7.5 HP
- 5.- Depuradores Cónicos
- 6.- Bombas de recuperación de pasta 2
Motores 2 x 6.5 HP.
- 7.- Motor de traqueteo 3 HP.
- 8.- Bombas de vacío 3
Motores - 2 x 75 HP, 110, 160,
HP.
9. Bombas de Sello de Agua 3
Motor - 30 HP.
- 10.- Agitadores de Talco - 2
Motores 2 x 12 HP.
- 11.- Motores Centrales de Fajas
de mando 3 x 0.15 HP.
- 12.- Bomba de Alta Presión.
Motor 19 HP.

3.3.1.3. Máquinas Secundarias.-

- 1.- Motor del Ventilador del motor del pulper 0.9 HP.
2. Motores de Extractores de vapor 3 x 12 HP.
- 3.- Motores de Ventiladores de radiadores generadores de aire caliente 3 x 15 HP.

3.3.2. MÁQUINA DE ESTUCADO DEL PAPEL

De acuerdo a su importancia que tienen los equipos en el proceso, los vamos a clasificar en:

3.3.2.1. Equipos críticos.-

1. Sistemas de transmisión de los módulos 1 x 100 HP.
- 2.- Motor de desbobinadora.
- 3.-Rebobinadora inducta.
- 4.- Compresores de los cabezales de aplicación
Motor - 2x

3.3.2.2. Equipos Principales.-

1. Primer cuerpo de secadores 1 x

- accesorios (tuberías, válvulas, trampas de vapor, ventiladores).
- 2. Zona de inversión del papel.
- 3. Calandria Küster.
- 4.- Segundo cuerpo de secadores accesorios (tuberías, válvulas, trampas de vapor, ventiladores.)
- 5.- Tanque Celier
Motor - 75 HP.

3.4. REGISTRO DE FALLAS

Los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) no **disponen** de un registro estadístico **propio** de las fallas ocurridas en la máquina papelera No. 01, **sino** que estos datos son proporcionados en los reportes del departamento de producción.

Con respecto a la **máquina de estucado** máquina papelera No. 02 no **cuentan con registros de fallas por ser nuevas.** Por dichas razones todos los análisis que realizaremos los vamos a hacer tomando como base los datos referidos a la máquina papelera No. 01.

Se dispone información del año 1986, 1987 y 1988.

De los reportes, se ha seleccionado los equipos que más han fallado en el lapso de los tres años, estos son:

Bomba de caja de entrada.

- Motor de rodillo couch de la mesa plana.

Bomba de vacío No. 3

- Prensa No. 3

- El Size press

El 3º grupo de cilindros secadores.

La Caldera No. 3.

Aunque la caldera no es un equipo de la máquina, es un equipo que influye directamente en la máquina papelerera.

Los cuadros adjuntos en el acápite 3.5 muestran el número y distribución de las fallas ocurridas en el tiempo antedicho.

Las edades de falla se han considerado cada tres meses, tomando los días de cada mes y están expresados en horas.

3.5. CALCULO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Para determinar la confiabilidad y frecuencia de falla de cada equipo vamos a elegir la distribución de probabilidades de WEIBULL, esto es:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^\beta} \quad \dots\dots\dots(2)$$

De (1) y (2)

$$1 = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^\beta} + F(t) \quad \dots\dots(3)$$

Donde:

R(t)= Confiabilidad o probabilidad de que no falle la máquina.

F(t)= Probabilidad de falla.

δ = tiempo de garantía en que el equipo no fallara cuando este nuevo.

η = Edad de falla

β = Parámetro de forma de distribución. Indica la etapa de vida de la máquina.

t = Tiempo transcurrido de operación de la máquina.

Para determinar los factores β y η vamos utilizar el ábaco de Kai, el que consiste en un papel doble logarítmico que tiene como escala inferior la

edad de falla η como ordenada el porcentaje de falla. En la abscisa superior se indica el logaritmo neperiano de la edad de falla. Con respecto a la otra ordenada que se encuentra en el extremo de la edad de falla, representa el valor de β . debe tomarse siempre como valor absoluto. También el valor de β se puede determinar aplicando la expresion.

$$\left| \ln \ln \left(\frac{100}{100 - \% \text{ falla}} \right) \right|$$

El método consiste en lo siguiente: se traza una recta horizontal en el valor cero de la escala de β . La cual intersecta a la ordenada de porcentajes de falla en el valor de 63. Luego se traza una línea vertical con origen en el valor cero de la abscisa superior la que intersecta a la abscisa inferior en el valor de 1, seguidamente se ubican todos los puntos tabulados de acuerdo a las edades de falla asumidas dentro del periodo que se va a analizar y de los porcentajes de fallas acumulados en todo ese periodo. Luego se traza una recta promedio de todos los puntos determinados. Esta recta debe intersectar la recta horizontal trazada anteriormente, del punto de intersección bajamos a la abscisa inferior donde determinamos el valor de η (edad de falla). Para determinar el valor de β se sigue el siguiente

procedimiento: se traza una recta vertical tomando como origen el valor 1 de la abscisa superior hasta que cruce a la recta horizontal trazada inicialmente, una vez ubicado este punto, se lo toma como punto de origen de una recta paralela a la recta promedio trazada, esta recta debe intersectar a la recta vertical trazada inicialmente, de este punto trazamos una recta horizontal paralela a la abscisa de la edad de falla hasta que intersecte a la escala de λ con lo que se determina el valor de β .

Con respecto a la frecuencia de falla que es el número de fallas ocurridas en un tiempo determinado, se lo calcula con la expresión:

$$z(t) = \frac{\beta (t - \delta)^{\beta-1}}{\eta^\beta}$$

- Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el tiempo probable entre fallas, se lo determina con la expresión:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} e^{-(\frac{t-\delta}{\eta})^\beta} dt$$

En el calculo del tiempo entre fallas (MTBF) se ha dividido el tiempo de analisis (3 años) en 12 partes iguales dados en horas.

3.5.1. DISTRIBUCION DE FALLAS Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS " η " Y " β " de los equipos que más han fallado en el periodo desde 1986 a 1988 inclusive.

- Bomba de caja de entrada
- Motor del rodillo couch de la mesa plana.
- Bomba de vacío No. 03
- Prensa No. 03
- Size press
- 3º grupo de cilindros secadores
- Caldera No. 03

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA

ANO	1986												1987											
EQUIPONES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D	E	F	M	A	M	J						
BOMBA	1	1	1	-	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	-	1	-	1						
HURAS	4344												8760											
	13104																							

ANO	1987												1988											
EQUIPONES	J	A	S	D	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D						
BOMBA	-	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1						
HURAS	17520												21888											
	26304																							

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	3	3	11.11
4345 - 8760	4	7	25.93
8761 - 13104	3	10	37.04
13105 - 17520	2	12	44.44
17521 - 21888	5	17	62.96
21889 - 26304	10	27	100.00

MOTOR DEL RODILLO COUCH DE LA MESA PLANA

		1986												1987													
ANO																											
EQUIPONES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J									
MOTOR COUCH	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	-	1	-	1									
HORAS		4344																								8760	13104

		1987												1988													
ANO																											
EQUIPONES	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D									
MOTOR COUCH	1	1	2	3	-	-	-	2	1	1	1	3	-	1	1	-	1										
HORAS		17520																								21888	26304

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	2	2	6.67
4345 - 8760	4	6	20
8761 - 13104	5	11	36.67
13105 - 17520	7	18	60
17521 - 21888	8	26	86.67
21889 - 26304		30	100

BOMBA DE VACIO No 3

AÑO	1986												1987											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J						
EQUIPO\MES																								
BOMB VAC/No3	1	1	-	1	-	1	-	-	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1						
HORAS	4344												8760											
	13104																							

AÑO	1987												1988											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D						
EQUIPO\MES																								
	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1						
HORAS	17520												21888											
	26304																							

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	3	3	8.57
4345 - 8760	5	8	22.86
8761 - 13104	9	17	48.57
13105 - 17520	9	26	74.29
17521 - 21888	7	33	94.29
21889 - 26304	2	35	100.00

PRENSA No 3

AÑO	1986												1987												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J							
EQUIPONES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
PRENSA No 3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-							
HORAS	4344												8760												13104

AÑO	1987												1988												
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D							
EQUIPONES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
PRENSA No 3	1	-	-	-	-	2	-	-	1	1	-	-	-	4	2	1	1	-							
HORAS	17520												21888												26304

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	1	1	5.88
4345 - 8760	1	2	11.76
8761 - 13104	2	4	23.53
13105 - 17520	3	7	41.18
17521 - 21888	2	9	52.94
21889 - 26304	8	17	100.00

SIZE PRESS

AÑO	1986												1987												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J							
EQUIPONES																									
SIZE PRESS	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2							
HORAS	4344												8760												13104

AÑO	1987												1988												
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D							
EQUIPONES																									
SIZE PRESS	-	-	-	4	4	1	2	2	3	2	3	6	1	2	2	5	1	-							
HORAS	17520												21888												26304

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	2	2	4
4345 - 8760	4	6	12
8761 - 13104	6	12	24
13105 - 17520	9	21	42
17521 - 21888	18	39	78
21889 - 26304	11	50	100

3er GRUPO DE CILINDROS SECADORES

AÑO	1986												1987											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J						
EQUIPONES	2	-	-	-	-	1	1	-	1	1	1	1	3	2	1	1	1	2						
3er GRUP/SEC																								
HORAS	4344												8760											
	13104																							

AÑO	1987												1988											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D						
EQUIPONES	-	3	-	2	-	2	1	2	-	1	-	-	1	1	1	4	2	1						
3er GRUP/SEC																								
HORAS	17520												21888											
	26304																							

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	3	3	7.89
4345 - 8760	5	8	21.05
8761 - 13104	9	17	44.74
13105 - 17520	7	24	63.16
17521 - 21888	4	28	73.68
21889 - 26304	10	38	100.00

CALDERA No 3

ANO	1986												1987											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J						
EQUIPONES																								
CALDERA No 3	2	1	1	-	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	-	1	2						
HORAS	4344												8760											
	13104																							

ANO	1987												1988											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D						
EQUIPONES																								
CALDERA No 3	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
HORAS	17520												21888											
	26304																							

EDAD DE FALLA - X	FALLAS	FALLAS ACUMULADAS	% FALLAS
0 - 4344	7	7	16.28
4345 - 8760	8	15	34.88
8761 - 13104	6	21	48.84
13105 - 17520	10	31	72.09
17521 - 21888	6	37	86.05
21889 - 26304	6	43	100.00

3.5.2. CALCULO DE CONFIABILIDAD ;R(t);.

Probabilidad de falla ;F(t); y de la frecuencia de falla ;Z(t); de cada equipo.

- La confiabilidad está dado por la expresión:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^\beta}$$

- La probabilidad de falla está dada por la expresión:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

- La frecuencia de falla esta dada por la expresión:

$$Z(t) = \frac{\beta (t - \delta)^{\beta - 1}}{\eta^\beta}$$

Donde:

t = Tiempo de operación

β = Coeficiente determinado para cada equipo.

η = Coeficiente determinado para cada equipo.

MOIOR DEL RODILLO COUCH DE MESA PLANA

$\alpha = 0$
 $\eta = 17,000$
 $\beta = 2.48$

TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	2.17	215.78	0.99	0.01	5.88×10^{-6}
4344	2.17	434.18	0.97	0.03	1.65×10^{-5}
6552	6.34	654.57	0.93	0.07	3.03×10^{-5}
8760	13.01	874.70	0.86	0.14	4.66×10^{-5}
10920	15.09	1090.49	0.77	0.23	6.46×10^{-5}
13104	18.67	1308.53	0.67	0.33	8.47×10^{-5}
15312	33.67	1527.83	0.55	0.45	1.06×10^{-4}
17520	87.59	1743.24	0.44	0.56	1.29×10^{-4}
19704	108.01	1959.60	0.33	0.67	1.54×10^{-4}
21888	133.10	2175.49	0.24	0.76	1.79×10^{-4}
24096	179.44	2391.66	0.17	0.83	2.06×10^{-4}
26304	226.28	2607.77	0.11	0.89	2.35×10^{-4}

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA

$\alpha = 0$
 $\eta = 24,000$
 $\beta = 1.25$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	8.25	215.18	1936.58	0.96	0.04	2.77×10^{-5}
4344	8.25	433.58	3902.18	0.90	0.10	3.30×10^{-5}
6552	18.50	653.35	5880.15	0.84	0.16	3.66×10^{-5}
8760	34.75	872.53	7852.73	0.78	0.22	3.93×10^{-5}
10920	43.75	1087.63	9788.63	0.72	0.28	4.16×10^{-5}
13104	56.95	1304.71	11742.35	0.66	0.34	4.35×10^{-5}
15312	82.65	1522.94	13706.42	0.61	0.39	4.52×10^{-5}
17520	82.65	1743.74	15693.62	0.56	0.44	4.68×10^{-5}
19704	99.57	1960.44	17643.99	0.51	0.49	4.82×10^{-5}
21888	126.74	2176.13	19585.13	0.46	0.54	4.95×10^{-5}
24096	174.99	2392.10	21528.91	0.42	0.58	5.06×10^{-5}
26304	236.74	2606.73	23460.53	0.38	0.62	5.17×10^{-5}

BOMBA DE VACIO No 3

$\alpha = 0$
 $\eta = 13,000$
 $\beta = 2.5$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	1.33	215.87	1942.80	0.98	0.01	1.11×10^{-5}
4344	3.58	434.04	3906.38	0.95	0.05	3.16×10^{-5}
6552	6.83	654.52	5890.65	0.87	0.13	5.86×10^{-5}
8760	14.33	874.57	7871.1	0.75	0.25	9.06×10^{-5}
10920	42.33	1087.77	9828	0.61	0.39	1.26×10^{-4}
13104	79.58	1302.44	11721.98	0.46	0.54	1.64×10^{-4}
15312	124.75	1518.73	13668.53	0.32	0.68	2.07×10^{-4}
17520	175.34	1734.47	15610.19	0.21	0.79	2.53×10^{-4}
19704	181.51	1952.25	17570.24	0.12	0.88	3.02×10^{-4}
21888	189.76	2169.82	19528.42	0.06	0.94	3.54×10^{-4}
24096	199.26	2389.67	21507.07	0.03	0.97	4.09×10^{-4}
26304	199.26	2610.47	23494.27	0.01	0.99	4.67×10^{-4}

타이밍 다이어그램

$\delta = 0$
 $\eta = 26,000$
 $\rho = 1.57$

TIEMPO CRONOLÓGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	0.17	215.90	1943.05	0.903	0.017	1.37×10^{-5}
4344	0.17	434.70	3909.45	0.96	0.05	2.05×10^{-5}
6528	1.17	655.00	5895.75	0.91	0.09	2.59×10^{-5}
8760	2.17	875.70	7802.05	0.86	0.14	3.05×10^{-5}
10920	2.67	1091.73	9620.50	0.8	0.20	3.46×10^{-5}
13104	3.25	1310.00	11730.50	0.75	0.25	3.94×10^{-5}
15312	17.00	1529.49	13755.43	0.59	0.31	4.20×10^{-5}
17520	21.43	1740.05	15739.66	0.53	0.37	4.53×10^{-5}
19704	37.49	1955.65	17599.05	0.50	0.42	4.84×10^{-5}
21888	37.49	2185.05	19555.46	0.52	0.48	5.14×10^{-5}
24096	72.24	2402.30	21521.30	0.47	0.43	5.43×10^{-5}
26304	109.41	2619.45	23575.19	0.42	0.58	5.71×10^{-5}

S I Z E P R E S E N T

$\alpha = 0$
 $\eta = 18,500$
 $\beta = 2.25$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	2.83	215.72	1941.45	0.99	0.01	7.26×10^{-6}
4344	2.83	434.12	3907.05	0.97	0.03	1.74×10^{-5}
6528	6.66	654.53	5890.81	0.93	0.07	2.9×10^{-5}
8712	13.07	874.69	7872.24	0.86	0.14	4.17×10^{-5}
10896	22.24	1089.78	9807.98	0.79	0.21	5.5×10^{-5}
13080	38.08	1306.59	11759.33	0.70	0.30	6.9×10^{-5}
15264	38.08	1527.39	13746.53	0.60	0.40	8.39×10^{-5}
17448	72.59	1744.74	15702.67	0.50	0.50	9.9×10^{-5}
19632	96.92	1960.71	17646.37	0.41	0.59	1.14×10^{-4}
21816	144.50	2174.35	19569.15	0.32	0.68	1.30×10^{-4}
24000	200.25	2389.58	21506.18	0.25	0.75	1.46×10^{-4}
26184	268.25	2603.58	23432.18	0.18	0.82	1.63×10^{-4}

3er GRUPO CILINDROS SECADORES

$$\delta = 0$$

$$\eta = 17,500$$

$$\beta = 1.9$$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	3.30	215.67	1941.03	0.98	0.02	1.50×10^{-5}
4344	22.63	432.14	3889.23	0.94	0.06	2.80×10^{-5}
6552	49.63	650.24	5852.13	0.88	0.12	4.05×10^{-5}
8760	84.46	867.55	7807.99	0.81	0.19	5.25×10^{-5}
10920	104.54	1081.55	9733.91	0.72	0.28	6.40×10^{-5}
13104	131.45	1297.26	11675.30	0.63	0.37	7.54×10^{-5}
15312	162.11	1514.99	13634.90	0.54	0.46	8.67×10^{-5}
17520	207.85	1731.22	15580.94	0.45	0.55	9.77×10^{-5}
19704	223.85	1948.02	17532.14	0.37	0.63	1.08×10^{-4}
21888	246.52	2164.15	19477.33	0.29	0.71	1.19×10^{-4}
24096	275.86	2382.01	21438.04	0.23	0.77	1.30×10^{-4}
26304	325.70	2597.83	23380.47	0.10	0.82	1.40×10^{-4}

C A L C U L O S

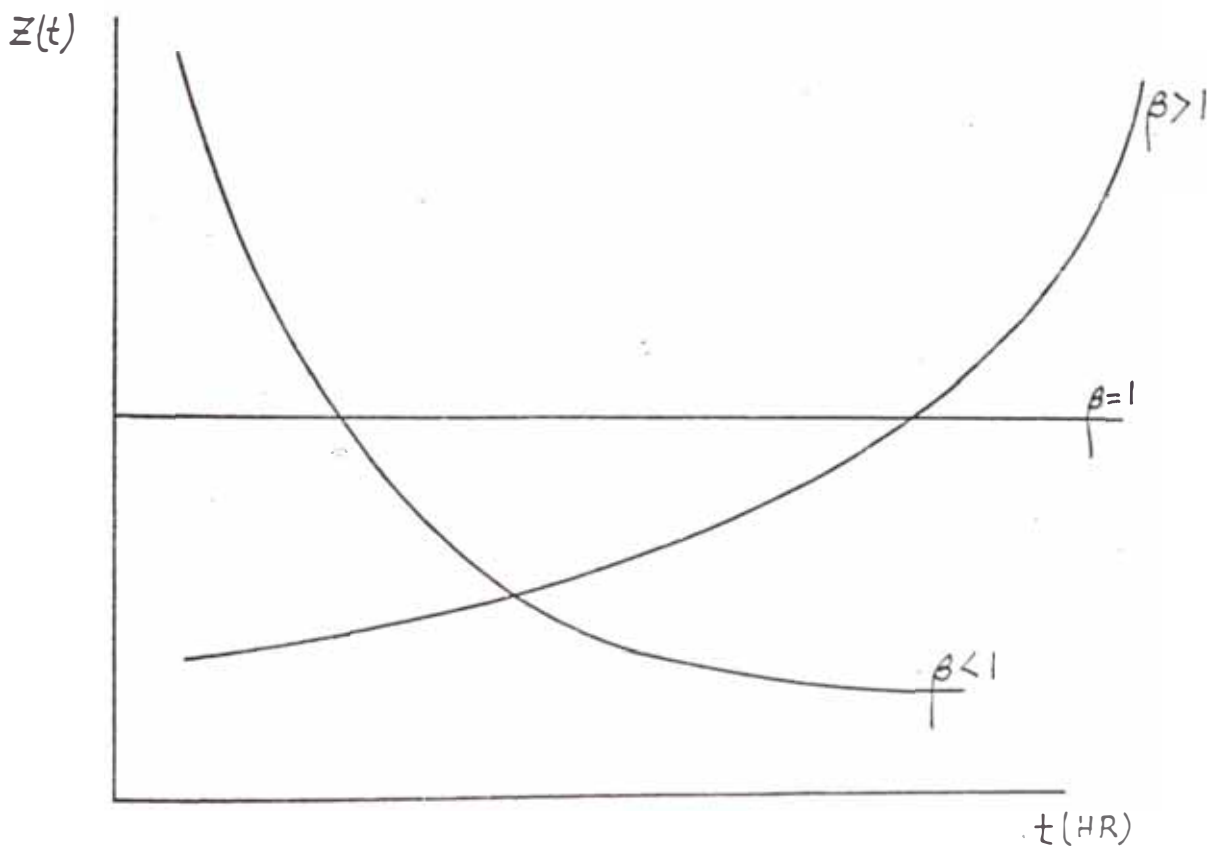
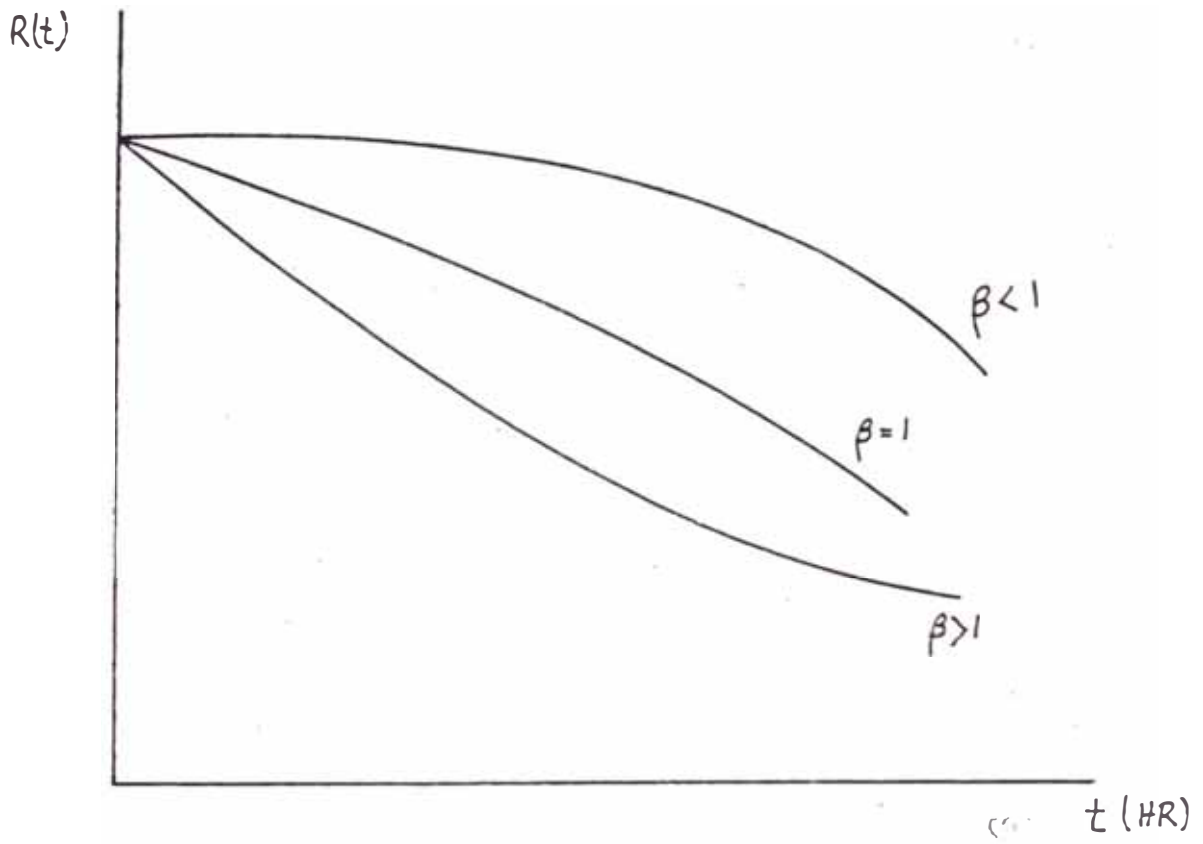
$$\delta = 0$$

$$\eta = 13,900$$

$$\beta = 1.97$$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	F(t)	Z(t)
2160	56.25	210.38	1893.38	0.98	0.02	2.049×10^{-5}
4344	130.33	421.37	3792.30	0.925	0.075	4.02×10^{-5}
6552	218.41	633.36	5700.23	0.841	0.159	5.96×10^{-5}
8760	319.49	844.05	7596.46	0.737	0.263	7.88×10^{-5}
10920	363.41	1055.66	9500.93	0.623	0.377	9.79×10^{-5}
13104	480.33	1262.37	11361.30	0.510	0.49	1.16×10^{-4}
15312	631.33	1468.07	13212.60	0.404	0.596	1.34×10^{-4}
17520	798.66	1672.13	15049.21	0.310	0.69	1.53×10^{-4}
19704	808.08	1889.59	17006.33	0.225	0.775	1.723×10^{-4}
21888	826.83	2106.12	18955.05	0.158	0.842	1.91×10^{-4}
24096	853.00	2324.30	20918.70	0.106	0.894	2.10×10^{-4}
26304	890.75	2541.33	22871.93	0.06	0.94	2.29×10^{-4}

GRAFICOS COMPARATIVOS REFERENCIALES



3.5.3. CALCULO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS.-(MTBF).-

Está dado por la expresión:

$$MTBF = \int_0^t R(t) dt$$

$$MTBF = \int_0^t e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^\beta} dt$$

Dividimos los tres años equivalentes a 26,304 horas en doce partes iguales para facilitar el cálculo, integrando por el método de SIPSOM tenemos:

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA

$$\begin{aligned} \gamma &= 0 \\ \eta &= 24,000 \\ \beta &= 1.25 \end{aligned}$$

T		R(t)	
0	1		
2192		0.96	
4384			0.90
6576		0.84	
8768			0.78
10960		0.72	
13152			0.66
15344		0.61	
17536			0.56
19728		0.51	
21920			0.46
24112		0.42	
26304	0.38		
	1.38	4.06	3.36

$$MTBF = \frac{26304}{3 \times 12} \left[1.38 + 4 \times 4.06 + 2 \times 3.36 \right]$$

$$MTBF = 17,784.43$$

POR EL METODO ANTEDICHO SE OBTIENE LOS
SIGUIENTES RESULTADOS

EQUIPO	MTBF
MOTOR DEL RODILLO COUCH DE MESA PLANA	16,388.85
BOMBA DE VACIO No. 3	12,881.65
PRENSA No. 3	19,406.51
SIZE PRESS	17,360.64
3º GRUPO DE CILINDROS SECADORES	16,293.86
CALDERA No. 3	13,923.58

3.5.4. CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL

(A_o). =

Esta dado por la expresión.

$$A_o = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

Donde:

MDT = Tiempo fuera de servicio debido a
mantenimiento.

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA

MTBF = 17,784.43

t	MDT	A_0
0	---	1
2192	8.25	0.999
4384	8.25	0.999
6576	18.50	0.999
8768	34.75	0.998
10960	43.75	0.9975
13152	56.95	0.9968
15344	82.65	0.9954
17536	82.65	0.9954
19728	99.57	0.9944
21920	126.74	0.9929
24112	174.99	0.9903
26304	236.74	0.9869

MOTOR DE RODILLO COUCH DE MESA PLANA

MTBF = 16.388.85

t	MDT	A _o
0	---	1
2192	2.17	0.999
4384	2.17	0.999
6576	6.34	0.999
8768	13.01	0.999
10960	15.09	0.999
13152	18.67	0.998
15344	33.67	0.997
17536	87.59	0.994
19728	108.01	0.993
21920	133.10	0.991
24112	179.44	0.989
26304	226.28	0.986

BOMBA DE VACIO No. 3

MTBF = 12,881.65

t	MDT	A_0
0	--	1
2192	1.33	0.999
4384	3.58	0.999
6576	6.83	0.999
8768	14.33	0.998
10960	42.33	0.996
13152	79.58	0.993
15344	124.75	0.990
17536	175.34	0.986
19728	181.51	0.986
21920	189.76	0.985
24112	199.26	0.984
26304	199.26	0.9848

PRENSA No. 3

MTBF = 19406.51

t	MDT	A _o
0	--	1
2192	0.17	1
4384	0.17	1
6576	1.17	0.999
8768	2.17	0.999
10960	2.67	0.999
13152	3.25	0.999
15344	17.08	0.999
17536	31.49	0.998
19728	37.49	0.998
21920	37.49	0.998
24112	72.24	0.996
26304	109.41	0.994

SIZE PRESS

MTBF = 17,360.64

t	MDT	A_0
0	--	1
2192	2.83	0.999
4384	2.83	0.999
6576	6.66	0.999
8768	13.07	0.999
10960	22.24	0.998
13152	38.08	0.997
15344	38.08	0.997
17536	72.59	0.995
19728	96.92	0.994
21920	144.50	0.991
24112	200.25	0.988
26304	268.25	0.984

3. GRUPO DE CILINDROS SECADORES

MTBF = 16293.86

t	MDT	A _o
0	--	
2192	3.30	0.999
4384	22.63	0.998
6576	49.63	0.997
8768	84.46	0.994
10960	104.54	0.993
13152	131.45	0.992
15344	162.11	0.990
17536	207.85	0.987
19728	223.85	0.986
21920	246.52	0.985
24112	275.86	0.983
26304	325.70	0.980

CALDERA No. 3

MTBF = 13,923.58

t	MDT	A_0
0	---	1
2192	56.25	0.996
4384	130.33	0.990
6576	218.41	0.984
8768	319.49	0.977
10960	363.41	0.974
13152	480.33	0.966
15344	631.33	0.956
17536	798.66	0.945
19728	808.08	0.945
21920	826.83	0.943
24112	853.00	0.942
26304	890.75	0.939

3.5.5. FUERZA LABORAL DE MANTENIMIENTO.-

El personal obrero con que cuentan los departamentos de mantenimiento está distribuido de la siguiente manera:

		DE TURNO		DE TALLER	
1°.	M	1 1 2 1	Sub jefe Supervisor Mecánicos Calderero	1 2 1 1 1 1 2 3 5	Supervisor Torneros Soldador Lubricador Mec. Automot. Carpintero Albañiles Mecánicos Practicantes
	E	1	Electricista	2 1 1 3	Electricistas Electrónico Instrumentis. Practicantes
2°.	M	1 2 1	Supervisor Mecánicos Calderero	1 2 1 1 1 3	Supervisor Torneros Soldador Lubricador Mec. Automot. Mecánicos
	E	1	Electricista		
3°.	M	2 1	Mecánicos Calderero		
	E	1	Electricista		
4°.	M	2 1	Mecánicos Calderero		
	E	1	Electricista		
TOTAL		19	+	33	= 52

Respecto al personal de turno esta distribuido en cuatro turnos y es rotativo cada tres días, de esta forma, un turno siempre descansa tres días.

Del cuadro Fuerza Laboral de Mantenimiento tenemos:

- Horas de presencia teórica por día (Hpt).-

$$\frac{52 \text{ Obreros}}{\text{Día}} \times \frac{8(H-h)}{\text{Obrero}} = 416 \frac{(H-h)}{\text{Día.}}$$

Horas de presencia real (disponible) por día (Hmd).-

$$\frac{48 \text{ Obreros}}{\text{Día}} \times \frac{8(H-h)}{\text{Obrero}} = 384 \frac{(H-h)}{\text{Día.}}$$

- Horas del personal de mantenimiento correctivo efectivo. (Hmc).-

$$\frac{15 \text{ Obreros}}{\text{Día}} \times \frac{8(H-h)}{\text{Obrero}} = 120 \frac{(H-h)}{\text{Día.}}$$

- Horas del personal de otras actividades de mantenimiento (Hoa).-

$$\frac{33 \text{ Obreros}}{\text{Día}} \times \frac{8(H-h)}{\text{Obrero}} = 264 \frac{(H-h)}{\text{Día.}}$$

Pago del personal de mantenimiento al mes de mayo de 1989.

$$805 \frac{1/2}{(H-h)}$$

CUADRO No 3.1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

ITEM	86	87	88
1 COSTO DE ADQUISICION			
A.- Costo de maquinaria Costos por estudios, proyectos construcciones (5% de costo de maquinaria)			
SUB-TOTAL I/.	10,515,750	48,300,000	892,500,000
B.-Repuestos Suministros			
SUB-TOTAL I/.	1,911,863	13,397,960	357,000,000
TOTAL I/.	12,427,613	61,697,960	1,249,500,000
2 COSTOS DE PROPIEDAD O DE PRODUCCION			
a.- Costos de reemplazo de equipos e instalaciones. Equipos normales, especiales, otros equipos, instalaciones.			
TOTAL I/.	447,810	1,320,016	14,518,000

ITEM	B6	B7	F10
b.- Costos de mantenimiento actividades normales, especiales instalaciones	1,812,795	2,623,840	24,310,000
TOTAL I/			
c.- Costo de pago de mano de obra de mantenimiento y subensiones para operaciones	990,684	2,560,456	18,776,500
TOTAL I/.			
d.- Costos de luz, combustibles y lubricantes			
TOTAL I/.	12,463,587	44,187,600	665,465,000

OBSERVACION.-

De los datos obtenidos del departamento de contabilidad se ha elaborado el cuadro No. 3.1, el cual está dado en intis y se lo ha transformado en dólares con valores del dólar al de la época (esto por razones de la devaluación de nuestra moneda, el inti). Obteniéndose el cuadro No. 3.1'.

Con respecto al ITEM 1 costo de adquisición se lo obtuvo de la siguiente manera:

Se considera el costo inicial de la máquina papelería No. 1 y equipos (calderas, bombas de pozo profundo, sub-estaciones, etc.) como \$ 12'500,000=. Asimismo el costo de terreno, estudios, proyectos y construcciones realizadas como el 5% de dicho costo lo cual equivale a \$ 625,000=. Los cuales sumados dan \$ 13'125,000=. Por otro lado si consideramos que la máquina papelería No. 1 y equipos tienen una duración de 25 años, entonces nos da un costo anual de \$ 525,000=. Con respecto los costos realizados por repuestos son proporcionados por el departamento de contabilidad, que sumados da como costos anuales de adquisición los indicados en dicho cuadro.

Con respecto los otros costos indicados en los diferentes rubros son proporcionados por el departamento de contabilidad.

En lo sucesivo se van a utilizar los datos proporcionados en dólares por ser una moneda dura.

CUADRO No 3.1'

DATOS PROPORCIONADOS POR EL DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

ITEM	86	87	88
VALOR DEL DOLAR EN INTIS \$/I.	20.03	92	1,700
1 COSTO DE ADQUISICION			
A.- Costo de maquinaria Costos por estudios, proyectos construcciones (5% de costo de maquinaria)			
	525,000	525,000	525,000
B.-Repuestos Suministros			
	95,450	145,630	210,000
SUB-TOTAL \$.	620,450	670,630	735,000
TOTAL \$.			
2 COSTOS DE PROPIEDAD O DE PRODUCCION			
a.- Costos de reemplazo de equipos e instalaciones. Equipos normales, especiales, otros equipos, instalaciones.			
	22,357	14,348	8,540
TOTAL \$.			

ITEM	86	87	88
a.- Costos de mantenimiento actividades normales, especiales instalacion \$.	90,504	28,520	14,300
TOTAL \$.			
c.- Costo de pago de mano de obra de mantenimiento y subensiones para operaciones.	49,460	27,918	11,045
TOTAL \$.			
d. Costos de luz, combustibles y lubricantes.			
TOTAL \$.	622,246	480,300	391,450

3.5.6. PARAMETRO DEL COSTO DE MANTENIMIENTO

CORRECTIVO.- Está dado por la expresión:

$$CTmc = Cmc + Cmmc$$

Donde:

$$Cmc = (H-h)mc \times \left[\frac{\text{valor}}{H-h} \right] mc$$

$$Cmmc = \frac{\text{Costo}}{\text{Materiales}} + \frac{\text{Costo}}{\text{Repuestos}}$$

CUADRO No. 3.2

AÑO	86	87	88
\$/I.	20.03	92	1,700
Pago I/ (H-h)mc	11.25	23.83	210.07
Pago (H-h)mc	0.56	0.25	0.123
Repuestos \$	77,537	105,240	140,321
Materiales\$	17,913	40,390	69,679
TOTAL	95,450	145,630	210,000

Cálculo del Cmc, Cmmc y del CTcm.-

Con la ayuda de los datos del acápite 3.5.5. tenemos:

$$Cmc_{86} = \frac{120(H-h)}{\text{Día}} \times \frac{365 \text{ Día}}{\text{Año}} \times \frac{0.56 \text{ \$}}{(H-h)}$$

$$Cmc = 24,528 \text{ \$}$$

Año

$$Cmmc = 95,450 \text{ \$}$$

Año

Entonces:

$$CTmc = 24,528 + 95,450$$

$$CTmc = 119,978 \text{ \$}$$

Año

De la misma forma operamos para los otros años y obtenemos:

CUADRO No. 3.3

AÑO	86	87	88
Cmc (\$) año	24,528	10,950	5,387.4
Cmmc (\$) año	95,450	145,630	210,000
CTmc (\$) año	119,978	156,580	215,387.4

Del cuadro No. 3.3 podemos observar que los costos por mantenimiento correctivo (Cmc) han descendido considerablemente. Por otro lado, los costos por repuestos y materiales (Cmmc) han ascendido en gran proporción, dando como consecuencia un aumento progresivo del costo total anual del mantenimiento correctivo.

3.5.7. COSTO POR PARADA DE PRODUCCION.-

Está dado por la expresión:

$$C_{parada} = H_{parada} \times \left[\frac{\text{valor}}{H} \right] \text{producción}$$

Donde:

H = Número de horas de parada al año.

$$\left[\frac{\text{Valor}}{H} \right] \text{producción} = 1000 \left[\frac{\$}{HR} \right]$$

El valor de pérdida por hora de producción se estima alrededor de 1000 \$/HR

De los reportes del dpto. de producción se determino el número de horas paradas de producción por mantenimiento mecánico o eléctrico, de donde se obtiene los siguientes resultados.

CUADRO No. 3.4

AÑO					
1986		1987		1988	
H	Cpar. (\$) año	H	Cpar. (\$) año	Cpar (\$) año	
421.80	421,800	776.72	776,720	620.60	620,660

Del cuadro No. 3.4 se observa que el número de horas de parada con respecto al año 86 han aumentado, esto como consecuencia de que los costos por mantenimiento correctivo han descendido. Asimismo se observa que los costos por parada de producción son proporcionales al número de horas paradas.

3.5.8. COSTO TOTAL DE PRODUCCION.-

Está dado por la expresión:

$$C_{\text{producción}} = H_{\text{producción}} \times \left[\frac{\text{valor}}{\text{HR}} \right]_{\text{producción}}$$

Donde:

$$H_{\text{producción}} = \frac{H_{\text{jornada Laboral}}}{(365 \times 24 \text{Hr})} - \frac{H_{\text{parada Total al Año}}}{\text{Año}}$$

$$\left[\frac{\text{valor}}{\text{Hr}} \right]_{\text{producción}} = 1,000 \frac{\$}{\text{Hr.}}$$

De los reportes del departamento de producción se determina el número de horas paradas totales anuales.

El costo por hora de producción se estima alrededor de \$ 1,000. De los datos obtenemos el siguiente cuadro:

CUADRO No. 3.5

AÑO	1986	1987	1988
Hparadas	1,939.81	2,131.70	1,994.10
Hproducción	6,820.19	6,628.30	6,765.90
Días producción	284.17	276.18	281.91
Cproducción(\$/año)	6'820,190	6'628,300	6'765,900

De los datos mostrados en el cuadro No. 3.5 observamos que los tiempos anuales de producción son muy próximos y que los costos de producción son proporcionales al número de horas de producción.

3.5.9. INDICE GENERAL DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{Hmd}{Hpresencia T} \times 100$$

Donde:

Hmd = Horas de mantenimiento disponible.

Hmd = Hmc + Horas actividades de mantenimiento

De los datos proporcionados en el acápite 3.5.5 tenemos:

$$\% = \frac{(Hmc + \text{Horas actividades})}{H\text{presencia T.}} \times 100 =$$

$$\% = \frac{384 [(H-h)/\text{día}]}{416 [(H-h)/\text{día}]} \times 100 = 92.31$$

$$\% = 92.31$$

3.5.10. INDICE DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

EFFECTIVO.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{Hmc}{H\text{presencia T.}} \times 100$$

$$\% = \frac{120}{416} \times 100$$

$$\% = 28.84$$

3.5.11. INDICE DE RENDIMIENTO DEL PERSONAL.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{(Hmc + Hmp)}{Hmd} \times 100$$

Donde:

Hmp = Horas de mantenimiento preventivo = 0

$$\% = \frac{120}{384} \times 100 = 31.25$$

$$\% = 31.25$$

3.5.12. INDICE DE EFICIENCIA DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{Hmc}{Hpresencia\ T - Hinactivas} \times 100$$

Donde:

$$Hinactivas = 0.10\ Hmd$$

Luego:

$$\% = \frac{120}{416 - 38.4} \times 100 =$$

$$\% = 31.78$$

3.5.13. INDICE GENERAL DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{Hmc}{Hmd} \times 100$$

$$\% = \frac{120}{384} \times 100$$

$$\% = 31.25$$

3.5.14. INDICE DEL COSTO POR HORA DE
MANTENIMIENTO.-

Esta dado por la expresión:

$$\frac{CTmc (\$/año)}{Hmd [(H-d)/día] \times 365 (día/año)}$$

CUADRO No. 3.6

AÑO	1986	1987	1988
CTmc/Hmd $\frac{(\$)}{(H-h)}$	0.856	1.117	1.536

Del cuadro No. 3.6 observamos que el costo por hora-hombre de mantenimiento se incrementa.

3.5.15. INDICE DEL COSTO DE MANTENIMIENTO REFERIDO A
LA PRODUCCION.-

Está dado por la expresión:

$$\% = \frac{CTmc + Cparada}{Cproducción} \times 100$$

De los datos indicados en los cuadros No. 3.3, No. 3.4 y No. 3.5, obtenemos el siguiente cuadro.

CUADRO No. 3.7

AÑO	1986	1987	1988
%	7.94	14.08	12.36

Del cuadro observamos que los índices son variables debido a que los valores que intervienen no son uniformes y están relacionados con las horas paradas y a los costos de mantenimiento correctivo.

3.5.16. EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO. (INDICE DE CORDER %E).-

Está dado por la expresión:

$$\%E = \frac{K}{xc + yt + zd} \times 100$$

Donde:

K = CTE

x = Costo total de mantenimiento al año.

y = Costo total del tiempo perdido al año.

z = Costo total del desperdicio al año.

C = $\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de reposición.}}$

$$T = \frac{\text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo de producción.}}$$

$$D = \frac{\text{Desperdicio total (TON)}}{\text{Producción Buena (TON)}}$$

Determinación de las variables:

- Variable x:

Del cuadro No. 3.1' tenemos:

AÑO	1986	1987	1988
x (\$/AÑO)	257,771	216,416	243,885

- Variable y:

Del cuadro No. 3.5 tenemos:

AÑO	1986	1987	1988
y (\$/AÑO)	1'939,810	2'131,700	1'994,100

- Variable z:

De los reportes del departamento de producción determinamos los valores de la variable.

AÑO	1986	1987	1988
y (\$/AÑO)	753,480	731,884	750,241

- Variable C:

El coeficiente C lo determinamos sumando los costos del ítem. 2 las partes a, b y c del cuadro No. 3.1¹.

Con respecto al costo de reposición lo determinamos considerando una depreciación lineal con una inversión inicial de \$12'500,000= y un valor de salvamento de \$3'500,000= para un período de operación de 25 años con la cual obtenemos un valor de reposición de \$ 360,000=.

Con lo cual se obtiene el siguiente cuadro.

AÑO	1986	1987	1988
C	0.450	0.196	0.094

- Variable T

El tiempo muerto o inactivo de la producción se lo estima y lo consideramos como el 10%

del tiempo de la jornada laboral anual, esto es 876 Hr.

El tiempo de producción esta dado en el cuadro No. 3.5

De dichos datos obtenemos el siguiente cuadro.

AÑO	1986	1987	1988
T	0.128	0.132	0.129

- Variable D

De los reportes del departamento de producción determinamos el peso de la producción buena y peso del desperdicio.

AÑO	1986	1987	1988
Producción buena TON	8,414,591	8,012,590	8,294,699
Desperdicio TON	753,480	731,884	750,241
D	0.089	0.091	0.090

Reemplazando valores en la expresión del índice de corder obtenemos el siguiente cuadro.

CUADRO No. 3.8

AÑO	1986	1987	1988
% E	$2.31 \times 10^{-4}K$	$2.56 \times 10^{-4}K$	$2.87 \times 10^{-4}K$

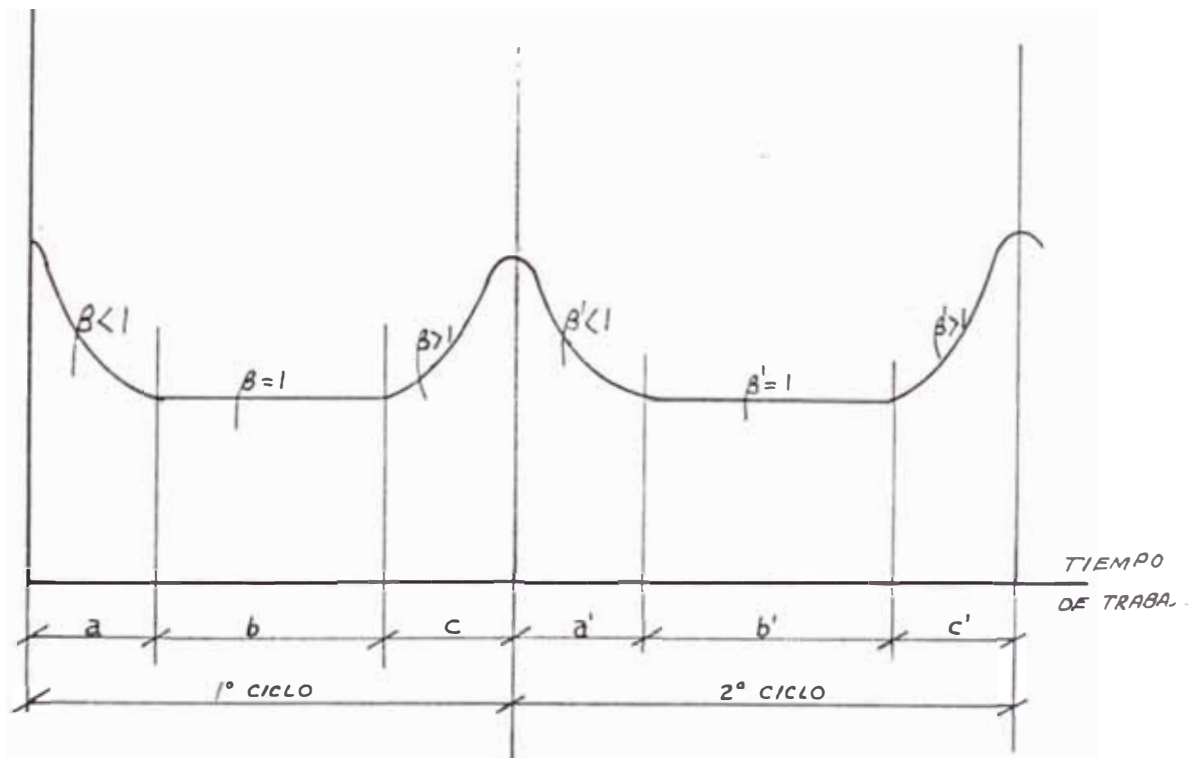
Del cuadro observamos que dicho índice se incrementa anualmente esto es: del 10.82% en el año 87 respecto al año 86 y del 12.11% en el año 88 respecto al año 87.

3.6. ANALISIS DE RESULTADOS.-

- VIDA UTIL DE UNA MAQUINA O EQUIPO.-

La vida útil de una máquina o equipo se puede representar por el siguiente gráfico.

COSTOS



Donde:

a = Período de Infancia

b = Período normal

c = Período de desgaste

Del gráfico podemos observar que la vida útil de la máquina o equipo está dada por ciclos, dichos ciclos comprenden zonas o períodos fundamentales, los cuales son:

a. **Período de Infancia.**- Consiste en, cuando la máquina es nueva o es reparada totalmente van a surgir fallas por tener accesorios nuevos, los que tienen que asentarse o tomar las dimensiones apropiadas para su normal funcionamiento.

b. **Período de Trabajo Normal.**- Este período empieza cuando una vez que los accesorios han tomado las condiciones y dimensiones apropiadas de trabajo, la máquina funciona normalmente. En este período las fallas disminuyen notablemente. La función del mantenimiento en este período es, de tratar de prolongar y conservar el mayor tiempo posible estas condiciones, lo que se consigue con las inspecciones y el programa de mantenimiento.

c. **Período de Desgaste.**- En este período las fallas suceden con frecuencia progresiva debido

al desgaste de los accesorios. Este periodo completa el ciclo.

Un equipo o máquina cuando empieza a fallar frecuentemente hará que el propietario tome la decisión de reparar totalmente la máquina (reparar partes, cambios de accesorios, etc.) con dicha acción la máquina queda lista para un nuevo ciclo de trabajo.

Estos ciclos se llevaran a cabo hasta que la máquina sea económicamente reparable y rentable, de lo contrario se la sustituirá.

- BOMBA DE CAJA DE ENTRADA.-

- Edad de falla.- $\eta = 24,000$ Hr
- $\beta = 1.25$ el cual nos indica que el equipo está en los inicios de la etapa de desgaste.
- La confiabilidad disminuye en forma lenta.
- La frecuencia de falla aumenta en forma poco pronunciada.
- MTBF = 17,784 Hr
- Ao = Disminuye en forma mínima.

- MOTOR DE RODILLO COUCH DE LA MESA PLANA.-

- Edad de Falla.- $\eta = 17,000$ Hr.

al desgaste de los accesorios. Este período completa el ciclo.

Un equipo o máquina cuando empieza a fallar frecuentemente hará que el propietario tome la decisión de reparar totalmente la máquina (reparar partes, cambios de accesorios, etc.) con dicha acción la máquina queda lista para un nuevo ciclo de trabajo.

Estos ciclos se llevarán a cabo hasta que la máquina sea económicamente reparable y rentable, de lo contrario se la sustituirá.

- BOMBA DE CAJA DE ENTRADA.-

- Edad de falla.- $\eta = 24,000$ Hr
- $\beta = 1.25$ el cual nos indica que el equipo está en los inicios de la etapa de desgaste.
- La confiabilidad disminuye en forma lenta.
- La frecuencia de falla aumenta en forma poco pronunciada.
- MTBF = 17,784 Hr
- Ao = Disminuye en forma mínima.

- MOTOR DE RODILLO COUCH DE LA MESA PLANA.-

- Edad de Falla.- $\eta = 17,000$ Hr.

- $\beta = 2.48$ el cual nos indica que el equipo está en la etapa de desgaste.
 - La confiabilidad disminuye en forma pronunciada.
 - La frecuencia de falla aumenta aceleradamente.
 - MTBF = 16,388 Hr.
 - Ao = Disminuye en forma mínima
- BOMBA DE VACIO No. 3.-
- Edad de falla.- $\eta = 13,000$ Hr
 - $\beta = 2.5$ el cual nos indica que el equipo está en la etapa de desgaste.
 - La confiabilidad disminuye en forma acelerada.
 - La frecuencia de falla aumenta en forma pronunciada.
 - MTBF = 12,881 Hr
 - Ao = Disminuye en forma mínima.
- PRENSA N. 3.-
- Edad de falla.- $\eta = 26,000$ Hr
 - $\beta = 1.57$ el cual nos indica que el equipo está en los inicios de la etapa de desgaste.
 - La confiabilidad disminuye en forma lenta.
 - La frecuencia de falla aumenta en forma poco pronunciada.
 - MTBF = 19,406 Hr
 - Ao = Disminuye en forma mínima.

- SIZE PRESS.-

- Edad de falla.- $\eta = 18,500$ Hr
- $\beta = 2.25$ indica que el equipo está en la etapa de desgaste.
- La confiabilidad disminuye en forma lenta.
- La frecuencia de falla aumenta en forma poco pronunciada.
- MTBF = 17,360 Hr
- Ao = Disminuye en forma mínima.

- 3.GRUPO DE CILINDROS SECADORES.-

- Edad de falla.- $\eta = 17,500$ Hr
- $\beta = 1.9$ indica que el equipo está en los inicios de la etapa de desgaste.
- La confiabilidad disminuye en forma poco pronunciada.
- La frecuencia de falla aumenta en forma poco pronunciada.
- MTBF = 16,293 Hr
- Ao = Disminuye en forma mínima.

- CALDERA N. 3.-

- Edad de falla.- $\eta = 13,900$ Hr
- $\beta = 1.97$ el cual nos indica que el equipo está entrando a la etapa de desgaste.
- La confiabilidad disminuye en forma poco progresiva.

- La frecuencia de falla aumenta.
- MTBF = 13,923 Hr
- Ao = Disminuye en forma mínima.

- PARAMETRO DEL COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (CTmc).-

Del cuadro N. 3.3 observamos que los costos de repuestos y materiales (Cmmc) han ascendido, esto es: del 52.57% del año 87 respecto al año 86 y del 44.20% del año 88 respecto al año 87. Por otro lado los costos de mantenimiento correctivo (Cmc) han descendido, esto es: del 55.36% del año 87 respecto al 86 y del 50.80 del año 88 respecto al 87, dando como consecuencia costos totales de mantenimiento correctivo (CTmc) ascendentes, esto es: del 30.51% del año 87 respecto al 86 y del 37.56% del año 88 respecto al 87.

Esto se debe primeramente a la devaluación de nuestra moneda, por otro lado las acciones preventivas de mantenimiento han ido decreciendo.

- COSTO POR PARADO DE PRODUCCION.-

Del cuadro N. 3.4 observamos que el costo por parada de producción es proporcional al número de horas paradas de producción.

- COSTO TOTAL DE PRODUCCION.-

Del cuadro N. 3.5 observamos que el costo total de producción es proporcional al número de horas de producción.

- INDICE GENERAL DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.-

92.31% este valor nos indica que el personal de mantenimiento no trabaja plenamente. Esto es por que se tiene turnos rotativos (mantenimiento correctivo) de los cuales 1 turno siempre descansa.

- INDICE DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO EFECTIVO.-

Valor que nos indica el porcentaje del personal de mantenimiento correctivo con el que cuenta el departamento de mantenimiento.

- INDICE DEL RENDIMIENTO DEL PERSONAL.-

Valor que nos indica el porcentaje de las horas de mantenimiento correctivo y preventivo con nuestro caso, el preventivo es nulo. Respecto a las horas disponibles con las que se cuenta 31.2%

- INDICE DE EFICIENCIA DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.-

Valor que nos indica que la eficiencia del

personal de mantenimiento es (31.78%)

- INDICE GENERAL DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO ES (31.25%)

- INDICE DEL COSTO POR HORA DE MANTENIMIENTO.-

Del cuadro N. 3.6 observamos que los valores obtenidos nos indican que van ascendiendo con incrementos de 30.49% y 37.51% respecto al año anterior, asimismo que es directamente proporcional al costo total del mantenimiento correctivo.

- INDICE DEL COSTO DE MANTENIMIENTO REFERIDO A LA PRODUCCION.-

Del cuadro N. 3.7 observamos que se incrementa en el año 87 en el 77.33% respecto al año 86 luego baja en el año 88 en un 12.22% respecto al año 87. Esto se debe a que los valores que intervienen son proporcionales a las horas paradas y a los costos de mantenimiento correctivo.

- EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO.-

Del cuadro N. 3.8 observamos que la eficiencia del mantenimiento ha ido ascendiendo, en el año 87 en el 10.32% respecto al año 86 y el año 88 en el

12.11% respecto al año 87.

3.7. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.-

- 1.- Debido a que el departamento de inq. de mantenimiento no cuenta con una sección de planificación que elabore y controle un programa de mantenimiento preventivo, asimismo elabore y controle reportes propios de los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) tales como de las fallas ocurridas, reparaciones hechas o por hacer, inspecciones, cambios en las máquinas y/o ampliaciones en la fábrica, no dispone de la información inmediata y exacta de los trabajos realizados o por realizar, lo que conlleva a desconocer los costos de los mismos, por lo que se sugiere con carácter de urgencia implementar una sección de planificación.

- 2.- Con respecto al sistema informativo de las reparaciones o trabajos realizar, lo debe hacer el departamento de mantenimiento por medio de reportes propios del departamento para evaluar y coordinar con el departamento de producción la realización de dichos trabajos en una fecha indicada.

- 3.- Los trabajos de mantenimiento deben ser evaluados para ser ejecutados de acuerdo a prioridades y si son posibles de realizarlos con personal de la empresa o por alguna empresa de servicios según la especialidad.

- 4.- Con respecto a las inspecciones éstas lo realiza el departamento de producción y departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) en forma externa o visual, no existe un rol en el cual se indique inspecciones internas de los equipos o máquinas.

- 5.- Los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) actualmente utilizan un formato para la solicitud de trabajo donde no está bien especificado la prioridad de los trabajos a realizar, esto es por ejemplo prioridad normal, urgente y extraurgente.

Por otro lado, dichos departamentos no tienen otros reportes estadísticos para el control de los trabajos realizados. En el capítulo N. 5 se muestran los formatos que se deben usar.

- 6.- Con respecto a los trabajos a realizar se debe hacer un estudio de tiempos y movimientos para estandarizar los tiempos empleados en los trabajos de esta manera poder evaluar, programar y estimar los tiempos y número de personas que deben intervenir en dichos trabajos. Asimismo con este estudio se podrá analizar que herramientas, equipos son necesarios para mejorar la eficiencia de los trabajadores. También se podrá analizar si el almacén dispone y provee los repuestos, equipos o materiales necesarios para la realización de los trabajos en el menor tiempo posible.
- 7.- Con respecto al almacén de repuestos deben ser clasificados y ordenados según items para su fácil suministro y control.
- 8.- El departamento de ing. de mantenimiento cuenta con talleres mecánicos y eléctricos los cuales no están equipados e implementados de acuerdo a las necesidades de la especialidad, por lo que se sugiere mejorar las condiciones físicas para incrementar la eficiencia del trabajador.
- 9.- Respecto a la vida útil de la máquina según los

análisis que se ha hecho a los equipos que más fallas presentan podemos decir que la máquina está en los inicios de la etapa de desgaste por lo que se sugiere hacer un rol de inspecciones **más frecuente**.

- 10.- Respecto a los parámetros calculados podemos apreciar lo siguiente: la devaluación de nuestra moneda ha influenciado en los costos de mantenimiento correctivo.

Los costos por parada de producción y costo total de producción son proporcionales al número de horas de producción.

Con respecto a los índices calculados podemos decir:

- El índice **general** del personal de mantenimiento 92.31% nos indica que dicho personal no trabaja plenamente por que 1 turno conformado por cuatro obreros (2 mecánicos, 1 calderero y 1 electricista) siempre descansan ya que los obreros de turno están divididos en **4 turnos que son** rotativos y diariamente trabajan solo 3 turnos.

El índice del personal de mantenimiento efectivo 23.84% nos indica que el personal efectivo de mantenimiento correctivo asume este porcentaje de trabajo respecto a todos los trabajadores del departamento de mantenimiento.

- El índice de rendimiento del personal como el índice de mantenimiento correctivo 31.25% nos indica el porcentaje del trabajo que asume el personal efectivo de mantenimiento correctivo respecto al de los trabajadores disponibles de mantenimiento.

El índice de eficiencia del personal de mantenimiento 31.78% nos indica que la eficiencia es bajo por tener un turno de trabajadores en descanso.

- Los índices del costo por hora de mantenimiento están expresados en el cuadro N. 3.6 del cual observamos que se incrementan porque el factor que interviene principalmente es el costo total del mantenimiento correctivo el que es una consecuencia de la devaluación de nuestra

moneda.

- De los índices de los costos de mantenimiento referidos a la producción mostrados en el cuadro N. 3.7 observamos que son valores variables debido a que en dichos índices intervienen valores que están relacionados con las horas paradas de producción y a los costos de mantenimiento correctivo.

- Del cuadro N. 3.8 el que se refiere a la eficiencia del mantenimiento (índice de corder % E) podemos observar que va incrementándose anualmente, esto es: del 10.82% en el año 87 respecto al año 86 y del 12.11% en el año 88 respecto al año 87.

CAPITULO 4

IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL

4.1. ORGANIZACION.-

Del organigrama del departamento de ing. de mantenimiento podemos observar que el departamento de mantenimiento carece de una sección de planificación que organice, planifique y coordine las actividades de mantenimiento dentro el departamento como también con otros departamentos, principalmente con el de producción.

Por otro lado, el departamento carece de una sección de apoyo que coordine las actividades de la sección de planificación, los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) y otros departamentos de la fábrica para que a través de inspecciones, reporte o solicite las reparaciones, instalaciones y/o reemplazos requeridos; así mismo lleve el control de la ejecución de los trabajos indicados en el programa de mantenimiento. De esta

forma la sección de planificación estaría informada de los adelantos o retrasos de las actividades de los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico en la ejecución de los trabajos, como también dispondrá de la información necesaria para cumplir sus funciones de planificación.

4.2. ADMINISTRACION.-

El departamento de mantenimiento no cuenta con la información inmediata de los índices estadísticos referenciales, tales como costos de reparaciones programadas, costos por reparaciones por fallas, cantidad de horas-hombre utilizadas por reparaciones, cantidad de horas-hombre extras; control del consumo de repuestos, tiempo medio entre fallas de las diferentes máquinas, etc ya que con dichos índices, los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico y el de planificación dispondrían de datos referidos a costos de cada rubro, lo cual facilitaría la elaboración del presupuesto anual, semianual o mensual.

El departamento no dispone de los costos del mantenimiento de acuerdo a la importancia y clasificación de las actividades de mantenimiento tales como: costos por mantenimiento preventivo.

costos por reparaciones, costos por revisiones, costos por construcciones, costos por seguridad, costos por fabricación (en el taller). Disponiendo de estos datos se sabrá cómo se distribuye el presupuesto y habrá un mayor control del consumo de repuestos, y materiales.

Por otro lado como el departamento no cuenta con un programa de mantenimiento, no planifica, no organiza, no programa y no controla el avance de los trabajos realizados y/o por realizar. Asimismo como no tiene los tiempos óptimos requeridos para las diferentes actividades de mantenimiento no puede determinar las horas-hombre necesarias al mes o semanales para realizar los trabajos. Determinados los tiempos estándares empleados en los trabajos a realizar, se podrá planificar, evaluar el personal y costo en la ejecución de los diferentes puntos indicados en el programa de mantenimiento.

4.3. POLITICAS DE OPERACION.-

El departamento de mantenimiento es en cierta forma dependiente del departamento de producción en su operación ya que este departamento es quien genera las solicitudes de trabajos de mantenimiento, lo que no es recomendable ya que pueden surgir fallas

pequeñas o defectos en el funcionamiento de las máquinas o equipos las que pueden generar fallas mayores por lo que es de mucha importancia que el departamento de mantenimiento sea quien evalúe las fallas y que en coordinación con el departamento de producción se fijen las fechas o instantes en que se deben hacer las reparaciones requeridas; por eso es necesario que el departamento de mantenimiento tenga un rol de inspecciones.

Por otro lado, las reparaciones a realizar no son evaluadas económicamente. Esto es; los diferentes trabajos deben ser analizados y evaluados por los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) con lo cual se determinará si dicha reparación o trabajo se puede hacer con el personal de la fábrica o si es necesario recurrir a alguna empresa de servicios de acuerdo a las especialidades.

Los talleres (mecánico y eléctrico) no cuentan con las herramientas, instrumentos e implementos que faciliten la labor de los trabajadores.

Por ejemplo el taller automotriz es un ambiente reducido; no tiene los implementos físicos necesarios para la reparación de las partes que integran los

vehículos. Respecto a las herramientas que se necesitan por ejemplo una lámpara de neón que sirve para la regulación del avance de la chispa del encendido o para poner a punto el motor, un torquímetro, un probador de bomba de inyección, un probador de baterías, un compresímetro para medir la compresión de los cilindros.

En el caso del taller eléctrico es un ambiente reducido que no tiene los implementos físicos necesarios. por ejemplo si se requiere la reparación o revisión de algún motor eléctrico (grande) dicho trabajo lo hacen en el taller mecánico por falta de espacio.

Los trabajos de mantenimiento no tienen un programa de capacitación según las especialidades, lo cual puede realizarse dentro de la fábrica o en centros de estudios o capacitación.

El departamento no tiene un estudio de tiempos y movimientos en la ejecución de los diferentes trabajos realizar con lo cual se determinaría el tiempo y el número de personas que se requieran para realizar algún trabajo.

4.4. ANALISIS DE FALLAS-FORMATOS.-

Los departamentos de mantenimiento (mecánico y eléctrico) no cuentan con los reportes y/o formatos de las fallas ocurridas y reparaciones realizadas, donde se indique en forma precisa los equipos y accesorios averiados, la fecha que ocurrió la falla, el tiempo empleado, número de personas que intervinieron, como también los repuestos empleados y los montos correspondientes a dichas reparaciones. Las fechas y tiempos de las fallas ocurridas en las máquinas están anotadas en los reportes diarios de producción.

Actualmente usan un formato denominado Requisición de Trabajo el que se adjunta y sirve de referencia, en él se observa la fecha, y hora de emisión tipo de trabajo realizar, nombre de la máquina y trabajo solicitado, material necesario, prioridad de trabajo. En el Capítulo N. 5 se indican los formatos que se deben usar.

4.5. STOCK DE REPUESTOS

Como dijimos anteriormente los repuestos de las máquinas suman **alrededor** de 2000 Item de los cuales unos son importados por ejemplo **filtros. telas.**

lonas y otros que se encuentran en el mercado nacional como rodajes, pernos, etc. Los cuales se los adquiere según las necesidades. La adquisición de los repuestos importados se los hace tomando un número tope mínimo.

El problema que presenta es que los repuestos que figuran en almacén no están almacenados ordenadamente, lo cual es una dificultad en el suministro de dichos repuestos ante una solicitud ya que para determinar algún repuesto toman un tiempo considerable en su localización lo que retarda la reparación o trabajo.

4.6. PROGRAMAS DE INSPECCION.-

Los departamentos de mantenimiento no tiene un rol de inspecciones respecto al estado operativo de las máquinas, las inspecciones lo realizan principalmente el personal de producción y también los mecánicos de turno pero en forma externa, visual o tacto con lo cual el departamento de mantenimiento no se asegura del buen funcionamiento de las máquinas y como mencionamos anteriormente una falla pequeña puede generar grandes fallas, por lo que es de mucha importancia que el departamento de mantenimiento elabore un programa de inspecciones en coordinación

con el departamento de producción.

4.7. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.-

En el período de estudio considerado (años 86, 87 y 88) solo existía una máquina papelera y debido a la presión por producir no había la posibilidad de aplicar un programa de mantenimiento por lo que no se mostraba mucho interés en la elaboración de dicho programa. Lo que se hacía es de aplicar un mantenimiento periódico en julio y diciembre que consistía en la reparación y revisión de motores, equipos y accesorios en dichas fechas. Los inconvenientes que presenta este tipo de mantenimiento es que si surgen fallas en tiempos diferentes a los indicados los van acumulando hasta que llegue la fecha de mantenimiento o esperar que suceda una parada de máquina para hacer las reparaciones urgentes corriendo el riesgo de que una falla pequeña genere grandes fallas.

4.8. TRABAJOS PLANIFICADOS

Como se mencionó en el acápite anterior los trabajos de mantenimiento se realizan en los meses de julio y diciembre, si surgen fallas en las máquinas fuera de estas fechas se las va acumulando hasta que

surja una parada de maquina para hacer las reparaciones segun prioridades y segun el tiempo que se disponga o en su defecto se tiene que esperar hasta las fechas de mantenimiento corriendo el riesgo de que fallas pequeñas generen grandes fallas.

4.9. TECNICAS DE MANTENIMIENTO.-

Como la fábrica tiene todo tipo de máquinas los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico cuentan con personal con mucha experiencia y práctica en mantenimiento mecánicas, eléctricas y de lubricación, en casos especiales solicitan los servicios de empresas de acuerdo a las especialidades. A pesar de la experiencia y práctica que tiene el personal es necesario que se los capaciten ya que dicha experiencia y práctica puede ser mejorada.

4.10. PRESUPUESTOS.-

Como los departamentos de mantenimiento no cuentan con los reportes adecuados de los cuales se deriven los diferentes índices de costos mencionados en el acápite N. 4.2. los presupuestos lo hacen de acuerdo a referencia de años anteriores.

CAPITULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

5.1. UBICACION DEL MANTENIMIENTO DENTRO DE LA PLANTA.-

5.1.1. POLITICA GENERAL DE LA PLANTA.-

La justificación de un departamento de Ing. de mantenimiento en una fábrica es asegurar la disponibilidad de máquinas, edificios y servicios que se necesitan en otras dependencias para desarrollar sus funciones; asimismo debe coincidir con las actividades de la fábrica en la obtención de la mas alta productividad por lo que el departamento de ingeniería de mantenimiento debe ser considerado como una parte importante de la fábrica.

Las condiciones mínimas para que el departamento de ing. de mantenimiento cumpla sus funciones deben ser:

Debe ser considerado como un factor económico; porque de él depende la conservación y buen rendimiento de las máquinas como también una buena producción con un mínimo costo de fabricación sin sacrificar la eficiencia y seguridad del trabajador.

- Debe tener su propio presupuesto para resolver cualquier problema de reparación, adquisición de repuestos, contratación de algunas empresas de servicios para solicitar su asesoramiento y/o implementación de equipos con el fin de mejorar la eficiencia de las máquinas, realizar estudios sobre proyectos de ampliaciones en la fábrica, etc, en un período determinado.
- Debe reportar a Gerencia general tratando de mantenerla bien informada de las tareas de coordinación y control de todas las actividades importantes de la planta con una máxima efectividad.
- La fábrica por ser de tamaño mediano el departamento de mantenimiento debe ser

centralizado con sus funciones obligaciones propias ya que de esta forma el personal de mantenimiento sera transferido de inmediato a las diversas áreas que requieran sus servicios y habrá una una mejor supervisión.

- Debe mantener una reunión semanal con el departamento de producción para discutir y analizar los problemas que surjan, esto es por ejemplo; algunas fallas las fechas para su inspección, en caso de que haya la necesidad de parar la máquina por motivo de producción, programar las reparaciones urgentes que se tenga que hacer en ese tiempo, etc.

- Debe participar en los programas de producción, esto es: como se dijo anteriormente el departamento de producción tiene que hacer algunos trabajos como por ejemplo limpieza del sistema, cambios de tela de la mesa plana, cambios de fieltros, cambios de lonas, en estos tiempos, el departamento de mantenimiento tiene opción para estimar los tiempos necesarios para hacer las reparaciones que se consideren de

emergencia y/o urgentes.

- Debe tener acceso a contabilidad por medio de reportes los cuales indicaran los costos de combustibles, energía eléctrica, repuestos, mano de obra, etc. Las cuales se traducirán en índices referenciales.

- Debe **participar** en las nuevas adquisiciones de máquinas.

- Debe disponer de una información técnica completa de los trabajos de mantenimiento de cada máquina o equipo instalado. Si es preciso, en casos especiales, pueda recurrir a asesoramiento técnico especializado. Por otro lado, pueda recurrir a talleres externos en donde se realicen las reparaciones y/o fabricación de piezas que no se puedan realizar en los talleres de la fábrica.

- Debe tener injerencia directa con su personal sin que entorpezca las relaciones con el departamento de personal, esto es por ejemplo: su selección, en casos especiales

cuando se requiera los servicios de los trabajadores, por motivo de reparación de las máquinas y estos estén de vacaciones se los contrate en forma extra, planifique el rol de vacaciones de los trabajadores, sus permisos, la capacitación de los mismos, etc.

- Debe tener acceso, orden y control de repuestos disponibles en almacén.

5.1.2. CONSIDERACIONES ORGANIZATIVAS.-

Toda empresa debe tener en mente los principios generales de administración que formuló Henry Fayol, los cuales son:

- División del trabajo; consistente en la especialización necesaria para la eficiencia en el uso de la fuerza de trabajo.
- Autoridad y responsabilidad, las que están relacionadas. Concibe la autoridad como una combinación, que se deriva de la posición del administrador y de sus características personales, compuesta de inteligencia,

experiencia, valores morales, etc.

- **Disciplina.-** Consiste en el respeto por los reglamentos y convenios encaminados al logro de la obediencia, aplicación, energía y demás signos distintivos del respeto. La disciplina requiere de buenos superiores a todos los niveles.

- **Unidad de mando.-** Refiere a que los empleados deberían recibir órdenes solamente de un superior.

- **Unidad de dirección.-** Refiere a que cada grupo de actividades con el mismo objetivo debe tener un director y un plan.

- **Subordinación del interés individual al general,** si estos dos tipos de intereses difieren, el administrador debe reconciliarlos.

- **Remuneración.-** La remuneración y los métodos de retribución deben ser justos para satisfacción de trabajadores y empresarios.

Centralización.- Sin emplear el término "centralización de autoridad", las circunstancias individuales determinarán el grado de "centralización el mejor rendimiento general".

- Jerarquía de Autoridad.- Esto es como una "cadena de autoridad", la cual va desde los rangos mayores hasta los menores y aunque no debe ser estructurada a niveles innecesarios de detalle, sí debería hacerse a través de tramos más bien cortos.
- Orden.- Este es esencialmente un principio de organización, para el arreglo y ordenamiento de cosas e individuos.
- Equidad, lealtad y dedicación deberían inculcarse al personal mediante una combinación de benevolencia y justicia por parte de los administradores al tratar con los subordinados.
- Estabilidad en la tenencia de un cargo o puesto.- Encontrando la innecesaria rotación, por ser tanto causa como el

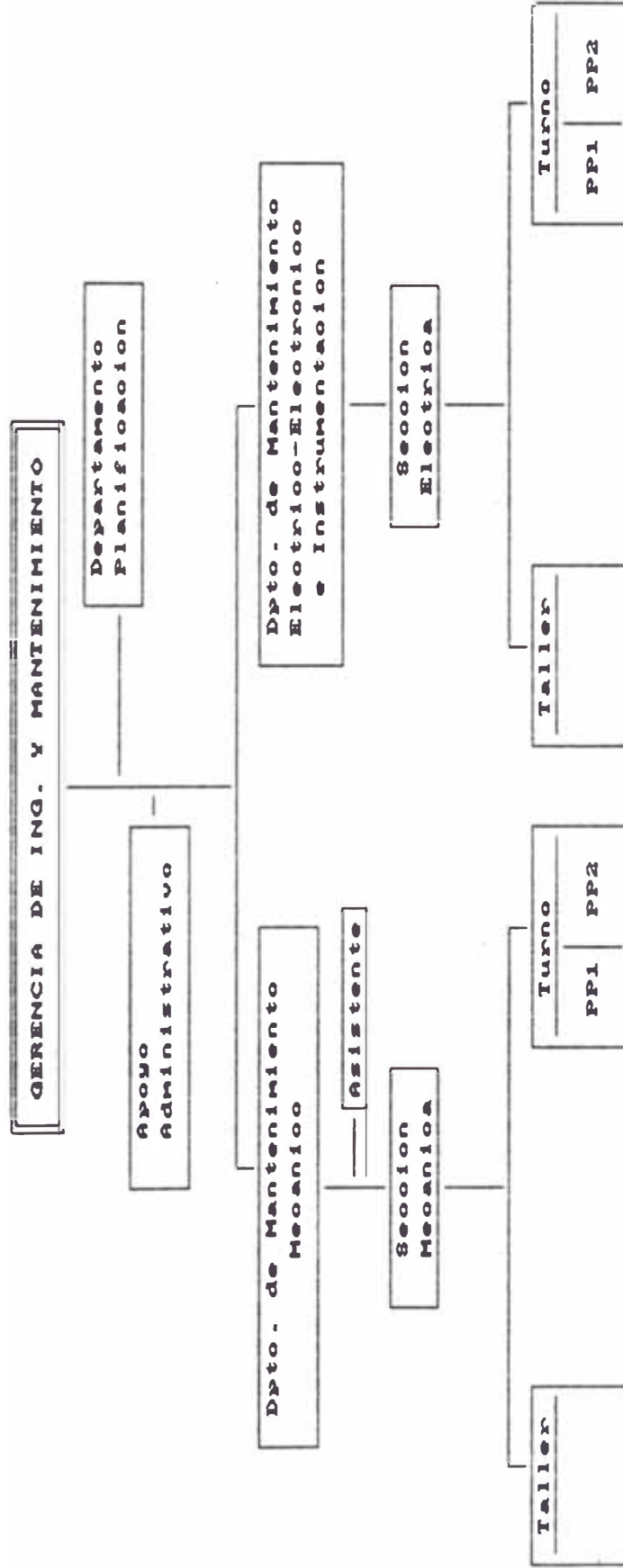
efecto de una mala administración.

- **Iniciativa.**- La **iniciativa** se concibe como el diseño y ejecución de un plan. Precisamente por ser una de las "más sutiles satisfacciones que el hombre inteligente puede experimentar".

Espíritu de grupo.- Este es el principio de la "unión hace la fuerza" y también una extensión del de unidad de mando y subraya la necesidad del trabajo de equipo, así como la importancia de la comunicación para obtenerlo.

Por **otro** lado teniendo en cuenta que los elementos de la administración son sus funciones, las que son: planeación, organización, dirección, liderazgo, integración y control. Planteamos el siguiente organigrama:

**ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE
MANTENIMIENTO**



Si comparamos el organigrama actual con el propuesto observamos que se ha modificado la Oficina Técnica por la Sección de Planificación, asimismo se ha incrementado la Oficina de Apoyo Administrativo; también se ha incrementado el personal de turno tanto en el Departamento de Mantenimiento Mecánico como en el Departamento de Mantenimiento Eléctrico.

El departamento de planificación desempeñará la función administrativa más importante, puesto que incluye la selección de objetivos de las estrategias políticas, programas y procedimientos alternativos futuros de acción. Este departamento recepcionará datos necesarios para elaborar cuadros estadísticos referentes a horas-hombre empleadas, horas programadas de mantenimiento, horas-hombre de sobretiempo, horas paradas por reparaciones, stock de repuestos materiales, etc., disponiendo de esta forma cualquier información referida al departamento de mantenimiento, la que a su vez debe ser proporcionada a Gerencia. El departamento debe ser dirigido por un Ing. capacitado para ello, debe tener un asistente que tenga los conocimientos necesarios.

Por otro lado el objetivo de la oficina de apoyo administrativo es de agilizar la relación de los demás departamentos tanto internos (del de mantenimiento) como con los otros departamentos de la fábrica. En esta oficina se encuentra un inspector de máquinas, quien debe ser un Ing. o una persona que conozca y sepa todo lo referente al funcionamiento de las máquinas, sus reparaciones, manejo de instrumentos, mecánicos y eléctricos, etc., el cual será el nexo de los departamentos mecánico y eléctrico y de producción. También debe haber un dibujante; asimismo una secretaria quien recepcionará y/o escribirá los documentos necesarios del departamento de Ing. de mantenimiento.

Con respecto al incremento del personal de turno en las secciones de mantenimiento mecánico y eléctrico se hace esto para asegurar el funcionamiento de las dos plantas papeleras ya que cuando en el supuesto de que una planta esté en reparación y en la otra surjan problemas mecánicos y/o eléctricos se tenga la disponibilidad de personal necesario para resolver dichos problemas en el menor tiempo posible.

5.1.3. CONSIDERACIONES ADMINISTRATIVAS.-

Toda organización para poder desempeñarse y lograr sus objetivos debe tener ciertas normas que rijan su funcionamiento, asimismo es de importancia que su estructura formal establecida, no genere una relación burocrática que entorpezca sus operaciones por lo que debe existir líneas de autoridad y responsabilidades.

En el caso del departamento de mantenimiento tiene funciones que pueden ser primarias secundarias.

FUNCIONES PRIMARIAS.-

Mantenimiento del equipo existente en la planta.

Mantenimiento de los edificios existentes en la planta y de las construcciones.

- Inspección y lubricación de equipos.
- Producción y distribución de piezas.

Modificaciones al equipo y edificios existentes.

- Nuevas instalaciones de equipos y edificios.

FUNCIONES SECUNDARIAS.-

- Almacenamiento de repuestos.
Disposición de desperdicios
- Recuperación de residuos
Administración de seguros
- Contabilidad de bienes
- Eliminación de contaminaciones y ruidos
- Cualquier otros servicios delegados al departamento de Ing. de mantenimiento por la administración de la planta.

Asimismo tiene responsabilidades tales como:

- Trabajo de ingeniería de mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones y reemplazos de equipos.
- Generación y distribución de energía a otros servicios.
- Administración y supervisión de grupos técnicos.
- Trabajo de ingeniería y supervisión de proyectos de construcción, dentro del alcance de este grupo.
- Administración de otros equipos de servicio delegados al grupo.
- Consulta técnica sobre problemas mecánicos de supervisión de la producción.
- Proporcionar protección adecuada contra

incendio de la planta incluyendo contactos con los representantes de las compañías de seguros contra incendio.

Establecimiento y mantenimiento de registros adecuados que se refieran a aspectos de llevar y contabilizar.

El equipo de la planta y demás bienes por otro lado para evitar la confusión y conflictos posibles que pueden surgir del entrecruzamiento de autoridad se describen algunas de las obligaciones y responsabilidades de los conductores de los diferentes departamentos del departamento de ingeniería de mantenimiento.

I. GERENCIA.- Dirigido por un ingeniero, su función es administrar el departamento de ingeniería de mantenimiento cuyas obligaciones y responsabilidades son:

Obligaciones:

- Organización del departamento de Ing. de mantenimiento comprendiendo la selección del personal, administración de salarios, aprobación de promociones y estándares de ejecución.

- Promover y aprobar todos los programas de adiestramiento.
- Interpretar todas las políticas administrativas relacionadas con la organización para promover relaciones obrero-patronales estables.
- Promover un programa efectivo de seguridad destinado a garantizar condiciones seguras de trabajo.

Responsabilidades:

- Seleccionar y dirigir la instalación de controles necesarios para asegurar los costos mínimos de mantenimiento para lograr la máxima eficiencia de operación.
- Mantener contacto activo con las operaciones la administración, en relación con las funciones del departamento de ingeniería de mantenimiento y las relaciones con los otros departamentos.
- Revisar todas las adiciones en la planta o cambios para promover la aplicación de mejores técnicas de ingeniería en relación con las operaciones de la planta.

II. DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION.-

Dirigido por un ingeniero, su función es ayudar en la aplicación y utilización de los procedimientos más efectivos para la ejecución de trabajos de mantenimiento y construcción. La aplicación del mejoramiento de métodos, herramientas, y mantenimiento preventivo, y el establecimiento de registros y elaboración de los **análisis** para indicar las medidas correctivas que son necesarias.

Obligaciones:

- Ayudar en la aplicación del sistema de órdenes de trabajo para satisfacer las necesidades de la fábrica y establecer una forma de control de los retrasos para cubrir todas las necesidades de la fábrica.
Desarrollar un programa de planeación **previa** y métodos de trabajo que cubran todas las requisiciones de trabajo.
- Desarrollar un programa de estandarización de puestos que incluya métodos, herramientas, materiales y técnicas.
- Analizar todos los costos de mantenimiento por departamentos de operación y establecer **relaciones gráficas** entre costos de

producción costos de mantenimiento
directos, indirectos y generales.

- Ayudar en el establecimiento y aplicación de todos los programas de adiestramiento, para el personal de mantenimiento.

Responsabilidades:

Programar proyecciones diarias y semanales de todo el mantenimiento y construcciones.

- Investigar todos los trabajos de emergencia, de servicio a las operaciones y tareas indirectas.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya todo el equipo de operación y edificios.
- Establecer costos directos, indirectos y generales un control presupuestal utilizando dichos costos.
- Desarrollar un programa de mejoramiento que incluya las herramientas y talleres.

III. OFICINA DE APOYO ADMINISTRATIVO.-

Dirigido por un ingeniero o una persona capacitada cuya función básica es determinar a través de la inspección, la necesidad de todas las reparaciones de mantenimiento o reemplazo.

Obligaciones:

- Listar todo el equipo y accesorios necesarios para las inspecciones establecer programas y frecuencias con la aprobación de los departamentos de planeamiento, mecánico, eléctrico y de producción.
- **Enviar** órdenes de trabajo, solicitando reparaciones mayores a los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico para su ejecución.
 - Mantener contacto estrecho con el empleo de programación para mantener el programa al día.

Responsabilidad:

- Determinar que parte de la maquina se va a inspeccionar y establecer un sistema de registros de las condiciones observadas en las que se encuentran las maquinas y su frecuencia.

IV. DEPARTAMENTOS DE MANTENIMIENTO MECANICO Y ELECTRICO.-

Dirigido por un ingeniero **cuya función es** administrar y coordinar todas las actividades **del trabajo general de mantenimiento.**

Obligaciones:

- A través de los datos informativos controlar la aplicación de los costos directos, indirectos y generales de mantenimiento, controlar sistemas y costos departamentales y unitarios.
- Por medio de la clasificación del trabajo y de los grupos de trabajo, controlar la distribución del personal de mantenimiento. A través de informes, estar en contacto con el personal de supervisión y con otros grupos. Guiar en forma activa y hacer las correcciones necesarias en unión de:
 - Distribución de taller, herramientas y requerimientos de equipo.
 - Fabricación de piezas.
 - Control de inventario de materiales de mantenimiento.
 - Reparaciones y su pronóstico.
 - Control de desperdicio.
 - Calidad de trabajo.
 - Ayudar en la formulación y aplicación de programas de capacitación como también en la promoción de los trabajadores.
 - Ayudar activamente en el establecimiento.

revisión y aplicación de todos los programas de seguridad y revisar todos los informes de seguridad.

- Mantener contacto activo con las actividades de su personal de supervisión a través de juntas o en alguna otra forma.

Responsabilidades:

- Es responsable de la organización y funcionamiento de la organización general del mantenimiento y de la coordinación de las actividades del taller y campo.
- Apoyar en forma activa e iniciar programas para el mejoramiento de los métodos y de los costos del trabajo de mantenimiento.
- Introducir las últimas técnicas en relación con la electrónica o los últimos tipos de control eléctrico.

5.2. POLITICAS DE OPERACION.-

5.2.1. SOBRE TRABAJOS.-

A.- CLASIFICACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO .-

Clasificar el trabajo segun el tipo de

actividad simplifica el control de costos de mantenimiento para lo cual asignaremos dos dígitos para designar una actividad, esto es:

01.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.- Lo que

comprende:

- a.- Inspecciones y ajustes
- b.- Lubricación (aceitar y engrasar)
- c.- Cambio de piezas deterioradas y efectuar reparaciones menores que resulten del mantenimiento preventivo.

02.- REPARACIONES.- Comprende:

- a.- Emergencia
- b.- Urgencia
- c.- Habituales, sustituciones de piezas que no son del resultado del mantenimiento preventivo.
- d.- De rutina en edificios, patios e instalaciones de servicio.

03.- REVISION MAYOR.- Comprende:

- a.- Renovación de maquinaria y equipos.
- b.- Renovación de edificios, patios e instalaciones.

04.- CONSTRUCCIONES NUEVAS.- Comprende:

- a.- Modificaciones en maquinaria y equipos instalados o adiciones a estos.
- b.- Modificaciones en edificios, patios e instalaciones de servicio o adiciones a estos.
- c.- Instalación de nueva maquinaria o equipo.
- d.- Edificación de nuevos edificios, patios e instalaciones de servicio.

05.- SEGURIDAD.- Comprende:

- a.- Construcción, instalación o alteraciones que signifiquen una mayor seguridad.

06.- FABRICACION.- Comprende:

- a.- Fabricación de piezas o equipo empleado para reparaciones, renovaciones o construcciones.
- b.- Construcción de piezas o unidades empleadas en forma directa en la elaboración de los productos de la fábrica.

La clasificación contribuye a un rápido

análisis de los costos, ya que separa los costos reales de mantenimiento, de las actividades no relacionadas con la conservación del buen estado de la maquinaria, equipos e instalaciones de servicio existente.

Esta clasificación no proporciona el costo por máquina.

B.- OPTIMIZAR LA FUERZA DE TRABAJO.-

Se refiere a determinar cuantas horas-hombre a la semana o mensual son necesarias para realizar los diferentes trabajos planificados de mantenimiento para esto es necesario hacer un estudio de tiempos y movimientos de todos los trabajos de mantenimiento. Este estudio comprende dos aspectos definidos uno el humano y otro el técnico.

El humano se refiere a las condiciones físicas del operario. Esto es, la velocidad, habilidad, etc., en que realiza el trabajo. Con respecto al aspecto técnico se refiere al grado de instrucción, capacitación, experiencia y práctica del operario para realizar las tareas. De todo estudio de

tiempos y movimientos se derivan otros parámetros importantes para mejorar la eficiencia del mantenimiento, esto es, la determinación de tiempos perdidos por falta de materiales, necesidad de herramientas, instrumentos y/o equipos, lo que disminuirá los costos en mantenimiento. Una vez estandarizados los tiempos de las diferentes tareas que se realizan en mantenimiento se procede a programar el personal necesario para realizar las actividades de mantenimiento.

De toda la fuerza laboral se recomienda usar el 90% dejando la diferencia en reserva. Se puede usar el diagrama de GANTT como ayuda.

5.2.2. SOBRE PERSONAL.-

Con el trabajo simultáneo de las dos máquinas papeleras, la máquina de estucado y demás **máquinas**, se requiere incrementar el personal de turno por lo que se plantea el incremento de 1 mecánico y 1 electricista capacitados y con la experiencia que se requiera por cada turno. Hecho este incremento, se asignará el cuidado de las diferentes máquinas.

Por otro lado el personal de mantenimiento puede ser agrupado de acuerdo a:

1.- TIPO DE PERSONAS:

Estables.- Este grupo lo conforman los trabajadores propios de la fábrica.

Contratados.- Conformado por trabajadores que tienen un contrato de trabajo por un tiempo determinado.

2.- SE LOS CLASIFICARA POR SU NIVEL TECNICO, PREPARACION, EXPERIENCIA, DISPONIBILIDAD.

Estos agrupamientos servirán para realizar las promociones, entrenamientos y capacitaciones correspondientes, asimismo para hacer la comparación de la fuerza laboral disponible con la fuerza laboral necesaria.

CAPACITACION.-

Debido a que continuamente el avance tecnológico se hace más complejo es necesario que los trabajadores se actualicen para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la fábrica. Para lograr dichos objetivos es menester crear y/o difundir el espíritu de superación en el trabajador por medio de cursillos de capacitación dentro o fuera de la fábrica, con esto la fábrica se beneficiara porque contará con un personal más capacitado y eficiente en la ejecución de los trabajos. Estos beneficios se traducen en menores tiempos empleados en las reparaciones, mejores criterios en instalaciones y/o reparaciones, mejor disponibilidad de personal, menores horas-hombre empleados, etc. Por estas razones es conveniente planificar un programa de adiestramiento de las diferentes especialidades. Estos programas de adiestramiento se pueden realizar en las

siguientes formas:

- Una forma más común y económica es nombrar un ayudante (nuevo en el trabajo) a un trabajador de experiencia y conocedor de los equipos de la fábrica.

Otra forma es organizar cursillos dentro de la fábrica que sean dictados por un ingeniero o técnico con los conocimientos técnicos requeridos según la especialidad (mecánicos-electricos, electrónicos).

- La otra forma es la externa; esto es, enviar a los trabajadores a centros de capacitación (Universidades, institutos, SENATI, etc.) según su grado de instrucción, su disponibilidad, su empeño, el puesto que desempeña, requerimiento de trabajo de la fábrica, etc.

5.2.3. SOBRE TURNOS DE TRABAJO.-

El buen funcionamiento de un departamento de ingeniería de mantenimiento se basa en la planificación organización, programación y

control de las tareas, trabajos realizados y por realizar. Por este motivo se deben clasificar los trabajos de acuerdo a su magnitud que pueden ser pequeños o de rutina como por ejemplo lubricación, purgas de filtros del sistema de aire comprimido, verificación del buen funcionamiento de los equipos, maquinas y de los sistemas de aire, de vapor, hidráulico, etc., y grandes o complicados como la reparación de bombas centrifugas, bombas de vacío, refinadores, cambio de rodamientos de cilindros secadores, etc. Asimismo los trabajos pueden ser clasificados de acuerdo a las circunstancias de operación de las máquinas que pueden ser de emergencia por ejemplo si un refinador falla se by-pasea dicho refinador hasta que sea reparado luego entra en operación y de corrección por ejemplo las bombas de vacío están conectadas una red de tuberías en el caso de que una bomba falle se abren y cierran determinadas válvulas para hacer trabajar a otra bomba hasta que la que falló sea reparada. De acuerdo lo expuesto es recomendable planificar un programa de trabajos de la fuerza laboral como mínimo para una semana, de acuerdo prioridades teniendo posibilidad de variación a diario. Por ejemplo construcciones metálicas (soportes, bases para motores, etc)

reparaciones de equipos (refinadores, bombas, cambio de rodamientos de motores, refinadores, bombas, etc). Recuperación de piezas de equipos en desecho.

Por otro lado se debe tener en cuenta las horas-hombre necesarias para ejecutar dichos trabajos, el momento adecuado para realizar el trabajo, el personal más idóneo, la disponibilidad de partes, equipos y cualquier requisición especial con la coordinación con los programas de producción o con el personal.

Cuando se tenga que realizar trabajos en las plantas papeleras se debe coordinar con el departamento de producción.

Cuando se tenga que realizar trabajos complicados por ejemplo, alineamiento de rodillos de las alisadoras, cambio de rodamientos de los cilindros secadores, se los debe hacer en el día por tener mejor disponibilidad de personal, partes y equipos.

Para los turnos nocturnos se debe programar sólo trabajos de prioridad o de emergencia por

ejemplo cambios de tuberías o válvulas, ya que el personal a estas horas no tiene el mismo rendimiento que los de día, por diferentes razones tal como no haber descansado en el día, etc.

5.2.4. SOBRE TIPOS DE MANTENIMIENTO.-

Toda fábrica dispone de maquinaria, instalaciones y edificios los cuales con el uso pierden su capacidad operativa por lo que debe existir una labor de mantenimiento para tratar de conservar sus condiciones operativas iniciales.

Con respecto a la maquinaria está diseñada para una producción determinada la cual no debe modificarse por su operación, si tomamos en cuenta el aspecto rentable, vemos que su máxima eficiencia se realizará si trabaja ininterrumpidamente durante el período de vida útil de operación de dicha máquina. Para conseguir esto es necesario contar con las características técnicas y operativas de dicha máquina, pudiendo de esta forma planificar su mantenimiento (mantenimiento planificado), de lo contrario la máquina trabajará sin ningún

control hasta que falle por alguna razón y en este momento se la va a reparar (mantenimiento no planificado).

Se ha ideado varias formas de mantenimiento para tratar de conseguir las óptimas condiciones operativas de maquinarias, equipos y/o edificios.

- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.-

Se lo puede definir como la conservación planeada de fábrica y equipos, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones de mal operación de los equipos y accesorios. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva producto de negligencias.

Un programa de mantenimiento preventivo debe realizar inspecciones periódicas de las instalaciones y equipos para detectar pequeñas fallas que pueden ocasionar grandes fallas y un mantenimiento para remediar con anticipación situaciones que puedan provocar graves daños.

La implantación de un Programa de

Mantenimiento Preventivo da como consecuencia ventajas económicas, las que se traducen en:

- Menor tiempo perdido por menor número de fallas.
- Mejor conservación y duración de máquinas y equipos, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de horas-hombre **extras** de trabajo y una utilización mas económica de trabajadores de mantenimiento debido a un programa establecido.
- Menos reparaciones a gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y **de rutina**.
- Menor costo por reparación, ya que si una parte falla en servicio, esta falla puede provocar otra falla en otro lugar.
- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios.
- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento, más minucioso, mejor capacitación del operador o **bien** el reemplazo de maquinas antiguas.
- Mejores condiciones de seguridad.

El Programa de Mantenimiento Preventivo se debe implantar poco a poco ya que es necesario hacer ciertos reajustes o correcciones conforme transcurre el tiempo y opera la máquina. Los beneficios se obtendrán después de un cierto tiempo hasta que quede bien establecido

MANTENIMIENTO CORRECTIVO.-

Esta forma de mantenimiento consiste en llevar un registro de fallas, en donde se anota el número de fallas ocurridas en una determinada parte, accesorio o equipo de una máquina, asimismo el tiempo transcurrido en que ocurre la falla, después de un análisis de estos datos, se llegará a la conclusión de hacer las reparaciones y/o cambios de accesorios necesarios. De esta forma se estima el período de operación de una máquina sin requerimiento de paradas por fallas.

El Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo se complementan por lo que las industrias generalmente los llevan y aplican en sus instituciones.

- MANTENIMIENTO TECNICO O INDUSTRIAL.-

Esta forma de mantenimiento consiste en coincidir con las otras actividades de la industria en la obtención de la más alta productividad. Los conceptos, de general aplicación en cualquier actividad industrial se los puede resumir en:

El mantenimiento debe ser considerado como un factor economico de la empresa.

El mantenimiento debe ser planificado eliminando la improvisación. Se debe contar con un programa de mantenimiento anual basado en el costo real de reparaciones de cada máquina.

Se debe **disponer** de un equipo de mantenimiento especializado con funciones dentro del organigrama de servicio.

- La calidad de la "reparación" no debe ser sujeta a urgencias, salvo consciente decisión de los responsables del servicio de mantenimiento en casos excepcionales.
- Debe **existir** una información técnica completa en relación con los **trabajos de** mantenimiento de cada máquina.
- Las actividades y costos de mantenimiento deben **traducirse** en índices de referencia y

comparacion, pudiendo de esta forma analizar la gestión del servicio de mantenimiento en la industria.

- El Mantenimiento en la Industria debe basarse por igual en:
 - Elección y distribución del personal especializado.
 - Creación y control de un taller propio para atender las reparaciones.
 - Orden y control de existencias del almacén de repuestos.
 - Programación Técnico-Económica, incluyendo la recogida de datos estadísticos y técnicos.

Como se observa esta forma de mantenimiento es similar al Mantenimiento Preventivo, su diferencia es sólo una denominación.

- MANTENIMIENTO PERIODICO.-

Esta forma de mantenimiento está básicamente regido por el periodo de producción, esto es: después de realizar un programa de producción determinado, las máquinas se las somete a un programa de mantenimiento que consiste en

reparación y/o cambio de accesorios y piezas. Este programa puede realizarse cada cuatro, seis meses o un año, este tiempo se determinará según el ritmo de trabajo de las máquinas.

MANTENIMIENTO MEJORATIVO.-

Esta forma de mantenimiento tiene los mismo principios que el mantenimiento preventivo pero con criterios y objetivos más exactos, lo que demanda mayor dedicación y mayores gastos para disponer de esta forma de mantenimiento.

- MANTENIMIENTO INSPECTIVO.-

Consiste en realizar inspecciones regulares los equipos, a través de estas inspecciones se detectan las fallas que presentan las máquinas para luego elaborar un programa de reparaciones. Como se observará esta es una parte del mantenimiento preventivo.

- MANTENIMIENTO CENTRALIZADO.-

Este mantenimiento consiste en que todo el mantenimiento está controlado dirigido por una oficina central. El personal de mantenimiento es transferido a las diversas áreas que requieran sus servicios. Esta forma

de mantenimiento se aplica en las fabricas de tamaño pequeño y mediano ya que está dirigido por un gerente de mantenimiento quien trabaja en estrecha relación con el gerente de produccion.

- MANTENIMIENTO DESCENTRALIZADO.-

Este mantenimiento es aplicado en fábricas de gran tamaño ya que está dividida (la fábrica) en áreas en la que cada una tiene su personal propio de mantenimiento. Esto se hace porque generalmente este personal esta dirigido por el personal de producción, asimismo la oficina de mantenimiento y talleres están próximos a las áreas de producción que sirven para mayor eficiencia y economia. En casos especiales personal de producción es utilizado como refuerzo del personal de mantenimiento. El personal de mantenimiento es eficiente dentro de su área por conocer las máquinas de su área, mas no, si los derivan a otras áreas.

Para aplicar esta forma de mantenimiento es necesario usar controles rígidos, ya que de lo contrario se generarían problemas complejos en la administración. Esto se lo podría considerar como si en la fábrica hubiera varias fábricas

pequeñas con su personal propio.

RESUMEN.-

De todos los tipos de mantenimientos mencionados se plantea aplicar el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento centralizado por ser los mas aplicables a las condiciones de la fábrica.

5.2.5. SOBRE FUNCIONES Y OBLIGACIONES.-

Respecto a las funciones y obligaciones del departamento de mantenimiento ya se mencionó en el **acápite** 5.1.3 consideraciones administrativas.

5.2.6. SOBRE SEGURIDAD.-

El departamento de mantenimiento debe tener una amplia participación al hacer que la fábrica sea segura y que se pueda trabajar en ella.

El departamento de mantenimiento no sólo es **responsable de la seguridad de su personal** sino que por definicion **tambien** se responsabiliza

por proporcionar salvaguardas mecánicas y de mantener el equipo y los servicios en condiciones seguras de operación.

El personal del departamento de mantenimiento realiza sus labores mayormente fuera del taller y en forma no repetitiva por lo que requiere en todo momento de equipo de guarda y de otros instrumentos de seguridad, asimismo debe tener su pensamiento en su seguridad ante imprevistos.

El equipo de seguridad mínimo con el que debe contar es casco, zapatos industriales, en el caso de los soldadores máscara de soldar, guantes de cuero, mandil de cuero, los torneros deben tener lentes, guantes de cuero, mandil de cuero. Si se va a esmerilar alguna pieza se lo debe hacer con lentes. Los electricistas deben tener un multitester, piloto, pinza amperimétrica o algún instrumento detector de corriente y/o tensión, debe contar con herramientas debidamente aisladas y apropiadas.

Por otro lado se debe implementar un topico de primeros auxilios ya que tanto el personal

de mantenimiento como el de producción son en mayor número y los más propensos a sufrir accidentes.

También debe implementarse un sistema de señalización para poner en alerta al trabajador de los lugares de peligro, tránsito, extinguidores, reparaciones, etc.

5.3. INFORMES DE MANTENIMIENTO.-

Los trámites administrativos en el mantenimiento son de suma importancia ya que deben coincidir con el plan operativo del departamento tratando de que estos sean los más simples y concretos, de esta forma se dispondrá de los medios claros y precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos, computar tiempos, materiales costos, saber qué acciones tomar para reducir al mínimo el costo de mantenimiento, el tiempo de parada de máquinas, asimismo poder comparar los resultados con lo planeado y programado.

La documentación tiene las siguientes funciones:

- La importancia y variedad de los informes de

mantenimiento la gerencia y otros departamentos dependen de su valor como contribución al objetivo de transmitir información útil.

Mantener informado al gerente de las actividades realizadas por el departamento, pudiéndose él de esta forma controlar la parte a su responsabilidad corresponde.

Asegurar que haya un debido control al autorizar los gastos.

Distribuir los costos de mantenimiento en las diferentes máquinas.

5.3.1. DE PRIORIDAD.-

Los informes de prioridad se envían a la gerencia de la planta para indicar las condiciones con que se están llevando a cabo los trabajos de mantenimiento en coordinación con el departamento de producción. Estos informes generalmente incluyen datos de las horas extras empleadas en mantenimiento. El objetivo es mejorar la efectividad del trabajo de

mantenimiento programado.

En este informe se indica el resumen de trabajos requeridos clasificándolos de acuerdo a su prioridad, por lo que se clasifican en tres tipos:

- DE EMERGENCIA.-

Estos trabajos deben realizarse inmediatamente, para:

1. Corregir peligros extremos de la seguridad.
2. Prevenir pérdidas de producción.
3. Prevenir averías mayores en las máquinas y equipos.

El trabajo de emergencia es un trabajo costoso, sin beneficio para la planeación y programación. Es muy importante conocer las horas no planeadas, dicho dato servirá para hacer un análisis económico: ya que se podría dar el caso de que se gaste más de lo que se ahorre.

Análisis realistas determinarán el número de horas de emergencia necesarias

mantenimiento programado.

En este informe se indica el resumen de trabajos requeridos clasificándolos de acuerdo a su prioridad, por lo que se clasifican en tres tipos:

- DE EMERGENCIA.-

Estos trabajos deben realizarse inmediatamente, para:

1. Corregir peligros extremos de la seguridad.
2. Prevenir pérdidas de producción.
3. Prevenir averías mayores en las máquinas y equipos.

El trabajo de emergencia es un trabajo costoso, sin beneficio para la planeación y programación. Es muy importante conocer las horas no planeadas, dicho dato servirá para hacer un análisis económico; ya que se podría dar el caso de que se gaste más de lo que se ahorre.

Análisis realistas determinarán el número de horas de emergencia necesarias

para la planta. El trabajo de emergencia expresado como porcentaje del total de horas-hombre de semana a semana indicara ganancias o pérdidas en la efectividad del mantenimiento. El control del trabajo de emergencia es una responsabilidad conjunta de mantenimiento y producción.

- URGENTES.-

Estos trabajos deben ser programados para ser realizados dentro de las 24 horas después de ser recepcionada la orden, los que deben ser terminados lo antes posible, son programados para:

1. Prevenir pérdidas de producción.
2. La realización de actividades del mantenimiento correctivo.

- NORMAL.-

Constituye la mayor parte de los trabajos de mantenimiento (preventivos y correctivos) como por ejemplo revisión del buen funcionamiento de las bombas, refinadores, rodamientos, sistemas de aire comprimido, sistema hidraulico, calderas, y demás equipos y son programados para ser realizados después de las 48 horas de la

recepcion de la orden. Estos trabajos se programan considerando la disponibilidad de la fuerza laboral de mantenimiento para su utilización maxima y en coordinación con el departamento de produccion.

5.3.2. DE PRONOSTICO DE MANO DE OBRA.-

El pronóstico de la mano de obra es un instrumento del departamento de mantenimiento por medio del cual controla en forma total a su personal. Con este informe el departamento equilibra su fuerza laboral y la carga de trabajo, asimismo divide las horas-hombre programadas según los tipos de trabajos de mantenimiento.

Este informe va dirigido al gerente general de la fábrica, su objetivo es permitir la planeación y comparación de la fuerza laboral disponible.

El pronóstico de mano de obra consiste de un gráfico en papel milimetrado que tiene como abscisa el tiempo (1 año) dividido en semanas y como coordenada el número de trabajadores. De

acuerdo al programa, se calcula el número de trabajadores necesarios para realizar los trabajos, esto se lo grafica.

Por otro lado se graficará el número de personal que intervino en dichos trabajos, según los reportes semanales de los trabajadores.

Estos reportes son importantes porque sirven de referencias visuales pasadas (archivo) del requerimiento de personal y a la vez ayudará a planificar la necesidad de mano de obra para el futuro. La experiencia y juicio del encargado de planeamiento juegan una parte muy importante en la exactitud del pronóstico de mano de obra.

Estos informes indican:

1. Programas futuros de mantenimiento.
2. Por medio de estos informes se indica la necesidad de mano de obra y como normalmente se lo grafica para un año de anticipación se podrá planificar los periodos de vacaciones de los trabajadores o requerimiento adicional de personal.
3. Este informe se debe emitir mensualmente.

5.3.3. DE RETRASO O ADELANTO DEL PROGRAMA.-

Todos los trabajos realizados por el departamento de mantenimiento deben llevarse acabo de acuerdo un programa; pero por razones imprevistas se puede alterar este programa, por cuyo motivo se debe comunicar estos adelantos o retrasos del programa, para hacer los análisis correspondientes.

Estos informes deben ser dirigidos a la gerencia general de la fábrica y a la gerencia de producción, su objetivo es medir la efectividad de planeación y programación de los trabajos hechos por el departamento.

Estos informes indican:

1. Las horas-hombre programadas por grupos, como cantidad total y como porcentaje de las horas-hombre disponibles.
2. Se indican y comparan las horas-hombre programadas con las horas-hombre realmente trabajadas.
3. Indican el porcentaje de las órdenes de trabajo que no se han podido realizar o se piensa adelantar.
4. Permiten comparar las requisiciones de

tiempo con la terminación de los trabajos.

5.3.4. DE ACATAMIENTO.-

Los trabajos de mantenimiento tienen un programa de realización, los cuales deben ser registrados, si se han ejecutado o no.

Estos informes son dirigidos a la gerencia general de la fabrica, su objetivo es mejorar y controlar la efectividad del departamento de mantenimiento. A través de estos informes se indica el porcentaje de las órdenes de trabajo que se ha acatado, explicando las razones.

Los trabajos de emergencia, las estimaciones incorrectas y las circunstancias, reducen el porcentaje de acatamiento. Un porcentaje aceptable está entre el 85% y 90% La importancia de este porcentaje se encuentra en la acción correctiva, la que a su vez, depende de las causas de no acatamiento, sobre la base de un obrero en relación con la orden de trabajo.

Estos informes deben ser emitidos cada 3 meses.

5.4. RELACIONES CON OTROS DEPARTAMENTOS DE LA FABRICA.-

Toda fábrica cuenta con departamentos que desempeñan una función específica, los cuales tienen los mismos objetivos, estos objetivos se manifiestan en disponer de un buen mantenimiento de máquinas, equipos e instalaciones, una buena productividad, disponibilidad de personal necesario, un buen control de calidad, bajos costos de producción, disponibilidad de repuestos y materiales.

Estos departamentos están relacionados principalmente con el departamento de mantenimiento por ser el centro de los demás ya que es éste departamento quien les brinda todos los servicios necesarios para su buen desempeño como también su seguridad.

Por otro lado el departamento de mantenimiento también requiere los servicios de los otros departamentos ya que para realizar y controlar sus actividades necesita de información de estos, que le servirá para hacer los análisis correspondientes de su gestión en la fábrica.

De lo anterior podemos afirmar que el

departamento de mantenimiento debe estar interrelacionado con los demás departamentos, esto es:

5.4.1. CON EL DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD.-

El departamento de contabilidad cumple una función de servicio a los departamentos de mantenimiento con la acumulación de datos de los costos de mantenimiento, los cuales deben ser registrados y remitidos a través de reportes a dichos departamentos para que sirvan de datos referenciales y a su vez en base a estos datos, los departamentos de mantenimiento elaboren los reportes o informes a otras instancias de la fábrica (Gerencia, Gerencia General) o a su propio departamento como un medio de auto control (retroalimentación).

Los reportes o informes a Gerencia General tienen como objeto permitir hacer los análisis sobre la ejecución de las actividades de mantenimiento relacionándolos con el control de la tendencia del costo por unidad de producto. Los objetivos expresados sobre mejoramiento del costo de mantenimiento por unidad de producto se comparan rápidamente con el progreso

mensual.

Con respecto a los reportes dirigidos a su propio departamento permite mantener el control de los materiales, repuestos y mano de obra. asimismo ayuda medir la capacidad organizativa y el nivel de reponsabilidad en las tareas de mantenimiento. El control de costos de mantenimiento debe ser diseñado por el Departamento de Mantenimiento y controlado por él mismo.

En el acápite 5.5.2.1 se dan modelos de reportes.

5.4.2. CON EL DEPARTAMENTO DE LOGISTICA.-

El departamento de Logistica controla la disponibilidad de repuestos, equipos y materiales necesarios para que el Departamento de Mantenimiento realice sus actividades y operaciones con prontitud y cuando este lo solicite.

El Departamento de Mantenimiento proporciona datos al Departamento de Logistica de sus necesidades a través de informes previamente

planificados. esto es: de acuerdo al stock de repuestos y materiales existentes solicitan los que faltan, si se van a hacer construcciones solicitan el material necesario, ya que es quien facilita según solicitud la disponibilidad de materiales y repuestos en cantidad, calidad y a un costo mínimo.

5.4.3. CON EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION.-

El Departamento de Mantenimiento debe participar en la Programación de la Producción, ya que en dicho Programa se contemplan paradas de máquinas por motivos, como por ejemplo, cambios de fieltros, de tela de la mesa plana, de lonas, limpieza de sistemas (tuberías, tanques), con la finalidad de coordinar horas de parada de máquina para realizar trabajos de mantenimiento o la aplicación de los programas de inspección ya que estos requieren muchas veces de interrupción del funcionamiento de máquinas.

Las actividades de Mantenimiento previenen pérdidas en la producción minimizando las horas de parada intempestiva por fallas imprevistas. Asimismo permite mantener el costo por unidad

de producto manteniendo operativas las máquinas.

5.4.4. CON EL DEPARTAMENTO DE PERSONAL.-

El Departamento de Mantenimiento debe participar en la selección y contratación de su personal. Por otro lado debe coordinar los permisos, licencias, vacaciones, etc del personal de acuerdo a su necesidad de horas-hombres.

También facilitará la coordinación de los programas de capacitación, especialmente cuando estos se dicten fuera de la fábrica.

5.4.5. CON EL LABORATORIO.-

El Departamento de Mantenimiento debe participar en la selección y control de calidad de la materia prima ya que repercute en el buen funcionamiento de las máquinas, esto es por ejemplo si la materia prima (recorte) no es limpio, lleva tierra o arena, esta va a malograr las cuchillas de los refinadores.

También facilita el control de productos fallados por proceso de fabricación, permitiendo esto cuantificar el grado de falla en las máquinas.

5.5. ANALISIS ESTADISTICO.-

Como se dijo inicialmente los elementos vitales de un proceso administrativo son la Planificación, Control, Organización, Integración, Dirección, Liderazgo y Motivación.

Refiriéndonos al elemento Control, para poder llevarlo adecuadamente es necesario disponer de índices datos, lo que servirán de referencia para hacer los análisis correspondientes, asimismo tomar las acciones correctivas necesarias.

En el caso del Departamento de Mantenimiento su elemento vital de funciones es disponer de datos estadísticos referidos a los medios necesarios para la conservación de las máquinas, **equipos** e instalaciones.

Ahora, vamos a referirnos a los sucesos ocurridos en las máquinas en su operación, las cuales son las

fallas ocurridas en las maquinas, equipos instalaciones.

DEFINICION DE FALLA.-

Es un suceso ocurrido en la maquina, la que altera su normal funcionamiento, causando una pérdida de capacidad de trabajo o hace que la máquina deje de cumplir sus funciones total o parcialmente.

5.5.1. ANALISIS DE FALLAS.-

Para realizar el análisis de las fallas previamente es necesario contar con ciertos pre-requisitos:

1. Es necesario fundamentalmente tener los conocimientos técnicos, asimismo contar con la información técnica operativa correspondiente de la máquina.
2. Es necesario contar con reportes de las fallas ocurridas en las máquinas, en donde se registran en forma concreta y precisa la parte afectada, motivo de falla, tiempo de reparación, etc.
3. Ocurrida alguna falla es necesario

distinguir que clase de falla es.

4. Por otro lado, es necesario contar con instrumentos que ayuden a detectar fallas, a veces sin necesidad que la maquina deje de funcionar por ejemplo: El Tacómetro que sirve para medir las RPM de elementos que giran y se lo puede aplicar a los cilindros secadores para constatar que tengan la velocidad requerida, cintas o pintura térmica que manifiestan cambios de temperatura en superficies y pueden aplicarse a las chumaceras de los rodajes. En el acápite 5.5.1.3 se detallan instrumentos para detectar fallas. Con estos elementos se podrá hacer el análisis de las fallas.

5.5.1.1. CLASIFICACION DE FALLAS.-

A las fallas se las puede clasificar en:

- a.- Fallas Totales.- Son fallas donde el equipo sale de servicio por alteración de trabajo de sus sistemas.
- b.- Fallas Parciales o Incompletas.- Donde el equipo sale de servicio por

la alteración de trabajo de algún sistema o accesorio.

También se las puede clasificar según el grado de influencia en la capacidad de producción, esto es:

a.- Catastróficas o Paramétricas.-

Estas fallas consideran el carácter físico de operación de las fallas (destrucción del equipo).

b.- Independientes y dependientes.-

Estas fallas pueden suceder en un solo equipo o pueden ser generadas como consecuencia de otra falla.

c.- Temporales, Intermitentes o Cíclicas

y Estables.- En esta clasificación se considera el tiempo de la existencia de la falla.

d.- Repentinas y Graduales.- Estas

fallas son las que surgen considerando el proceso de operación.

e.- Aleatorias y no aleatorias.- Estas fallas son consideradas de acuerdo al ciclo de vida de la máquina, esto es:

Falla Aleatoria cuando sucede en el período de vida normal de operación de la máquina. Por ejemplo una falla en los equipos no mencionados en el acápite 3.5.1, esto es, bombas, refinadores, pulper, etc.

Falla no Aleatoria cuando sucede en el período de desgaste de la máquina. Por ejemplo las fallas ocurridas en los equipos mencionados en el acápite 3.5.1, esto es, bomba de caja de entrada, rodillo couch de la mesa plana, bomba de vacío No. 3, etc.

5.5.1.2. DETERMINACION DE LAS FALLAS.-

Para determinar una falla es necesario considerar ciertos parámetros referenciales.

a. Definición de la máquina o equipo, esto se lo hace por medio de una

codificación la cual indicara el lugar donde opera, el grado de importancia que tiene en el proceso, etc, para su fácil ubicación.

b. Criterio técnico-científico para determinar el funcionamiento normal de la máquina.

c. Computación de tiempos.- Es necesario saber el tiempo de operación de la máquina.

d. Condiciones de Operación.- Esto es necesario porque de acuerdo la máquina debe trabajar. De lo contrario va a fallar.

e. Condiciones de mantenimiento.- Toda máquina de acuerdo a su diseño y operación tiene sus especificaciones de mantenimiento.

f. Bases Técnicas para la diferenciación entre un mal funcionamiento y una avería.

Como un ejemplo de la aplicación de estas condiciones es la siguiente:

En el caso de los rodamientos de los cilindros secadores, estos deben tener una codificación de acuerdo al número y lado del cilindro, estos rodamientos trabajan a una cierta temperatura ya que están lubricados por un sistema de lubricación por circulación el cual baja la temperatura del rodamiento. Por otro lado, es necesario saber cuando se hizo el último cambio del rodaje para determinar de acuerdo al catálogo de los rodamientos la vida promedio de dicho rodamiento. Si la chumacera del rodamiento se calienta demasiado existe dos posibilidades; una es que el sistema de lubricación no funcione y la otra posibilidad es que el rodamiento esté malogrado o esté mal instalado en el caso de que recién se lo haya instalado.

5.5.1.3. INSTRUMENTOS PARA DETECTAR FALLAS.-

En la actualidad debido al avance tecnológico existe una gama de instrumentos que sirven para la

detección de fallas los que podemos clasificar en:

A.- CONVENCIONALES.-

Tales como (los más conocidos):
Amperímetros, Voltímetros,
Watímetros, Pinzas amperimétricas,
Multitesters, Termocoplas,
Estetoscopios, Manómetros,
Termómetros, etc.

B.- ESPECIALES.-

- Detector ultrasónico.- Para detectar ruidos ultrasónicos (en sistemas hidráulicos, neumáticos). Aplicable en la fábrica.
- Cámara Infrarroja.- Sirve para determinar temperaturas de menos de un grado centígrado de diferencia, su ventaja es que puede operar a distancia.
- Analizador de vibraciones.- Permite analizar la frecuencia de

vibraciones indicando si hay exceso en la frecuencia aceptable por el aislador. Esto se aplica en máquinas vibrantes, por ejemplo podría aplicarse en la parte de traqueteo de la mesa plana pero es antieconómico.

- Pruebas Radiográficas.- Sirven para detectar fracturas, figuras, fallas en cordones de soldadura, espesor de planchas. Es aplicable en las construcciones metálicas de la fábrica.

- Cintas o Pinturas Térmicas.- Avudan a determinar el cambio de temperatura en condiciones operativas de las máquinas. Es aplicable en las chumaceras de los rodamientos de las máquinas.

- Líquido penetrante.- Sirve para determinar la profundidad de figuras, desgaste y fallas en cordones de soldadura. Es aplicable en las construcciones metálicas de la fábrica.

- Análisis de aceites (método espectrofotométrico).- Aplicable en los aceites de los sistemas de lubricación por circulación, aceites de reductores.

- Tacómetro.- Sirve para medir las RPM de los elementos que giran. Aplicable en los cilindros secadores para determinar las RPM a la que giran.

5.5.1.4. REPORTE DE FALLAS.-

Los reportes desempeñan una función muy importante ya que en estos se deben anotar todos los datos en forma concreta y precisa para hacer los análisis correspondientes

Deben contener como mínimo:

- Identificación de la parte que ha fallado.
- Forma y como falló.
- Causas principales de la falla.

Acciones tomadas para rehabilitar la maquina o detener la falla.

- Verificar los datos de fallas.
- Analisis del desgaste si existe.
- Tiempos de mantenimiento aplicado.
- Grado de operatividad del elemento a la hora de la falla.
- Toma de tiempos en paralización, reparación, tiempo estandar, horas-hombre reales.
- Consideraciones de gestión, esto es: Requisito personal adicional, fue simple, rápido, complejo.

RECOMENDACIONES.-

- Los datos deben ser los más exactos posibles.
- Revisar la información contenida, para corregir inexactitudes si las hubiera.
- Almacenamiento de datos en forma mecanizada o computarizada.
- El manejo de datos debe ser sencillo, rápido y eficiente.
- Construir gráficos para analizar las tendencias de las fallas.
- En el acápite 5.5.2.1, se adjunta un modelo de reporte de falla.

5.5.2. FORMATOS DE REGISTROS ESTADÍSTICOS.-

Los medios básicos de control de una administración son los datos estadísticos que sirven para medir la eficiencia de una organización o equipo, o sirven de referencia para tomar futuras medidas correctivas si es necesario.

Estos datos estadísticos se los debe registrar para que en cualquier momento uno disponga de la información requerida.

Estos registros se los debe hacer en formatos, los que serán concretos, precisos y a la vez contengan los datos necesarios para que de ellos se obtengan otros datos importantes.

A continuación adjuntamos formatos para el control de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento.

5.5.2.1 HAREMOS REFERENCIA DE LOS FORMATOS ADJUNTOS.

a.- Tarjeta de Máquina.-

En dicha tarjeta se anotan las

características de maquina o equipo con sus equipos auxiliares. Esta tarjeta es estable o fija (en oficina).

b.- Tarjeta de Identificación de Equipos.-

En esta tarjeta se anotan todas las características técnicas de los equipos auxiliares, que pueden ser mecánicas, eléctricas y/o lubricación. Esta tarjeta es fija. (en oficina).

c.- Orden de Trabajo.-

Esta tarjeta va dirigida al supervisor quien anotara todas las preguntas planteadas. En esta orden de trabajo, se anota el trabajo a realizar a la vez después de realizado el trabajo, el supervisor debe hacer un informe del trabajo **indicando** el número de personas que intervino en dicho trabajo, el **tiempo empleado** para la reparación, material utilizado, asimismo debe **indicar** situación del trabajo

realizado según las observaciones. Debe ser devuelta a los departamentos de mantenimiento.

d.- Costo de Trabajos Realizados.-

En este formato se anotan los trabajos realizados según las órdenes de trabajo, el tiempo utilizado en su realización, el número de personas que intervinieron, el costo de mano de obra, materiales utilizados, el costo de los materiales a continuación el costo de cada una de las ordenes de trabajo. En la parte inferior se anota el total de las actividades realizadas durante todo el día.

e.- Reporte Diario de Fallas.-

En este formato se anota el tiempo utilizado para reparar la falla en la máquina o equipo auxiliar y su correspondiente código, **asimismo se debe anotar el tipo de falla como también la descripción de la falla, se debe anotar el número de personas que intervino.** material

utilizado.

En la parte inferior se anota el total. Por otro lado se debe anotar las observaciones según las condiciones del trabajo.

f.- Costo de Reparaciones de Fallas.-

En este formato se anota la fecha de reparaciones; el turno en que sucedió la falla, tiempo empleado para la reparación; número de personas que intervinieron; costo de mano de obra, además los materiales usados con su correspondiente costo; luego se anota el monto parcial por turno.

g.- Reporte Mensual por Máquina o Equipo.-

En este formato se anota el nombre y código de la máquina o equipo, luego se anota el número de reparaciones según especialidad y según sea una reparación programada o fallas. Se anota también el número de operarios que intervinieron el monto

parcial.

En la parte inferior se anota el total.

h.- Reporte de Acatamiento Mensual.-

En este formato se nota la cantidad de reparaciones según especialidad y según sea programada o por falla. Además se debe indicar la cantidad de reparaciones que se han realizado y compararlas con las programadas (índice de acatamiento). Luego anotar los materiales utilizados como también su costo, también el número de operarios que intervinieron y su costo, luego se debe anotar el total parcial según las reparaciones, además se debe anotar el costo en porcentaje con respecto al monto total.

i.- Gráficos.-

Estos gráficos sirven de referencia visual para tener una idea como van los costos, costos de horas-hombre utilizados, según las especialidades

y en forma total.

j.- Reporte Diario de Trabajo en Taller.-

Este reporte sirve para hacer una distribución de trabajos en las máquinas del taller. Se anota el tiempo utilizado por una máquina al hacer algún trabajo, también se anota el porcentaje de horas reales con respecto a las programadas, se describe el trabajo realizado, luego se anota el número de veces que ha trabajado la máquina. En la parte inferior se debe anotar el total.

k. Reporte Semanal de Lubricación.-

Se anota las horas utilizadas y programadas, porcentaje de las horas programadas con respecto a las reales. También se debe anotar la frecuencia de lubricación. Por otro lado se describe la máquina o equipo con su respectivo código.

Se debe anotar el tipo de lubricante

y la cantidad utilizada. Además se debe anotar el día de la semana.

En el reverso se debe anotar la clasificación de los lubricantes utilizados.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

RAZON SOCIAL:

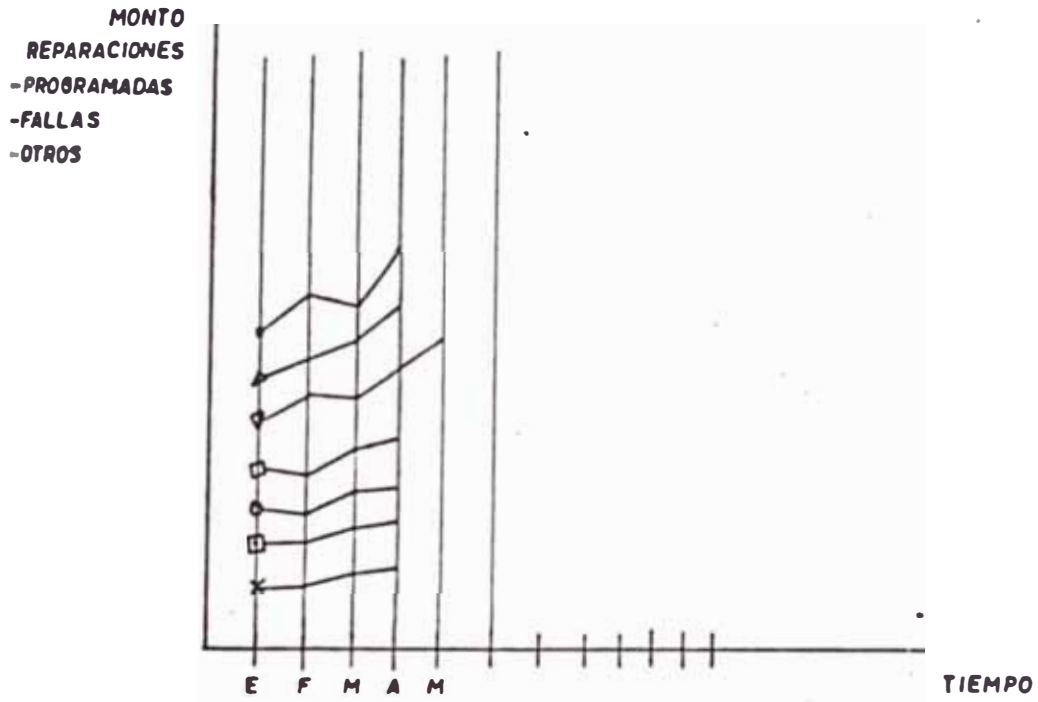


GRAFICO DE TENDENCIA DE MONTO POR REPARACIONES Y POR ESPECIALIDADE

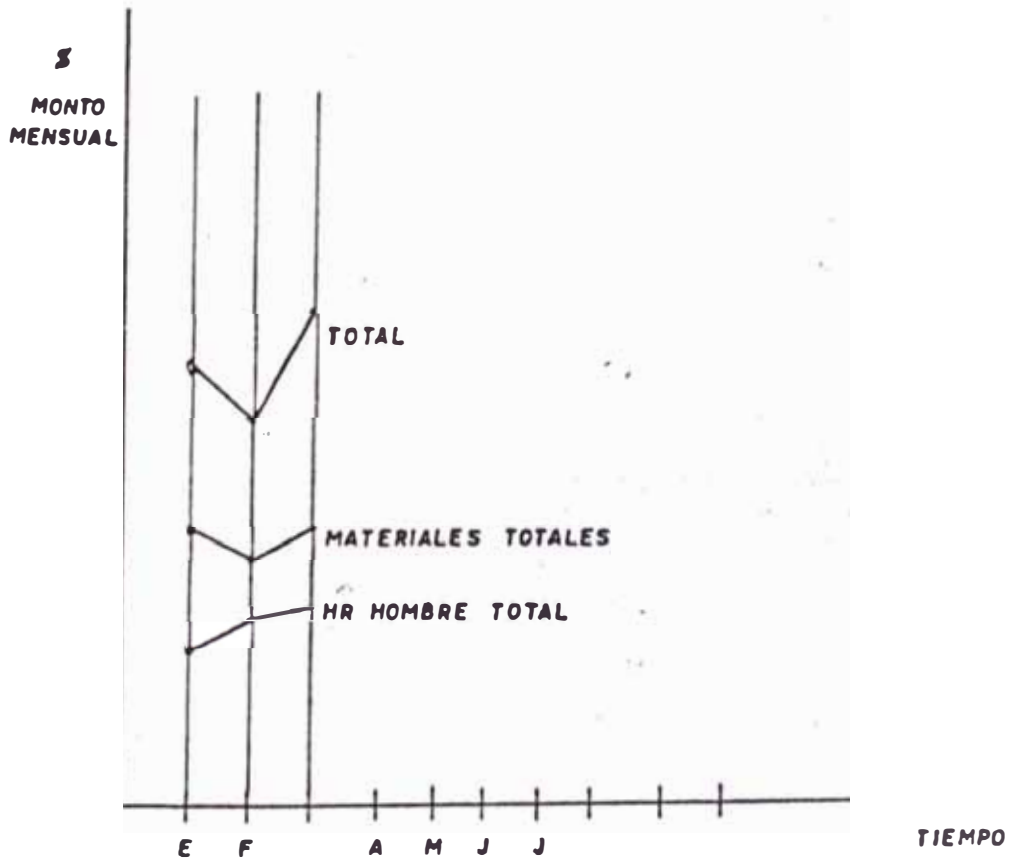


GRAFICO RESUMEN MENSUAL

5.5.2.2. REGISTRO DE MAQUINAS Y EQUIPOS.-

Es necesario disponer de un inventario físico de todas las máquinas, equipos y equipos auxiliares (bombas, motores, etc). Los cuales se desea brindar el mantenimiento preventivo. A las máquinas, equipos y equipos auxiliares para su fácil identificación los vamos a codificar de la siguiente manera:

- PLANTAS PAPELERAS No 01 y No. 02.-

Conformada por:

Sección 01.- Comprende: Pulper, tanques de sulfato y talco.

Sección 02.- Comprende: Filetas y equipos auxiliares (bombas, refinadores, depuradores, valvulas y tuberías).

Sección 03.- Comprende: Caja de entrada, mesa plana, bombas de vacío.

Sección 04.- Comprende: Prensas.

Sección 05.- Comprende: Motor del

mando que accione
 sistema de transmision
 de cilindros secadores.
 y sistemas de
 lubricación.

Sección 06.- Comorende: Sistemas de
 ventilación
 (extractores de vapor,
 generación de aire
 caliente).

Sección 07.- Comprende: Size press
 (sistema de encolado).

Sección 08.- Comprende: Sistema de
 Distribución de vapor.

Sección 09.- Comprende: Alisadoras
 y cilindro pope.

Sección 10.- Comprende: Puente
 Grúa.

Sección 11.- Comprende:
 Rebobinadora.

Sección 12.- Comprende: Super
 calandria (N. 01, N.02)

Sección 13.- Sub estación,
 electricidad y
 electronica.

PLANTA DE ESTUCADO N. 03.- Conformada

por:

Sección 01.- Comprende: Celier,
Tanques, zarandas y
equipos auxiliares

Sección 02.- Comprende: El sistema
de transmisión del
módulo No. 1

Sección 03.- Comprende:
desbobinaje.

Sección 04.- comprende: Primer
cabezal de aplicación.

Sección 05.- Comprende: Compresor
del 1. cabezal de
aplicación.

Sección 06.- Comprende: Primer
cuerpo de secadores.

Sección 07.- Comprende: Zona de
inversión de papel.

Sección 08.- Comprende: Segundo
cabezal de aplicación.

Sección 09.- Comprende: compresor
del segundo cabezal de
aplicación.

Sección 10.- Comprende: Segundo
cuerpo de secadores.

Sección 11.- Comprende: El sistema
de transmisión del
módulo No. 1.

Sección 12.- Comprende: Calandria
Küster.

Sección 13.- Comprende Rebobinadora
Inducta.

Sección 14.- Comprende: Fuente
-grúa.

Sección 15.- Comprende: Super
calandria No. 3

Sección 16.- Comprende:
Sub-Estación No. 3,
electricidad v
electrónica.

Sección 17.- Comprende: El sistema
de distribución de
vapor.

PLANTA DE EQUIFOS DE FUERZA No. 04.-

Conformado por:

Sección 01.- Comprende: Calderas
(No. 01, No. 02, No.
03).

Sección 02.- Comprende: Equipos de
aire comprimido. (No.
01, No. 02).

Sección 03.- Comprende: Grupo
electrógeno.

Sección 04.- Comprende: Focos de

Agua (No. 01 y No. 02).

Sección 05.- Comprende:

Sub-estación principal.

TALLER No. 05.-

Conformado por:

Sección 01.- Comprende: Tornos (No. 01, No. 02, No. 03 y No. 04).

Sección 02.- Comprende: Soldadura.

Sección 03.- Comprende: Automotriz.

Sección 04.- Comprende:

electricidad.

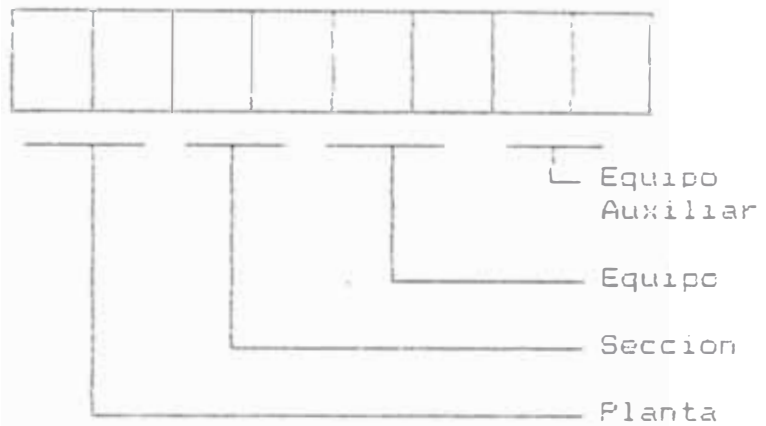
electronica e

instrumentacion.

Sección 05.- Comprende:

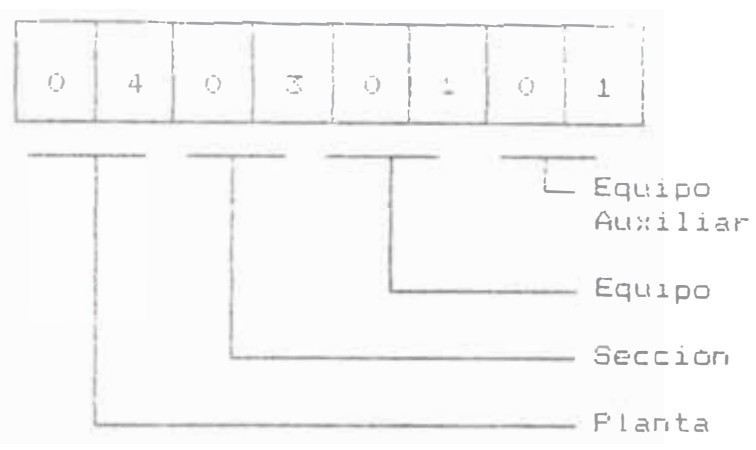
Carpinteria.

Luego a los equipos y equipos auxiliares se les asignará un número de acuerdo al número que conforman la sección mencionada. Hecho esto, se los agrupará según el siguiente cuadro.



Dicho numero representa el código del equipo auxiliar a identificar. Los equipos son las partes principales que conforman la sección. Los equipos auxiliares son los medios de los se sirven los equipos para cumplir sus funciones. tales como motores, tuberías, valvulas, etc.

EJEMPLO.- Motor de la bomba de agua de la caldera N. 03.



Una vez que se ha codificado a toda la maquinaria existente en planta se procederá **registrarla** en los formatos: tarjeta de maquina y tarjeta de identificacion de equipos.

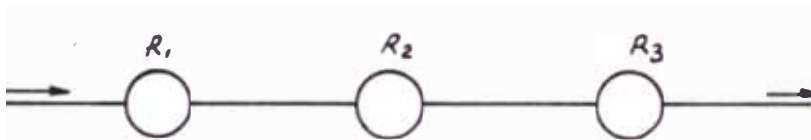
5.5.3. DETERMINACION DE INDICADORES DE LA LINEA DE PRODUCCION.-

Para determinar los **indicadores** de las líneas de producción en la fábrica, lo ideal es disponer de referencias estadísticas de cada máquina, equipo auxiliar, etc. y como hemos mencionado al principio, no contamos con los datos estadísticos referenciales de las tres **máquinas**, vamos a **considerar** los datos referenciales de la máquina papelera N. 01.

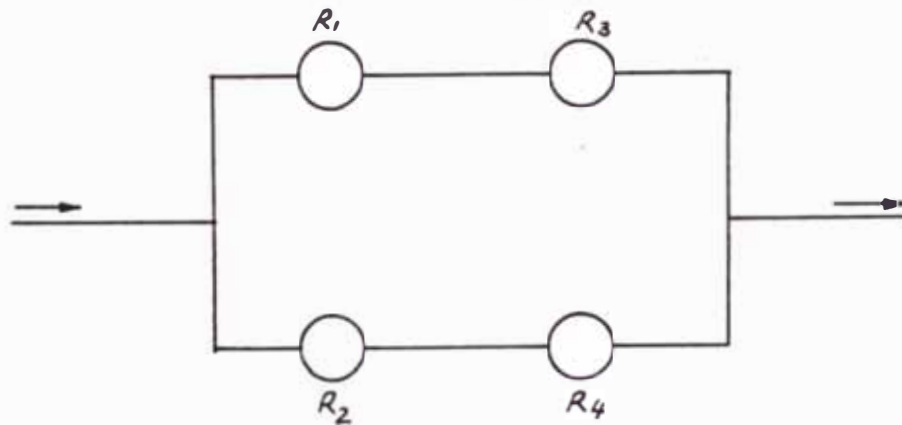
Para facilitar el calculo se toma en cuenta

el teorema de Bayes con respecto a la Confiabilidad, que se aplica a sistemas donde el proceso de fabricación se lo puede dividir en serie, paralelo y/o serie-paralelo, para reducirlos en uno en serie.

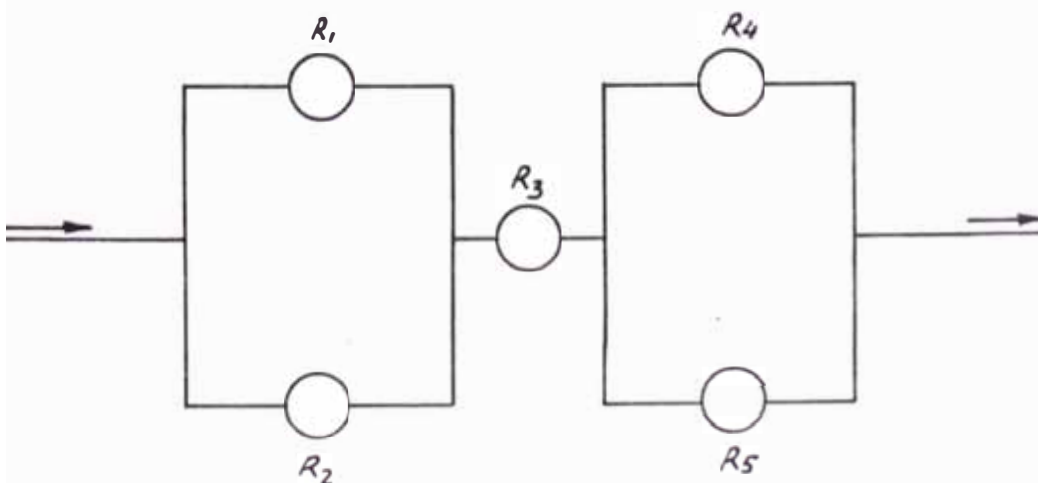
PROCESO EN SERIE



PROCESO EN PARALELO

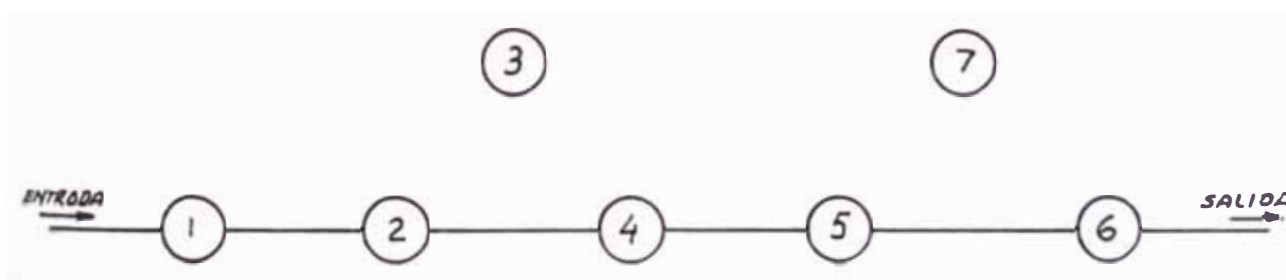


PROCESO SERIE - PARALELO



En nuestro caso vamos a aplicar el teorema de Bayes considerando los equipos más críticos de operación y falla (ya calculados anteriormente), los cuales son: Bomba de caja de entrada, Motor de rodillo couch-mesa plana, Prensa N. 3, Size press, 3.º grupo de cilindros secadores, caldera N. 3, Bomba de vacío N. 3.

Dichos equipos están distribuidos de la siguiente manera:



Donde:

	R(t) promedio
1.- Bomba de caja de entrada	(0.3698)
2.- Motor del rodillo couch mesa plana	(0.9405)
3.- Bomba de vacío N. 3	(0.8903)
4.- Prensa N. 3	(0.9238)
5.- Size Press	(0.8903)
6.- 3. grupo de cilindros secadores	(0.903)
7.- Caldera N. 3	(0.8628)

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA = AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t) ;Promedio	Z(t)
2184	16.92	216.71	1,950.37	0.957	2.78 x 10 ⁻⁵
4368	27.17	434.08	3,906.75	0.901	3.308 x 10 ⁻⁵
6576	48.25	652.78	5,874.98	0.841	3.663 x 10 ⁻⁵
8784	61.75	872.23	7,850.03	0.780	3.938 x 10 ⁻⁵

Z(+) promedio = 3.42 x 10⁻⁵

MOTOR DEL RODILLO COUCH = MESA PLANA = AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t) ;Promedio	Z(t)
2184	20.42	216.36	1,947.22	0.995	5.90 x 10 ⁻⁵
4368	25.09	434.29	3,908.62	0.974	1.656 x 10 ⁻⁵
6576	46.34	652.97	5,876.69	0.930	3.028 x 10 ⁻⁵
8784	46.84	873.72	7,863.44	0.863	4.66 x 10 ⁻⁵

Z(+) promedio = 2.48 x 10⁻⁵

BOMBA DE VACIO No. 3 - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	R(t) Promedio	Z(t)
2184	6.17	217.78	1,960.05	0.991		1.125 x 10 ⁻⁵
4368	8.25	435.98	3,923.78	0.951	0.8903	3.188 x 10 ⁻⁵
6576	9.50	656.65	5,909.85	0.869		5.894 x 10 ⁻⁶
8784	9.50	877.45	7,897.05	0.75		9.104 x 10 ⁻⁵

Z(+) promedio = 4.82 x 10⁻⁶

PRENSA No. 3 - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	R(t) Promedio	Z(t)
2184	6	217.80	1,960.20	0.982		1.383 x 10 ⁻⁵
4368	6	436.20	3,925.80	0.949	0.9238	2.055 x 10 ⁻⁵
6576	34.75	654.13	5,887.13	0.907		2.589 x 10 ⁻⁵
8784	37.17	874.68	7,872.15	0.857		3.056 x 10 ⁻⁵

Z(+) promedio = 2.27 x 10⁻⁶

CALDERA No. 3 - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO INACTIVO	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	R(t) Promedio	Z(t)
2184	9.42	217.46	1,957.12	0.979		2.11 x 10 ⁻⁵
4368	18.75	434.93	3,914.33	0.920	0.8628	4.145 x 10 ⁻³
6576	26.17	654.98	5,894.85	0.891		6.167 x 10 ⁻⁵
8784	37.75	874.63	7,871.63	0.721		8.164 x 10 ⁻³

Z(+) promedio = 5.146 x 10⁻⁵

Los equipos 6 y 7 son equipos auxiliares vitales de la máquina pero no se los considerará en el cálculo porque el elemento en producción (papel) no pasa por dichos equipos, por lo que al sistema se lo considera en serie:

Para un sistema en serie: la confiabilidad total es:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5$$

$$R_s = 0.8678 \times 0.9405 \times 0.9238 \times 0.8903 \times 0.903$$

$$R_s = 0.6075.$$

Determinación del MTBF.-

Está dado por:

$$MTBF = \frac{1}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}$$

$$MTBF = \frac{1}{3.42 \times 10^{-6} + 2.48 \times 10^{-6} + 2.27 \times 10^{-6}}$$

$$\frac{1}{2.377 \times 10^{-6} + 3.411 \times 10^{-6}}$$

$$MTBF = \frac{1}{1.3958 \times 10^{-6}} = 7,164.35$$

Este número nos indica que para el año 1988 tiene una probabilidad de falla de 7,164.35 horas.

- Disponibilidad Intrínseca A_i .-

Permite calcular el porcentaje de tiempo del buen funcionamiento del sistema productivo por razones de mantenimiento. en resumen. es la garantía que da Mantenimiento a Producción referente al tiempo de funcionamiento.

Permite calcular el tiempo del programa de producción, del programa realizable.

Se calcula con la expresión:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTR}$$

Donde:

MTR = Es el tiempo medio necesario para reparaciones y está dado por la expresión:

$$MTR = \int_{t_1}^{t_2} f(tr) \times tr \times d tr$$

Donde:

$$f(tr) = \frac{1}{\sigma tr \sqrt{2\pi}} e^{-1/2 \left[\frac{\ln(tr) - \mu}{\sigma} \right]^2}$$

$f(tr)$ = Es una función de distribución de

probabilidades de reparaciones

tr - Es el tiempo de reparación

m - Es la media

Esta dado por:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n In tr_i$$

- Desviación standar.- σ

$$\sigma^2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (In tr_i - m)^2$$

Donde:

n = Número de períodos de mantenimiento.

- CALCULOS DE LOS PARAMETROS.-

HRAS ANUALES DE OPERACION	1	TIEMPOS DE REPARACIONES	tr _i
48	0	2	2
2136	1	81.67	83.67
4368	2	44.34	128.51
6576	3	85.92	214.43
8784	4	49.17	263.60

El año 1988 se lo divide en cuatro periodos conformados por 3 meses cada uno con el número de días correspondientes a cada mes y están expresados en horas.

El primer periodo (Ene., Feb., Mar - 2184 hrs) se lo ha dividido en dos partes, una de 48 hrs (i=0) y la otra de 2136 hr (i=1) con el fin de facilitar el cálculo del MTTR.

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE REPARACION
2184	16.92
4368	10.25
6576	21.08
8784	13.50

MOTOR DEL RODILLO COUCH-MESA PLANA AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE REPARACION
2184	20.42
4368	4.67
6576	21.25
8784	0.50

PRENSA N. 3 - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE REPARACION
2184	6
4368	-
6576	28.75
8784	2.42

SIZE PRESS - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE REPARACION
2184	24.33
4368	23.25
6576	8.17
8784	12.25

CILINDROS SECADORES - AÑO 1988

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE REPARACION
2184	16
4368	6.67
6576	6.67
8784	20.50

MAQUINA PAPELERA N.1 - 1988

HRS. ANUALES DE OPERACION	TIEMPOS DE REPARACION		tr
48	2	0	2
2136	16.92 + 20.42 + 6 + 24.33 + 16 = 81.67	1	83.67
4368	10.25 + 4.67 + 23.25 + 6.67 = 44.84	2	128.51
6576	21.08 + 21.25 + 28.75 + 8.17 + 6.67 = 85.92	3	214.43
87.84	13.50 + 0.50 + 2.42 + 12.25 + 20.50 = 49.17	4	263.60

Media: (m).-

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 I_n \cdot tr_i$$

$$m = \frac{\ln 83.67 + \ln 128.51 + \ln 214.43 + \ln 263.60}{4}$$

$$m = 5.06$$

- LA DESVIACION STANDAR.- (σ).-

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^4 (\ln tr_i - m)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{3} [(\ln 83.67 - 5.06)^2 + (\ln 128.51 - 5.06)^2 + (\ln 214.43 - 5.06)^2 + (\ln 263.60 - 5.06)^2]$$

$$\sigma^2 = 0.2673$$

$$\sigma = 0.5170$$

Luego el MTTR es:

$$MTTR = \int_{t_0}^{t_1} f(tr) \times tr \times d tr$$

$$MTTR = \int_{t_2}^{t_1} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln tr - m)^2}{2\sigma^2}} \times tr \times d tr$$

con $m = 5.06$ $\sigma = 0.517$

integrando por el método de Simpson

tenemos:

tri	$f(t_r) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln t_r - m}{\sigma} \right]^2}$		
2	2.4849×10^{-16}		
83.67		0.3646	
128.51			0.7139
214.43		0.6462	
263.60	0.4704		
	0.4704	1.0108	0.7139

Luego:

$$MTTR = \frac{261.60}{3 \times 4} \times [0.4704 + 4 \times 1.0108 + 2 \times 0.7139]$$

$$MTTR = \frac{261.60}{12} \times 5.9414$$

$$MTTR = 129.52 \text{ hr.}$$

La disponibilidad intrínseca A_1 , será:

$$A_1 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$A_1 = \frac{7164.35}{7164.35 + 129.52}$$

$$A_1 = 0.9822$$

- MANTENIBILIDAD.-

Es la probabilidad de que la intervencion del mantenimiento se lleve a

cabo dentro del tiempo de reparación.

Está dado por:

$$M(tr_i) = \int_{t_1}^{t_2} f(tr) \times dtr$$

$$M(tr_i) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{1}{\sigma tr \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln tr - m}{\sigma} \right]^2} \times dtr$$

con: $m = 5.06$
 $\sigma = 0.517$

Integrando por el método de Simpson Tenemos:

tri	$f(tr) = \frac{1}{\sigma tr \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln tr - m}{\sigma} \right]^2}$		
2	1.2424×10^{-6}		
83.67	0.0044		
128.51	0.0056		
214.43	0.0030		
263.60	0.0018		
	0.0018	0.0074	0.0056

Luego:

$$M(tr_i) = \frac{261.60}{3 \times 4} \times 0.0426 = 0.9287$$

$$M(tr_i) = 0.9287$$

- TASA DE MANTENIBILIDAD [$\mu(tr)$].-

Es la frecuencia del mantenimiento que

se da dentro de un programa.

Está expresado por:

$$\mu(\text{tr}) = \frac{f(\text{tri})}{[1 - M(\text{tri})]}$$

Luego para 8784 hrs. anuales de trabajo:
(año 1988) tenemos:

$$\mu(\text{tr}) = \frac{f(263.60)}{[1 - 0.9287]} = \frac{0.0018}{0.0713}$$

$$\mu(\text{tr}) = 0.025$$

- COMENTARIO.-

De los resultados obtenidos podemos afirmar que:

- El MTTR (tiempo medio necesario para reparaciones) es de 129.52 horas, esto significa, que en 3 meses necesitamos o se tiene que disponer de 129.52 hr. para hacer reparaciones.
- La disponibilidad intrínseca A_i que se tiene es de 0.9822 (98.22%) lo que significa que es muy buena.

- La Mantenibilidad es 0.9287 (92.87%) lo que significa que es buena.
- Tasa de Mantenibilidad es de 0.025 lo que significa que la frecuencia de reparaciones dentro de un programa es mínima. Lo que confirma lo anteriormente dicho en el capítulo IV- acápite 4.7.

Debido que la máquina está en buenas condiciones operativas es que se tiene una buena disponibilidad intrínseca (A_i) y una buena mantenibilidad.

5.5.4. STOCK DE REPUESTOS.-

En los acápites anteriores nos hemos referido a las consideraciones organizativas para poder llevar en forma coordinada un Programa de Mantenimiento.

También nos hemos referido los medios necesarios para tener referencias y control del proceso operativo de las máquinas. lo que nos ayudará su vez, tomar las medidas correctivas necesarias para dar una buena

conservación y operatividad de las máquinas y equipos.

Ahora vamos a ocuparnos de un complemento de los puntos anteriores referidos, el cual es: "el stock de repuestos" disponibles, lo que influye en forma vital, la buena gestión de un departamento de mantenimiento.

5.5.4.1. ANALISIS DE COMPRA.-

El costo total esperado de un artículo está dado por:

$$CTE = C_{ADQ} + C_{ALM} + b \times D \dots \dots (1)$$

Donde:

C_{ADQ} = Costo de adquisición (variable)

C_{ALM} = Costo de almacenamiento (variable).

$b \times D$ = Precio de las unidades anuales demandadas, es constante cualquiera sea el valor de q.

(b Precio unitario del artículo

D - Número de unidades anuales demandadas).

o Cantidad lote del artículo.

- El costo de adquisición K se deriva de la acción de comprar y es independiente de la cantidad que se compra, depende de: sueldo del personal de la oficina de compras, gastos de comunicaciones telefónicas, telex, postales, inspección del material recibido, tramite administrativo de compra, facturación, etc.

Es necesario dividir las compras según sus características de compra (nacionales, exteriores) para poder aplicar a cada grupo un cierto K común a todos ellos. Si en un año se compra "n" veces un artículo se tendrá:

$$C_{\text{año}} = nk$$

Donde:

$n = D/q$ $D =$ Demanda anual de un determinado artículo.
 $q =$ Cantidad o lote del artículo.

Luego:

$$C_{aba} = K(D/q) \dots\dots\dots(2)$$

- El costo de almacenamiento depende de factores tales como: interés del capital inmovilizado, obsolescencia de los items, espacio ocupado por estos, mantenimiento de locales, costo financiero, seguros, etc.

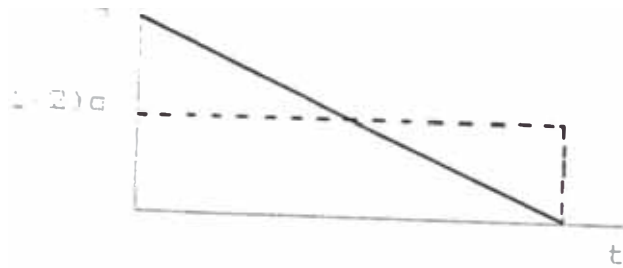
Es difícil poder apreciar el peso de cada uno en forma individual por este motivo se los agrupa bajo un factor "P" llamado tasa de almacenamiento en forma de porcentaje el valor de "P" varía entre el 30 y 40% del monto inmovilizado. Es necesario agrupar a los materiales de acuerdo a su tasa "P" de almacenamiento y emplear una común a todos los items.

El costo de almacenamiento esta expresado por:

$$C_{alm} = 1/2 qbP \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

Del gráfico:



Para $t = 0$ se tiene un stock q

Para $t = 1$ año se tiene un stock cero
 el valor medio de la cantidad
 almacenada en un año es $1/2 q$

Sea b un valor unitario de cada
 artículo entonces:

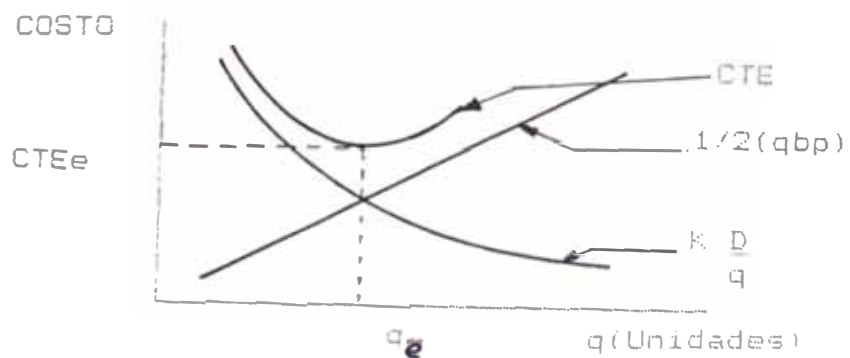
$$\text{Cinmovilizado} = 1/2 (bq)$$

P = tasa de almacenamiento

reemplazando las expresiones (3) en
 (1) tenemos:

$$CTE = K \frac{D}{q} + \frac{1}{2} qbP + bD$$

Si graficamos esta ecuación tendremos:



Como se observa el punto de

intersección de los costos de adquisición y almacenamiento corresponde al q económico y al CTE económico.

Por lo tanto:

$$1/2qbP = K(D/q)$$

$$q_e = \sqrt{\frac{2KD}{Pb}} \dots \dots (4)$$

Dicha expresión también se puede determinar derivando con respecto a q la ecuación (1)

Luego:

$$CTE_e = \sqrt{2KDbP}$$

$$n = D/q_e$$

5.5.4.2. CONSTRUCCION DE ABACOS PARA DETERMINAR EL q ECONOMICO Y LA FRECUENCIA DE COMPRA.-

En empresas que poseen gran número de artículos, la determinación del q económico se facilita con la ayuda de ábacos o diagramas de cálculos.

La construcción del abaco se basa en la expresión (4). Los valores D y b son variables, los resultantes son

constantes, entonces tenemos:

$$q_e = \sqrt{\frac{2K}{F}} \times \sqrt{\frac{D}{b}}$$

$$q_e = \text{constante} \times \sqrt{R}$$

Resolviendo esta expresión por logaritmos tenemos:

$$\text{Log } q_e = \text{log constante} + 1/2 \text{ log } R$$

Fijado el valor de K y F se determina el valor de su logaritmo.

En papel con escala doble logarítmica se lleva en abscisa a R y en ordenador al q_e

Fijando para R un par cualquiera de valores, se determina un par de puntos que definen una recta en el diagrama logarítmico.

Construida ésta, si se desea encontrar en lote económico de compra de un ítem determinado, se halla primero la relación R, se busca luego este valor en la abscisa y se levanta una perpendicular hasta encontrar la recta

trazada. Desde este punto de intersección, se traza una horizontal hasta que cruce la ordenada determinando de esta forma el valor de q_e .

Ejemplo:

Determinar el lote económico de compra de un artículo que tiene las características:

$$K = 1/. 10,000 \quad P = .30$$

$$D = 30,000 \text{ Kg.} \quad b = 200 \frac{1/.}{\text{Kg.}}$$

Analíticamente.

$$q_e = \frac{2KD}{Pb}$$

$$q_e = \frac{2 \times 10,000 \times 30,000}{0.30 \times 200}$$

$$q_e = 3162.28$$

Graficamente tenemos.

5.5.4.3. CONTROL DE LOS STOCK.-

El control de los stock de repuestos es uno de los factores más importantes del departamento de mantenimiento, a su vez el valor de los mismos tienen valores económicos financieros e impositivos (valoración de activos).

El control de los stock es un balance económico entre la necesidad de poseer un stock de repuestos que aseguren un continuo funcionamiento de las máquinas, por un lado, y al hecho de que es deseable no tener almacenados una gran cantidad de repuestos por el otro, ya que esto genera pérdidas económicas por tener inmovilizada considerable cantidad de repuestos, espacios ocupados, riesgos de obsolescencia, seguros, etc.

El control de stock de repuestos se podría definir como la política a seguir para que la cantidad de repuestos sea precisa en el momento deseado y al menor costo posible.

Existen métodos de control de los stock. cuando se dispone de la relación completa de items de repuestos se puede aplicar fácilmente el método diagrama ABC. Este método consiste en representar gráficamente un hecho que se presenta con frecuencia.

Es una relación entre el número del item en existencia de un inventario, el consumo anual de los mismos y su costo unitario. Con estos datos se confecciona un listado, como el siguiente:

I T E M	CODIGO	DESCRIPCION DEL REPUESTO	PRECIO UNITARIO	DEMANDA VALORIZA DA EN DE CEN DEC.	ACUMU- LADO DE DEMAN DA ANUAL VALORIZ.	D A V
					TOTAL	

Donde:

DAV: Demanda anual valorizada.

Una vez confeccionada este lista, se

reagrupan los artículos teniendo en cuenta su DAV en orden decreciente. Luego se calcula el 85% del monto total y se verifica que porcentaje de items cubre con demanda anual valorizada acumulada, este 85% de la inversión.

Los artículos que están comprendidos en los 85% son llamados artículos clase A. Si se determina por el mismo procedimiento el porcentaje de items que comprende el 90% de la inversión, este es otro valor (X).

Si restamos estos valores

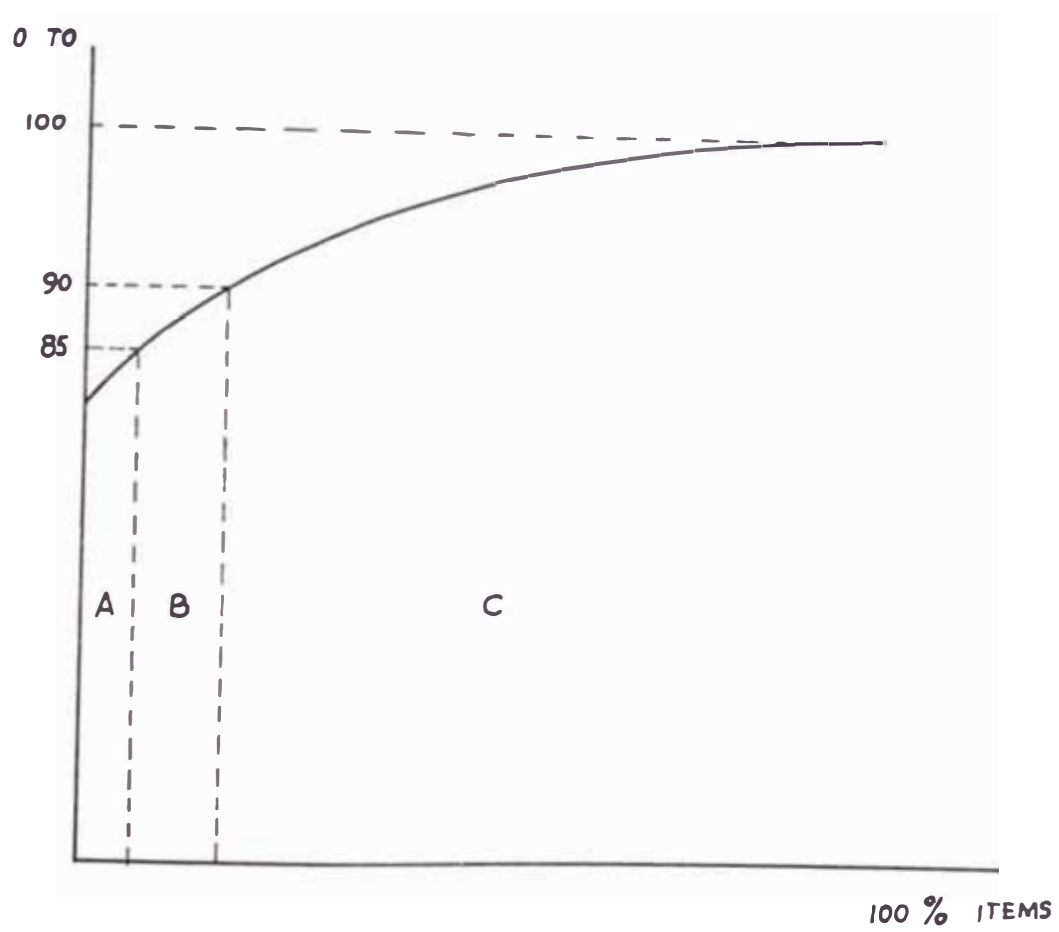
$$X - A = B$$

Entonces los items comprendidos en el valor de B son los artículos de clase B.

El resto de Items comprende el 10% de la inversión y se llaman artículos de clase C. Esto lo podemos resumir en:

% Items	% De inversión	Clase de artículo
X	85	A
Y	90	B(restando A)
Z	100	C(restando A y B)

Utilizando un grafico tenemos:



5.5.5. EFECTIVIDAD DEL SISTEMA (S.E.)-.

Está dado por la expresión:

$$SE = R \times (OR) \times DA.$$

Donde:

R = Confiabilidad del sistema

OR = Facilidad Operacional

$$OR = A_o \times P_u + K(1 - P_u)$$

Donde:

A_o = Disponibilidad Operacional

P_u = Probabilidad que el sistema esté en uso.

K = Probabilidad que el sistema no falle cuando esté almacenado K=1

DA = Diseño Adecuado 75%

R_s = 0.6075

$$A_o = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

MDT = Tiempo fuera de servicio debido a mantenimiento.

$$A_o = \frac{7164.35}{7164.35 + 263.60} = 0.9645$$

P_u = 0.95

Luego:

$$OR = A_o \times P_u + K(1 - P_u)$$

$$OR = 0.9645 \times 0.95 + 1(1 - 0.95)$$

$$OR = 0.966$$

Entonces:

$$SE = R \times OR \times DA$$

$$SE = 0.6075 \times 0.966 \times 0.75$$

SE = 0.44

- COMENTARIO:

Se tiene un efectividad del sistema bajo (SE = 0.44) debido a que se tiene principalmente una confiabilidad del sistema bajo ($R_s = 0.6075$), asimismo los factores como el Diseño Adecuado de 0.75 y un factor de Facilidad Operacional de 0.966 lo que influyen a que el factor efectividad del sistema (SE) sea bajo.

5.6. PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.-

La programación del mantenimiento tiene por objeto hacer un balance entre la capacidad de trabajo del personal y la carga de trabajo.

La programación general muestra la magnitud de cada parte de tarea de reparación o construcción de mantenimiento para un tiempo total dado.

El total de horas-hombre requeridas para cada parte, deberá deducirse del total de mano de obra disponible para así obtener una distribución de trabajos que dé un trabajo razonable a los operarios para que estos puedan cumplirlo.

La programación se debe hacer para un lapso entre 6 ó 12 meses, pudiendo variar de acuerdo a las prioridades de mantenimiento. Esta programación se debe revisar a intervalos de 1 a 4 meses, asimismo no se debe programar los trabajos con el 100% de mano de obra disponible para los trabajos de alta prioridad.

Además, se debe programar con sólo el 80% para que el 20% restante apoye en casos especiales o para compensar las condiciones mal estimadas y/o imprevistas.

5.6.1. TIEMPOS DE MANTENIMIENTO O PERIODO DE MANTENIMIENTO T_p .

Es el número de horas recomendado para la aplicación de las actividades de mantenimiento y sirve para hacer la programación respectiva.

Está contenido en el tiempo t (tiempo de operación o utilización al año).

Está dado por la expresión:

$$t = J \times T_p + \tau \quad (1)$$

Donde:

t = tiempo de operación por año.

J = Es el número de veces que se ha aplicado el

periodo de mantenimiento.

τ = Es el tiempo que falta a un periodo de mantenimiento. $0 \leq \tau \leq T_p$

Como un ejemplo de la secuencia a seguir tomaremos el caso del equipo Size Press que ha tenido fallas en la bomba. Se hace la aclaración que la determinación del T_p no es el correcto, sino es un valor de ejemplo. El valor correcto de T_p se calculará posteriormente.

Las fallas ocurridas se muestra en el siguiente cuadro.

SIZE PRESS - AÑO 1988 - 8784 HR

MES	31 E	29 F	31 M	30 A	31 M	30 J	31 J	31 A	30 S	31 O	30 N	31 D
N. DE VECES	1	-	1	1	1	3	1	1	1	2	1	-

De acuerdo a la distribución en que han ocurrido las fallas, el año lo dividimos en 4 partes, entonces el T_p comprenderá 3 meses.

Esta división del año se debe hacer tomando en cuenta los costos de pérdidas producidos por

paradas de máquina para reparaciones frente a los beneficios económicos de las horas de producción, esto es: Por ejemplo, en el supuesto caso de que un rodamiento presente síntomas de falla y que no corresponda a un equipo crítico o principal en la que la máquina pueda operar sin causar averías mayores, por dicha reparación no se justifica la paralización de la máquina ya que las pérdidas económicas de producción son mucho mayores que el valor del rodamiento. La aplicación del Programa de Mantenimiento Preventivo resultará económico si el costo de éste es menor que el costo de las fallas o sea:

$$C_{TPM} < C_{fallas} \text{ (reparaciones)}$$

Para dar **oportunidad** a realizar las reparaciones de emergencia o urgencia que se presenten en dicho período.

Si asumimos que cada tres meses tiene 30 días, entonces tenemos:

$$t = 8784 \text{ hr.}$$

$$J = 4$$

$$T_p = 3 \times 30 \times 24 = 2160 \text{ hr.}$$

Reemplazando en (1)

$$t = J \times T_p \times \tau$$

$$8784 = 4 \times 2160 + \tau$$

$$\tau = 144 \text{ hr.}$$

Dicho valor ($\tau = 144 \text{ hr.}$) nos indica que 144 hr. faltan para completar un periodo de mantenimiento, esto es: este tiempo no se ha podido controlar por lo que será considerado en un nuevo periodo (siguiente año).

- DETERMINACION DE LOS PARAMETROS APLICANDO TIEMPOS DE MANTENIMIENTO.-

- Aplicación de la distribución de Weibull.-

A. EQUIPO.- BOMBA DE CAJA DE ENTRADA.-

Del cuadro N. 5.3 (máquina papelera N. 1) observamos que la distribución de fallas para el año 1988 - (8784 hrs.) tenemos:

$$t = 8784 \text{ hrs.}$$

$$j =$$

$$T_p = 3 \times 30 \times 24 = 2160 \text{ hrs.}$$

Luego tenemos:

$$t - j T_p = \tau$$

$$8784 = 4 \times 2160 +$$

$$\tau = 144 \text{ hrs.}$$

- Confiabilidad.-

$$\text{con : } \eta = 24,000$$

$$\beta = 1.25$$

Tenemos:

$$R_{Tp}(t) = [R_{Tp}(T_p)]^{\eta} R_{Tp}(\tau)$$

$$R_{T_p}(t) = \left[e^{-\left(\frac{T_p - \delta}{\eta}\right)^\beta} \right]^J \times e^{-\left(\frac{\tau - \delta}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R_{T_p}(t) = \left[e^{-\left(\frac{2160 - 0}{24,000}\right)^{1.25}} \right]^4 \times e^{-\left(\frac{144 - 0}{24,000}\right)^{1.25}}$$

$$R_{T_p}(t) = 0.8197$$

- MTBF T_p :

$$\text{MTBF } T_p = \frac{\int_0^{T_p} R_{T_p}(\tau) \times d\tau}{1 - R_{T_p}(T_p)}$$

$$\text{MTBF } T_p = \frac{\int_0^{T_p} e^{-\left(\frac{\tau - \delta}{\eta}\right)^\beta} \times d\tau}{1 - e^{-\left(\frac{T_p - \delta}{\eta}\right)^\beta}}$$

Integrando según el método de Simpson y operando tenemos:

$$\text{MTBF } T_{p\text{res}}: 2991.46 \text{ hrs.}$$

B. EQUIPO.- MOTOR DEL RODILLO COUCH -
MESA PLANA.-

Del cuadro N. 5.3 (Maq. papelera N.

1) tenemos:

$$t = 8784 \text{ hrs.}$$

$$j = 2$$

$$T_p = 30 \times 24 \times 6 = 4320 \text{ hr.}$$

Luego tenemos:

$$t = J \times T_p + \tau$$

$$8784 = 2 \times 4320 + \tau$$

$$\tau = 144 \text{ hrs.}$$

- Confiabilidad.-

$$\text{con : } \eta = 17,000$$

$$\beta = 2.48$$

Operando tenemos:

$$R_{T_p}(t) = 0.9353$$

- MTBF T_p :

Integrando según el método de Simpson

y operando tenemos:

$$\text{MTBF } T_p = 4376.89 \text{ hrs.}$$

C. EQUIPO.- FRENSA N. 3.-

Del cuadro N. 5.3 tenemos:

$$t = 8784 \text{ hrs.}$$

$$j = 3$$

$$T_p = 4 \times 30 \times 24 = 2880 \text{ hr.}$$

Luego:

$$t = J \times T_p +$$

$$8784 = 3 \times 2880 + \tau$$

$$\tau = 144 \text{ hrs.}$$

- Confiabilidad.-

$$\text{con : } \eta = 26,000$$

$$\beta = 1.57$$

Operando tenemos:

$$R_{T_p}(t) = 0.9093$$

- MTBF T_{pss} .-

Integrando según el método de Simpson

y operando tenemos:

$$MTBF_{T_{pss}} = 4628.26 \text{ hr.}$$

D. EQUIPO.- 3. GRUPO DE CILINDROS SECADORES.-

Del cuadro N. 5.3 tenemos:

$$t = 8784 \text{ hrs.}$$

$$j = 3$$

$$T_p = 4 \times 30 \times 24 = 2880 \text{ hr.}$$

$$8784 = 3 \times 2880 + \tau$$

$$\tau = 144 \text{ hrs.}$$

- Confiabilidad.-

$$\text{con : } \eta = 17.500$$

$$\beta = 1.9$$

Operando tenemos:

$$R_{TP}(t) = 0.9072$$

- MTBF T_{P00} :

Integrando según el método de Simpson

y operando tenemos:

$$\text{MTBF } T_P = 4511.25 \text{ hrs.}$$

E. EQUIPO.- SIZE PRESS.-

Del cuadro N. 5.3 tenemos:

$$t = 3784 \text{ hrs.}$$

$$j = 2$$

$$T_p = 6 \times 30 \times 24 = 4320 \text{ hr.}$$

$$3784 = 2 \times 4320 + \tau$$

$$\tau = 144 \text{ hrs.}$$

- Confiabilidad.-

$$\text{con : } \eta = 18.500$$

$$\beta = 2.25$$

Operando tenemos:

$$R_{T.P.0} = 0.9270$$

MTBF T_{P00} =

Integrando según el método de Simpson
y operando tenemos:

$$MTBF_{TRES} = 3871$$

BOMBA DE CAJA DE ENTRADA

$$\eta = 24,000$$

$$\beta = 1.25$$

τ		$e^{-\left(\frac{\tau-\delta}{\eta}\right)^\beta}$	
0	1		
25		0.9998	
50			0.9996
75		0.9993	
100			0.9989
125		0.9986	
144	0.9983		
	1.9983	2.9977	1.9985

$$MTBF_{TRES} = \frac{\int_0^{144} e^{-\left(\frac{\tau-\delta}{\eta}\right)^\beta} \cdot d\tau}{1 - e^{-\left(\frac{T_E-\delta}{\eta}\right)^\beta}} = \frac{\frac{144}{3 \times 6} (17.9861)}{(1 - 0.9519)}$$

$$MTBF_{TRES} = 2991.46 \text{ hrs.}$$

MOTOR DEL RODILLO COUCH - MESA PLANA

$$\eta = 17.000$$

$$\beta = 2.48$$

$$e^{-\frac{(\tau-\delta)^{\beta}}{\eta}}$$

0	1		
25		1.0000	
50			1.0000
75		1.0000	
100			1.0000
125		1.0000	
144	1		
	2	3	4

$$MTBF_{T_{P00}} = \frac{144/3 \times 6[18]}{[1 - 0.9671]}$$

$$MTBF_{T_{P00}} = 4376.89 \text{ hrs.}$$

PRENSA N. 3

$$\eta = 26,000$$

$$= 1.57$$

τ	$e^{-\left(\frac{\tau-\delta}{\eta}\right)^\beta}$		
0	1		
25		1.0000	
50			0.9999
75		0.9999	
100			0.9998
125		0.9998	
144	0.9997		
	1.9997	2.9997	1.9997

$$MTBF_{T_{999}} = \frac{144}{3 \times 6} [17.9979]$$

$$[1 - 0.9689]$$

$$MTBF_{T_{999}} = 4628.26 \text{ hrs.}$$

3. GRUPO DE CILINDROS SECADORES

$$\eta = 17,500$$

$$\beta = 1.9$$

τ		$e^{-\left(\frac{\tau-\delta}{\eta}\right)^\beta}$	
0	1		
25		1.0000	
50			1.0000
75		1.0000	
100			0.9999
125		0.9999	
144	0.9999		
	1.9999	2.9999	1.9999

$$MTBF_{TDES} = 144/3 \times 6 \left[\frac{17.9999}{1 - 0.9681} \right]$$

$$MTBF_{TDES} = 4511.25$$

SIZE PRESS

$$= 18.500$$

$$= 2.25$$

τ	$e^{-\left(\frac{\tau-\sigma}{\eta}\right)^{\beta}}$			
0	1			
25		1		
50	1			1
75		1		
100				1
125		1		
144	1			
	2	3	4	

$$MTBF_{T_{press}} = \frac{144/3 \times 6 [18]}{[1 - 0.9628]}$$

$$MTBF_{T_{press}} = 3871$$

BOMBA DE VACIO N. 3

$$\eta = 13.000$$

$$\beta = 2.5$$

$$z = e^{-\left(\frac{z-\delta}{\eta}\right)^\beta}$$

0	1		
25		1	
50			1
75			
100			1
125		1	
144	1		
	2	3	2

$$MTBF_{TPB} = \frac{144/3 \times 6 \cdot [18]}{[1 - 0.9772]}$$

$$MTBF_{TPB} = 6305 \text{ hrs.}$$

CALDERA N. 3

$$\begin{aligned} \eta &= 13,900 \\ \beta &= 1.97 \end{aligned}$$

τ	$e^{-\left(\frac{\tau-\sigma}{\eta}\right)^\beta}$		
0	1		
25		1	
50			1
75		1	
100			0.9999
125		0.9999	
144	0.9999		
	1.9999	2.9999	1.9999

$$MTBF_{T_{99}} = \frac{144/3 \times 6 [17.9993]}{[1 - 0.9560]}$$

$$MTBF_{T_{99}} = 3272.03 \text{ hrs.}$$

$$\eta = 19,500$$

$$\beta = 1.75$$

TIEMPO CRONOLOGICO	TIEMPO DE FALLA	TIEMPO REAL DE TRABAJO	R(t)	Z(t)
2160	8.25 + 2.17 + 0.17 + 3.30 + 2.83 =	16.72	0.9827	1.582 x 10 ⁻⁵
4344	8.25 + 2.17 + 0.17 + 22.63 + 2.83 =	36.05	0.9425	2.672 x 10 ⁻⁵
6552	18.50 + 6.34 + 1.17 + 49.63 + 6.66 =	82.30	0.8864	3.625 x 10 ⁻⁵
8760	34.75 + 13.01 + 2.17 + 84.46 + 13.07 =	147.46	0.8196	4.492 x 10 ⁻⁵
10920	43.75 + 15.09 + 2.67 + 104.54 + 22.24 =	188.29	0.7464	5.298 x 10 ⁻⁵
13104	56.95 + 18.67 + 3.25 + 131.45 + 38.08 =	248.40	0.6696	6.067 x 10 ⁻⁵
15312	82.65 + 33.67 + 17.08 + 162.11 + 38.08 =	333.59	0.5921	6.803 x 10 ⁻⁵
17520	82.65 + 87.59 + 31.49 + 207.85 + 72.59 =	482.17	0.5186	7.494 x 10 ⁻⁵
19704	99.57 + 108.01 + 37.49 + 223.85 + 96.92 =	565.84	0.4472	8.176 x 10 ⁻⁵
21888	126.74 + 133.10 + 37.49 + 246.52 + 144.50 =	688.35	0.3819	8.828 x 10 ⁻⁵
24096	174.99 + 179.44 + 72.24 + 275.86 + 200.25 =	902.78	0.3242	9.444 x 10 ⁻⁵
26304	236.74 + 226.28 + 109.41 + 325.70 + 268.25 =	1,166.38	0.2734	1.003 x 10 ⁻⁴

$$MTBF = \int_0^t e^{-\left(\frac{t-\tau}{\eta}\right)^\beta} \times dt$$

Luego:

$$MTBF = \int_0^{8760} e^{-\left(\frac{t-\tau}{\eta}\right)^\beta} \times dt$$

$$\text{con: } \eta = 19.500$$

$$\beta = 1.75$$

Integrando según el método de Simpson tenemos:

$$e^{-\left(\frac{t-\tau}{\eta}\right)^\beta}$$

0	1		
2160		0.9790	
4344			0.9303
6552		0.8622	
8760	0.7815		
	1.7815	1.8412	0.9303

$$MTBF_{TP96} = \frac{8760}{4 \times 3} [1.7815 + 4 \times 1.8412 + 2 \times 0.9303]$$

$$MTBF_{TP96} = 8034.96$$

t		$e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^{\beta}}$	
0	1		
2160		0.9790	
4344			0.9303
6552		0.8622	
8760			0.7815
10920		0.6959	
13104			0.6073
15312		0.5194	
17520	0.4364		
	1.4364	3.0565	2.3191

$$MTBF_{T_{PB}} = 17520 \left[\frac{1.4364 + 4 \times 3.0565 + 2 \times 2.3191}{8 \times 3} \right]$$

$$MTBF_{T_{PB}} = 13,359$$

t		$e^{-\left(\frac{t-\delta}{\eta}\right)^{\beta}}$	
0	1		
2160		0.9790	
4344			0.9303
6552		0.8622	
8760			0.7815
10920		0.6959	
13104			0.6073
15312		0.5194	
17520			0.4364
19704		0.3612	
21888			0.2940
24096		0.2350	
26304	0.1848		
	1.1848	3.6527	3.0495

$$MTBF_{T_{P_{99}}}= \frac{26304}{12 \times 3} [1.1848 + 4 \times 3.6527 + 2 \times 3.0495]$$

$$MTBF_{T_{P_{99}}} = 15,997.65$$

Modos	Tp	J	τ
Quincenal	360	24	144
Mensual	720	12	144
Bimensual	1440	6	144
Trimestral	2160	4	144
Cuatrimestral	2880	3	144
Semestral	4320	2	144
Ánual	8640	1	144

5.6.2. BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.-

1. Modificación del sistema, utilizando máquinas en stand-by. Se debe cumplir la desigualdad $PNQ_D(SE_o - SE_i) > (C_o - C_i)$

Donde:

P = costo por unidad de producto

N = Número de años durante los cuales se hace la inversión.

Q_D = Cantidad de elementos producidos por año.

SE_o = Efectividad del sistema en Stand-by

SE_i = Efectividad del sistema inicial

$(C_o - C_i)$ = Inversión adicional debido a modificaciones introducidas.

Esto sería aplicable si una máquina papelería estaría en stand-by, pero como las dos máquinas deben trabajar no es aplicable.

2. Renovación de equipos.-

Se hace considerando factores técnicos y económicos.

- Factores técnicos.-

Según:

- Indicadores de mantenimiento.
Análisis estadístico.
- Mantenibilidad.

- Factores Económicos.-

Se hace posible mediante el análisis de los costos de las máquinas y equipos.

a. Costo de depreciación.- los que se deriva de la pérdida del valor actual de una máquina debido al uso. Se establece en base a una escala de tributación.

b. Costo de Reemplazo.- Debido al aumento de los precios hechos por el

fabricante y también por la devaluación de la moneda.

c. Costo de Inversión.-

Es debido al costo del dinero.

d. Costo de Mantenimiento y reparación.- Se define conociendo la disponibilidad de la máquina.

e. Costo por Parada de Equipo.- Se calcula en base al número de horas de parada por año y el costo por hora de parada.

f. Costo de Obsolescencia.- Se define en base a un factor de obsolescencia, el cual se va incrementando cada tres años.

5.6.3. ETAPAS DE LA PROGRAMACION.-

Es el conjunto de actividades de mantenimiento que se realizan mediante un programa, lo cual nos permite un mejor uso de los recursos disponibles de una planta (recursos: materiales, mano de obra, instrumentos).

- Niveles.- Son las diferentes etapas que se debe contemplar en el programa.

1º Nivel.- Consiste en programar actividades extraordinarias.

. Se programa en base al análisis de fallas, definiéndose así el periodo más adecuado.

. Se debe presupuestar la mano de obra y repuestos.

. Se debe aplicar 2 veces al año; en base a tiempos (Tp) de mantenimiento.

. El presupuesto que demanda debe tener como tope el 50% del presupuesto total de mantenimiento.

. Las actividades deben ser de mantenimiento preventivo.

Por ejemplo en el caso de un equipo o máquina crítica, según el análisis

de fallas se determinaran los periodos o tiempos de mantenimiento de inspecciones y su aplicacion o su reparacion. Se programara y presupuestara el numero de horas-hombre, repuestos y material necesario para su correspondiente inspeccion o reparacion.

2º Nivel.- Consiste en programar las actividades ordinarias.

. Es complemento al 1º nivel.

. Se realiza mensualmente (en algunos casos semanal).

. Se considera como punto de partida, las ordenes de trabajo que se analizan semana a semana dentro del mes.

. Las actividades son de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Por ejemplo de acuerdo a las ordenes

de trabajo se analiza que trabajos se deben realizar con prioridad; los que su vez pueden ser complementarios a los trabajos del 1º nivel como por ejemplo lubricación de equipos, ajuste de pernos, inspección externa del buen funcionamiento de equipos como por ejemplo bombas, refinadores, rodamientos o de sistemas de aire comprimido, sistema de distribución de vapor, sistemas hidráulicos, etc.

- Métodos para programar.-

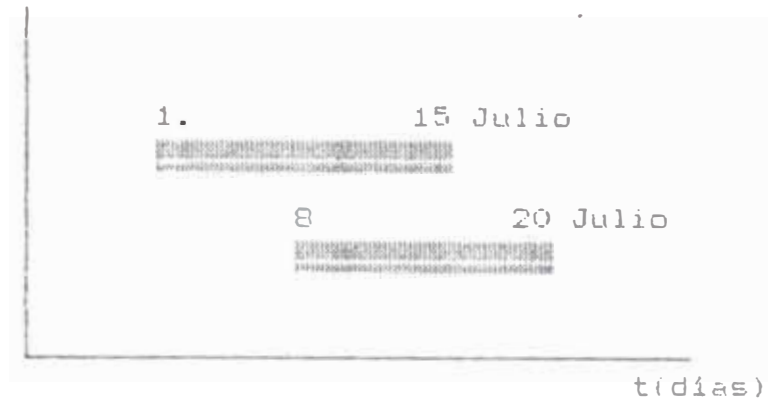
- . Permite mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles.
- . Nos permite optimizar el uso de los recursos de la planta.
- . Mayor eficiencia en la aplicación del presupuesto.

Los métodos más conocidos son:

- Método de GANTT.-

Con este método se indica y controla los trabajos que se tienen que realizar, ya sea en forma diaria o semanal.

Actividades de
Mantenimiento



- Método de PERT - CPM.-

Son técnicas de revisión y evaluación de programas.

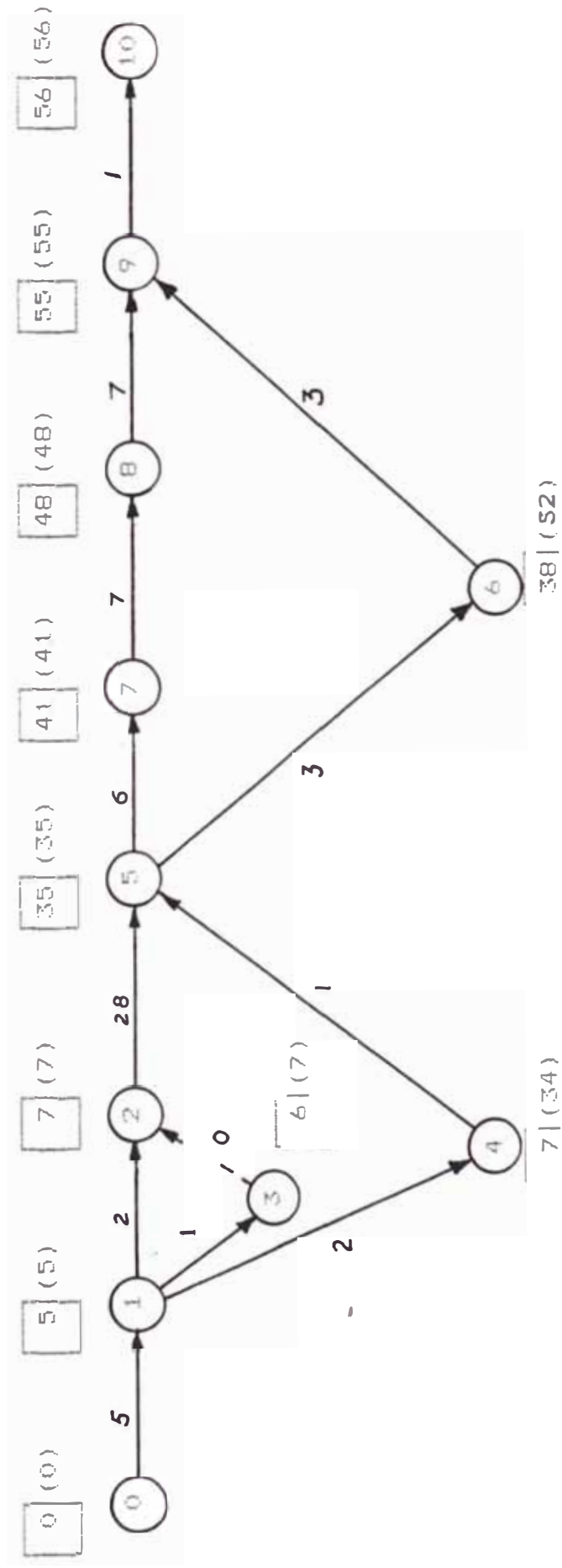
. Nos permite determinar las rutas críticas de las diferentes actividades de mantenimiento que se ha programado.

. Nos facilita el análisis del presupuesto asignado a cada actividad. Como ejemplo vamos a tomar la instalación de una caldera con la red de tubería de distribución del vapor.

CUADRO N. 5.5

CODIGO DE LA TAREA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD O LA TAREA
0 - 1	Elaboración de Planos
1 - 2	Excavaciones
1 - 3	Compra de material de construcción civil
1 - 4	Compra de caldera y accesorios
2 - 5	Hormigonar (Cimentación)
4 - 5	Fijación de caldera
5 - 6	Ensamble de accesorios de caldera (bombas, ventilador)
5 - 7	Construcción y fijación de soportes para tuberías
6 - 9	Conexión de equipo
7 - 8	Instalación de tuberías
8 - 9	Recubrimiento con aislamiento las tuberías
9 - 10	Puesta en marcha

DIAGRAMA DE FLECHAS



()

MARGEN TOTAL = FECHA MAS TARDIA DEL NODO DESTINO -- FECHA MAS TEMPRANA DEL NODO ORIGEN - DURACION DE LA TAREA. =

CUADRO N. 5.6

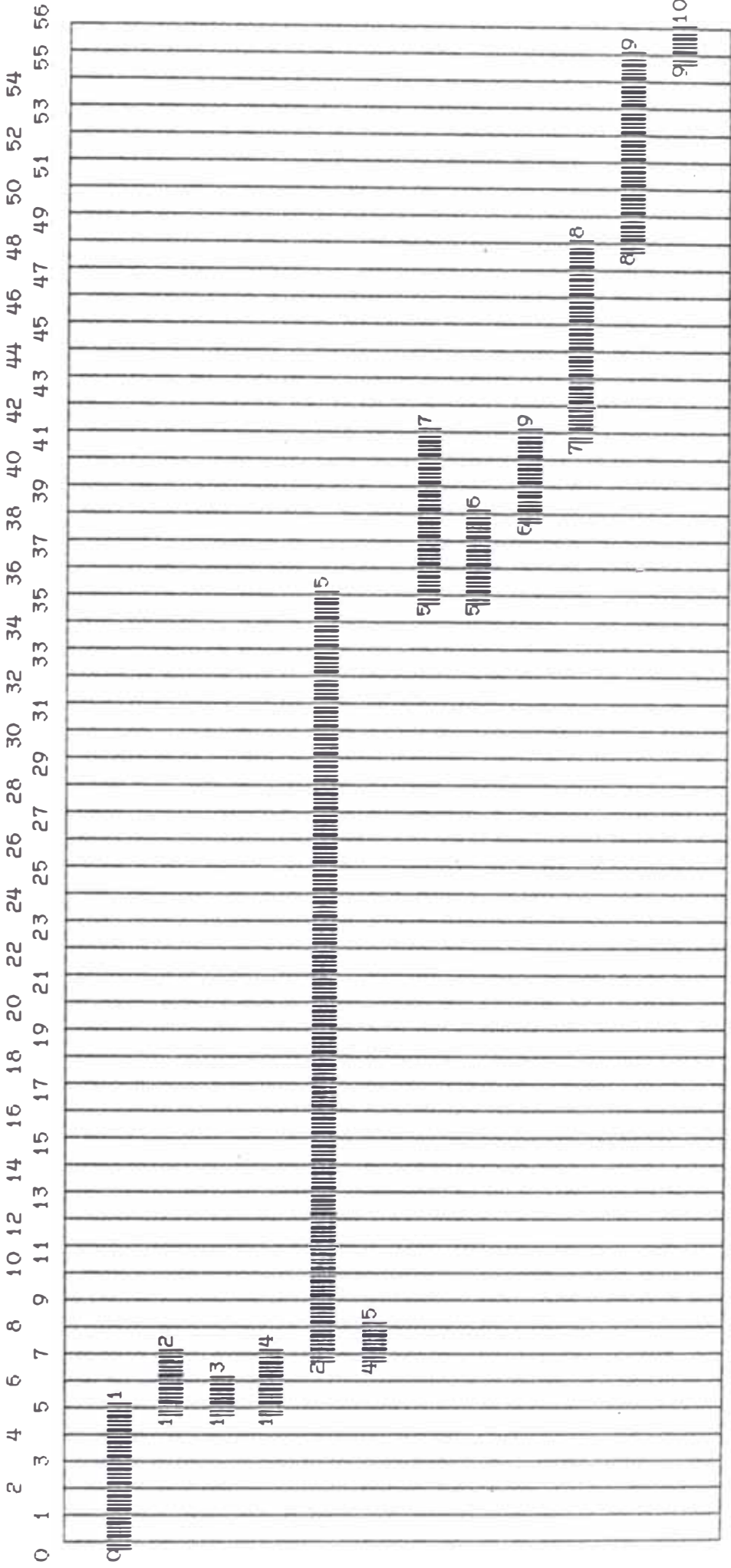
TAREA		MARGEN TOTAL
0 - 1	5 - 0 - 5	0
1 - 2	7 - 5 - 2	0
1 - 3	7 - 5 - 1	1
1 - 4	34 - 5 - 2	27
2 - 5	35 - 7 - 28	0
4 - 5	35 - 7 - 1	27
5 - 7	41 - 35 - 6	0
7 - 8	48 - 41 - 7	0
8 - 9	55 - 48 - 7	0
5 - 6	52 - 35 - 3	14
6 - 9	55 - 38 - 3	14
9 - 10	56 - 55 - 1	0

Luego el camino crítico definido está dado por la siguiente secuencia:

0-1-2-5-7-8-9-10

- La duración del proyecto será de 56 días.
- Se ha definido las tareas no críticas y sus respectivos márgenes.
- Se conoce la secuencia de cada tarea y su interrelación con las demás.

CALENDARIO



- Este diagrama de flechas se debe llevar a un diagrama de barras o de GANTT. El cual se denomina calendario.

Es como sigue:

Del calendario podemos observar los puntos críticos y no críticos.

De los puntos no críticos tenemos:

La tarea 1 - 3 tiene un margen de 1 día.

La tarea 1 - 4 tiene un margen de 27 días.

La tarea de 4 - 5 tiene un margen de 27 días.

La tarea de 5-6 tiene un margen de 14 días.

La tarea de 6 - 9 tiene un margen de 14 días.

5.6.7. PROGRAMA DE INSPECCIONES.-

El programa de inspecciones tiene por objeto determinar el tiempo necesario para realizar una inspección a los equipos para evitar la ocurrencia de fallas, aunque esto no impide

que no van a ocurrir fallas.

La determinación de estos períodos deben ser muy próximos a la probabilidad de la ocurrencia de falla ya que de lo contrario sería antieconómico dichas inspecciones. Por esta razón los datos estadísticos registrados de las ocurrencias de fallas deben ser muy minuciosos ya que con la ayuda de éstos podremos determinar los períodos óptimos de inspecciones.

Para fines de nuestro estudio hemos considerado dos tipos de períodos de inspección, uno base de los datos estadísticos proporcionados en los reportes mensuales de producción y otro el obtenido a base de consultas hechas a las personas encargadas del mantenimiento de los equipos, como también de sus respectivos manuales.

5.6.4.1. PRINCIPALES FALLAS QUE SE PRESENTAN EN LA MAQUINA PAPELERA N. 01 Y CALDERA N. 03.-

Para determinar los parámetros

estadísticos. Límites de control, asimismo para clasificar a la inspección de acuerdo a la falla del equipo, lo ideal es contar con las fechas y hora en que ocurrió la falla como también la especificación y causa de dicha falla. Como no se dispone de dichas condiciones, vamos a determinar los parámetros considerando la inspección a todo el equipo en algunos casos y en otros según la falla ocurrida (de acuerdo a la información dada en el reporte mensual de producción), también asumiremos el instante de la falla según el número de fallas ocurridas en un mes, esto es: el mes tiene un número de horas las que serán divididas según el número de fallas, éste será el instante de falla.

Ejemplo: el mes de enero tiene 744 horas. si han ocurrido 3 fallas entonces las fallas han ocurrido así:

La primera falla ha ocurrido a las 248 horas. la segunda falla a las 496 horas. tercera falla a las 744 hrs.

- Instante de Falla.- Es el momento en que ocurre la falla.
- Tiempo entre falla.- TEF.- Es el tiempo transcurrido entre dos fallas consecutivas.
- Tiempo promedio entre fallas X.- TPF.- Conocido los instantes de falla para cada tipo de éstas. se procede a determinar los tiempos entre fallas. Luego la sumatoria de todos estos tiempos entre fallas dividido entre el número de fallas menos una. da como resultado el tiempo promedio entre fallas.

$$X = \frac{1}{(N-1)} \sum_{i=2}^N \text{TEFi}$$

CUADRO No. 5.7 PRINCIPALES FALLAS QUE SE PRESENTAN EN LA MAQ. PAPELERA No. 1 Y CALDERA No. 03

SECCION No.	NOMBRE EQUIPOS	TIPO DE FALLA	No. DE VECES	DESCRIPCION DE LA FALLA	TPF (X)	DESVIACION STANDAR
02	<u>PILETAS</u> Depurador Nima	1	8	- Saltó Térmico	2,293.71	1,949.41
		1	17	- Desperfecto de bomba	1,460.13	1,125.63
03	<u>-CAJA DE ENTRADA</u> - Bomba	2	10	Cambio de empaquetaduras	2,274.67	2,393.63
		1	31	- Saltó Térmico	852	932.20
04	<u>MESA PLANA</u> - Motor del rodillo couch	1	21	- Saltó Térmico	1,021.2	929.48
		2	6	Cambio de Fajas	5,368	3,286.59
05	<u>BOMBAS DE VACIO</u> - No. 03	1	5	- Reparación de embrague	670	497.27
		2	18	Falla de reguladores automáticos de fajas	862.59	1,279.81
06	<u>PRENSAS</u> - No. 03	1	6	- Parada del motor	2,491.20	2,087.70
		2				

CUADRO No. 5.7 PRINCIPALES FALLAS QUE SE PRESENTAN EN LA MAQ. PAPELERA No. 1 Y CALDERA

SECCION No.	NOMBRE EQUIPOS	TIPO DE FALLA	No. DE VECES	DESCRIPCION DE LA FALLA	TPF (X)	DESVIACION STANDAR
05	<u>CILINDROS SECADORES</u> - No. 3	1	12	- Reparación de embrague	2,190.55	1,434.84
		2	11	- Reparación de juntas rotativas	2,121.60	1,764.39
07	<u>SIZE PRESS</u> - Bomba	1	24	- Reparación de bomba	1,095.13	1,071.28
		2	7	- Cambios de Rodillos	2,556	2,144.15
		3	8	- Reparación de embrague	1,885.71	2,102.61
09	CILINDRO POPE	1	14	- Reparación de embrague	1,687.38	1,663.68
		2	4	- Desperfecto de Carril	3,664	3,632.30
12	<u>SUB-ESTACION</u> - No. 2	1	6	- Problemas de tablero eléctrico	4,536	2,415.55
		2	5	- Se quemaron fusibles	1,464	927.46
CALDERA No. 3				- Fallas en Caldera	618.10	266.48

- Comentario.-

Con respecto a la falla "saltó térmico" es una falla que sucede porque el motor se sobrecarga (paso de mayor amperaje al que está regulado el relé), esto se debe a que requiere mayor potencia para cumplir su función. Esta falla está más ligada al operador que al equipo en sí, pero se lo considera como falla en la máquina por producir pérdidas (se debe coordinar con los operadores de los equipos).

Respecto a la máquina papelera N. 02 no se dispone de datos de falla porque recientemente la han instalado y está en prueba.

- Respecto a la estucadora no tiene registro de fallas por ser nueva.

- Respecto a los demás equipos presentan fallas de poca importancia y/o menor frecuencia.

- Desviación Standart σ .-

Es el grado de dispersión de los tiempos entre fallas con respecto al TPF.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=2}^N (TEFi - \bar{x})^2}$$

5.6.4.2. CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL.-

Teniendo como base la información dada en los cuadros N. 5.7 (tiempo promedio entre fallas y desviación standart), se ha procedido a determinar los límites de control según la expresión:

$$LC = \bar{x} + C \sigma$$

Donde:

LC = Limite de control

\bar{x} = Tiempo promedio entre fallas
(media aritmética).

σ = Desviación standart

C = Coeficiente de amplitud de rango.

La finalidad de establecer los límites de control es determinar el rango de

tiempo en el cual se va a encontrar nuestro periodo de inspección para cada tipo de falla.

El coeficiente de amplitud (C) está en función de la cantidad de datos. lo que hace que nuestros límites de control se encuentren en la mayor cantidad de puntos significativos.

Por lo que tendremos un límite máximo

$$L_{max} = \bar{X} + C\sigma$$

y un límite mínimo.

$$L_{min} = \bar{X} - C\sigma$$

Como se apreciará los límites mínimos son negativos, lo cual no puede ser real, puesto que de acuerdo al funcionamiento de los equipos sus horas trabajadas aumentan. En estos casos no consideraremos los valores negativos y consideraremos como inicio de funcionamiento del equipo a partir del valor cero, hasta el límite máximo. (que es positivo). La probabilidad de ocurrencia de falla se reducirá ya que

hemos descartado los valores negativos, es entre estos límites en que puede ocurrir la falla.

5.6.4.3. CALCULO DE LOS PERIODOS DE INSPECCION.-

Para el efecto del programa de inspección, se tomará como fecha más adecuada el valor medio entre el valor cero y el límite máximo.

5.6.4.4. AJUSTE DEL PERIODO DE INSPECCION.-

Habiéndose determinado los períodos de inspección, se procede a realizar algunos ajustes a dichos períodos, con la finalidad de estandarizarlos; programarlos en períodos de tiempo que sean más flexibles y prácticos a llevar a cabo.

Como ejemplo tenemos:

Una inspección que se debe realizar cada 1824.30 hrs. (caso mesa plana - motor del rodillo couch) y teniendo en mente

que trabaja las 24 hrs. del día: la inspección se debería realizar cada 76 días. pero para hacerlo más práctico se lo ha ajustado a cada 3 meses.

En el cuadro N. 5.8 se indica en resumen los límites de control, los periodos de inspección con sus respectivos ajustes.

CUADRO No. 5.8
CUADRO RESUMEN DE INSPECCIONES A REALIZAR SEGUN LAS PRINCIPALES FALLAS SUCEDIDAS EN LA MAQUINA
PAPELERA No. 1 Y CALDERA No. 03

SECCION No.	NOMBRE EQUIPOS	VALOR DE C	TIPO DE FALLA	Lmax (hrs)	Lmin (hrs)	PERIODO DE INSPECCION (hrs)	AJUSTE DEL PERIODO DE INSPECCION
02	PILETRAS - Depurador Nima	2	1	6,192.53	0	3,096.27	Cada 4 meses
		2	1	3,711.39	0	1,855.69	Cada 3 meses
03	-CAJA DE ENTRADA - Bomba	3	2	9,455.56	0	4,727.78	Cada 6 meses
		3	1	3,648.60	0	1,824.30	Cada 3 meses
04	MESA PLANA Motor del rodillo couch BOMBAS DE VACIO - No. 3 PRENSAS - No. 3	3	1	3,809.65	0	1,904.83	Cada 3 meses
		2	2	11,941.18	0	5,970.59	Cada 8 meses
		2	1	1,664.54	0	832.27	Cada mes

CUADRO No. 5.B
 CUADRO RESUMEN DE INSPECCIONES A REALIZAR SEGUN LAS PRINCIPALES FALLAS SUCCEDIDAS EN LA MAQUINA
 PAPELERA No. 1 Y CALDERA No. 03

SECCION No.	NOMBRE EQUIPOS	VALOR DE C	TIPO DE FALLA	L _{max} (hrs)	L _{min} (hrs)	PERIODO DE INSPECCION (hrs)	AJUSTE DEL PERIODO DE INSPECCION
05	MOTOR DE MANDO - Sistema War Leonard	3	1	4,702.02	0	2,351.01	Cada 3 meses
		3	2	8,754.30	0	4,377.15	Cada 6 meses
07	CILINDROS SECADORES No. 3	2	1	5,060.23	0	2,530.12	Cada 4 meses
		3	2	7,414.77	0	3,707.39	Cada 5 meses
09	SIZE PRESS Bomba	3	1	4,308.98	0	2,154.49	Cada 3 meses
		3	2	8,588.45	0	4,294.23	Cada 6 meses
		3	3	8,193.54	0	4,096.77	Cada 6 meses
12	SUB-ESTACION - No. 02	3	1	6,678.41	0	3,339.21	Cada 5 meses
		3	2	14,560.90	0	7,280.45	Cada 10 meses
CALDERA No. 03		2	1	9,367.10	0	4,683.55	Cada 6 meses
		2	2	3,318.92	0	1,659.46	Cada 2 meses
		2		1,151.06	0	575.53	Cada mes

A continuación presentamos un resumen de estos cálculos.

DEPURADOR NIMA

Tipo de falla 1 salto térmico.

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
	9504		5	14592	372
2	13104	3600	6	20424	5832
3	13848	744	7	21898	1464
4	14220	372	8	25560	3672

$$LC = XI + K \cdot \sigma$$

X = Media aritmética del tiempo entre falla

σ = Desviación standar del tiempo entre falla

$$X = \sum_{i=1}^N \frac{TEFi}{(N-1)}$$

K = Constante de amplitud de rango.

$$\sum TEF = 16056$$

$$TEF = X = \frac{\sum TEF}{N-1} = \frac{16056}{(8-1)} = 2293.71$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(TEFi - X)^2}{(N-1)}}$$

$$\sigma^2 = 3800218.77$$

$$\sigma = 1949.41$$

- Cálculo de los límites de control:

$$L_{max} = 2293.71 + 2 \times 1949.41 = 6192.53$$

$$L_{min} = 293.71 - 2 \times 1949.41 = -1605.11$$

$$L_{max}/2 = 3096.27$$

- Cálculo de Probabilidades.-

$$P(\min 0 \leq x \leq \max 6192.53)$$

$$P(-1.17 < z < 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z \leq -1.17) =$$

$$P = [1 - 0.0228] - 0.121 = 0.8562$$

$$P = 85.62 \%$$

Inspeccion cada 4 meses.

CAJA DE ENTRADA

Tipo de Falla:

- 1.- Reparación de bomba
- 2.- Cambio de empaquetaduras.

Tipo de falla 1.-

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	744	-	10	18264	3672
2	1416	672	11	18960	696
3	2160	754	12	19704	744
4	6552	4392	13	20424	720
5	8016	1464	14	22632	2208
6	9504	1488	15	23376	744
7	10920	1416	16	23736	360
8	13104	2184	17	24096	360
9	14592	1488			

$$\sum \text{TEF} = 23362$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 1460.13$$

$$\sigma^2 = 1267047.24$$

$$\sigma = 1125.63$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 1460.13 + 2 \times 1125.63 = 3711.39$$

$$L_{\min} = 1460.13 - 2 \times 1125.63 = -791.13$$

$$L_{\max}/2 = 1855.69$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x < 3711.39)$$

$$P(-1.29 < z < 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z < -1.29) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0985 = 0.8787$$

$$P = 87.87 \%$$

Inspección cada 3 meses.

Tipo de falla 2.-

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	5088	-	6	24096	360
2	6760	3672	7	24344	248
3	15312	6552	8	24592	248
4	21168	5856	9	24840	248
5	23736	2568	10	25560	720

$$\sum \text{TEF} = 20472$$

$$\text{TFE} = \bar{x} = 2274.67$$

$$\sigma^2 = 5729464.88$$

$$\sigma = 2393.63$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 2274.67 + 3 \times 2391.63 = 9455.56$$

$$L_{\text{mín}} = 2274.67 - 3 \times 2391.63 = -4900.22$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 4727.78$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 9455.56)$$

$$P(-0.95 < z < 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -0.95) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1711 = 0.8276$$

$$P = 82.76 \%$$

Inspección semianual.

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRANSCURSO DE LOS AÑOS

SECCION No. EQUIPO: CAJA DE ENTRADA.....

AÑO	1986												1987												
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	7	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MES	4	4	1	8	6	3	0	8	5	2	0	7	5	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
FALLA	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	8	5	3	0	7	5	
	6	0	0	4	4	4	8	2	2	6	0	4	7	2	4	8	0	4	9	1	5	7	2	0	
MES	E	F	E	M	A <td>M</td> <td>J</td> <td>J</td> <td>A</td> <td>S</td> <td>O</td> <td>N</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td>M</td> <td>A</td> <td>M</td> <td>J</td> <td>J</td> <td>A</td> <td>S</td> <td>O</td> <td>N</td> <td>D</td>	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2																									
3																									

AÑO	1988												
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MES	8	8	9	0	1	1	2	3	4	4	5	6	6
FALLA	2	9	7	4	1	8	6	3	0	8	5	3	3
	6	6	4	2	6	8	3	7	9	4	6	0	4
MES	4	0	0	4	8	8	2	6	6	0	0	4	4
FALLA	E	F	E	M	A <td>M</td> <td>J</td> <td>J</td> <td>A</td> <td>S</td> <td>O</td> <td>N</td> <td>D</td>	M	J	J	A	S	O	N	D
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2													
3													

TIPO DE FALLA

1. Reparacion de Bomba
2. Cambio de Empequetaduras.....
3.

MOTOR DEL RODILLO COUCH - MESA PLANA

Tipo de Falla: Salto Térmico

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	744	-	17	15808	248
2	1416	672	18	16056	248
3	6552	5136	19	18612	2556
4	7296	744	20	18960	348
5	8016	720	21	19704	744
6	8760	744	22	20424	720
7	9504	744	23	21168	744
8	9840	336	24	21408	240
9	10176	336	25	21648	240
10	11640	1464	26	21888	240
11	13104	1464	27	22632	744
12	13848	744	28	23376	744
13	14592	744	29	24096	720
14	14952	360	30	24840	744
15	15312	360	31	26304	1464
16	15560	248			

$$\sum \text{TEF} = 25560$$

$$\text{TPF} = 852$$

$$\sigma^2 = 868998.40$$

$$\sigma = 932.20$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 852 + 3 \times 932.20 = 3648.60$$

$$L_{\min} = 852 - 3 \times 932.20 = -1944.60$$

$$L_{\max}/2 = 1824.30$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x \leq 3648.60)$$

$$P(-0.91 < z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z < -0.91) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1814 = 0.8173$$

$$P = 81.73 \%$$

Inspeccion cada 3 meses

BOMBA DE VACIO N. 3

TIPO DE FAJA:

- 1.- Fero de bomba.- por saltar térmico.
- 2.- Cambio de fajas

Tipo de falla: 1

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	744	-	12	14952	360
2	2880	2136	13	15312	360
3	7296	4416	14	16056	744
4	8016	720	15	16776	720
5	10176	2160	16	18264	1488
6	10920	744	17	18960	696
7	11640	720	18	19332	372
8	12384	744	19	19704	372
9	13476	1092	20	20424	720
10	13848	372	21	21168	744
11	14592	744			

$$\sum \text{TEF} = 20424$$

$$\text{TFP} = 1021.2$$

$$\sigma^2 = 863940.96$$

$$\sigma = 929.48$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 1021.2 + 3 \times 929.48 = 3809.65$$

$$L_{\min} = 1021.2 - 3 \times 929.48 = -1767.24$$

$$L_{\max}/2 = 1904.83$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x \leq 3809.65)$$

$$P(-1.09 \leq z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.09) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1379 = 0.8608$$

$$P = 86.08 \%$$

Inspección cada 3 meses

Tipo de falla: 2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	1416	-	3	16776	7272
2	9504	8088	4	17520	744

$$\sum \text{TEF} = 16104$$

$$\text{TPF} = 5368$$

$$\sigma^2 = 10801664$$

$$\sigma = 3286.59$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 5368 + 2 \times 3286.59 = 11941.18$$

$$L_{\min} = 5368 - 2 \times 3286.59 = -1205.18$$

$$L_{\max}/2 = 5970.59$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x \leq 11941.18)$$

$$P(-1.63 < z < 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z \leq -1.63) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0516 = 0.9256$$

$$P = 92.56 \%$$

Inspección cada 8 meses

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRANSCURSO DE LOS AÑOS

SECCION No. EQUIPO: BOMBA DE VACION No. 3.....

AÑO	1986												1987														
	J	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D	
HRS	7	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	4	4	1	8	6	3	0	1	8	5	2	0	7	5	0	1	2	3	3	4	5	6	6	7			
	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	1	8	5	3	0	7			
	6	0	0	4	4	4	8	2	2	6	6	0	4	7	2	4	8	0	4	9	1	5	7				
															6	0	4	4	8	2	2	6	6				
FALLA	M	E	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D
2			1												1												
1													1	1													
3																											

AÑO	1988													
	J	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D	
HRS	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	4	2	2	
	8	9	7	4	1	8	6	3	0	8	5	3	6	
	2	9	7	4	1	8	6	3	0	8	5	3	6	
	6	6	4	2	6	8	3	7	9	4	6	0	4	
	4	0	0	4	8	8	2	6	6	0	0	4	4	
FALLA	M	E	F	M	A	M	J	J	A	R	S	O	N	D
1														
3														

TIPO DE FALLA

1. Paro de Bomba por salto termico
2. Cambio de Fajas
3.

3. PRENSA

Tipo de falla: Reparación de embrague.

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	22880	-	4	24096	720
2	23128	248	5	25560	1464
3	23376	248			

$$\begin{aligned} \sum \text{TEF} &= 2680 & \sigma^2 &= 247276 \\ \text{TPF} = \bar{x} &= 670 & \sigma &= 497.27 \end{aligned}$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 670 + 497.27 \times 2 = 1664.54$$

$$L_{\text{mín}} = 670 - 2 \times 497.279 = -324.54$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 832.27$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x < 1664.54)$$

$$P(-1.35 < z < 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z < -1.35) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0885 = 0.8887$$

$$P = 88.87 \%$$

Inspección cada 1 mes

3. GRUPO DE CILINDROS SECADORES

Tipos de falla:

- 1.- Reparación de embrague
- 2.- Reparación de bochas

Tipo de falla: 1

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	744	-	7	16056	372
2	5088	4344	8	18264	2208
3	7296	2208	9	18960	696
4	8016	720	10	20424	1464
5	11640	3624	11	24096	3672
	15684	4044	12	24840	744

$$\sum \text{TEF} = 24096$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 2190.55$$

$$\sigma^2 = 2058764.43$$

$$\sigma = 1434.84$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 2190 + 2 \times 1434.84 = 5060.23$$

$$L_{\text{mín}} = 2190.55 - 2 \times 1434.84 = -679.13$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 2530.12$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 5060.23)$$

$$P(-1.53 \leq z \leq 2) \Rightarrow P(z < 2) - P(z < -1.53) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.063 = 0.9142$$

$$P = 91.42 \%$$

Inspección cada 4 mes

Tipo de falla.- 2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	4344		7	14344	248
2	6552	2208	8	14592	248
3	9504	2952	9	18960	4368
4	10176	672	10	24840	5880
	12384	2208	11	25560	720
6	14096	1712			

$$\sum \text{TEF} = 21216$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 2121.60$$

$$\sigma^2 = 3113072.64$$

$$\sigma = 1764.39$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 2121.60 + 3 \times 1764.39 = 7414.77$$

$$L_{\text{mín}} = 2121.60 - 3 \times 1764.39 = -3159.57$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 3707.39$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 7414.77)$$

$$P(-1.20 \leq z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.20) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1151 = 0.8836$$

$$P = 88.36 \%$$

Inspección cada 5 mes

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRANSCURSO DE LOS ANOS

SECCION No. EQUIPO: 3o. GRUPO DE CILINDROS SECADORES

ANO	1986												1987												
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	7	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	4	1	8	6	3	0	8	5	2	0	7	5	0	0	1	2	3	3	4	5	6	6	7	
	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	8	5	3	0	7	5	
	6	0	0	4	4	4	8	2	2	6	6	0	4	7	2	4	8	0	4	9	1	5	7	2	
FALLA	M	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1																									
2																									
3																									

ANO	1988												
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	8	8	9	0	1	1	2	3	4	4	5	6	6
	2	9	7	4	1	8	6	3	0	8	5	3	3
	6	6	4	2	6	8	3	7	9	4	6	0	4
	4	0	0	4	8	8	2	6	6	0	0	4	4
FALLA	M	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1													
2													
3													

TIPO DE FALLA

- 1. Reparacion de Embrague
- 2. Reparacion de Bochas.....
- 3.

SIZE PRESS

Tipo de Falla:

- 1.- Reparación de bomba
- 2.- Cambio de rodillos
- 3.- Reparación de embrague

Tipo de falla 1

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	372	-	13	19704	1440
2	744	372	14	20424	720
3	5088	4344	15	21168	744
4	8760	3672	16	21408	240
5	10176	1416	17	21648	240
6	10920	744	18	21888	240
7	13104	2184	19	22632	744
	15684	2580	20	23376	744
9	16056	372	21	24096	720
10	16776	720	22	24468	372
11	17520	744	23	24840	372
12	18264	744	24	25560	720

$$\sum \text{TEF} = 25188$$

$$\text{TPF} = X = 1095.13$$

$$\sigma = 1147645.16$$

$$\sigma = 1071.28$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 1095.13 + 3 \times 1071.28 = 4308.98$$

$$L_{\min} = 1095.13 - 3 \times 1071.28 = -2118.71$$

$$L_{\max}/2 = 2154.49$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x \leq 4308.98)$$

$$P(-1.02 < z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.02) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1539 = 0.8448$$

$$P = 84.48 \%$$

Inspeccion cada 3 meses

Tipo de falla.- 2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	9504	-	5	21168	2208
2	16416	6912	6	21888	720
3	16776	360	7	24840	2952
4	18960	2184			

$$\Sigma \text{TEF} = 15336$$

$$\sigma = 4597392$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 2556$$

$$\sigma = 2144.15$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 2556 + 3 \times 2144.15 = 8988.45$$

$$L_{\min} = 2556 - 3 \times 2144.15 = -3876.45$$

$$L_{\max}/2 = 4494.23$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x < 8988.45)$$

$$P(-1.19 < z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.19) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.117 = 0.8817$$

$$P = 88.17 \%$$

Inspección semianual

Tipo de falla: 3

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	11640	-	5	23376	1488
2	18264	6624	6	24096	720
3	21168	2904	7	24468	372
4	21888	720	8	24840	372

$$\sum \text{TEF} = 13200$$

$$\sigma = 4420982$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 1885.71$$

$$\sigma = 2102.61$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 1885.71 + 3 \times 2102.61 = 8193.54$$

$$L_{\min} = 1885.71 - 3 \times 2120.61 = -4422.12$$

$$L_{\max}/2 = 4096.77$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 8193.54)$$

$$P(-0.89 < z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -0.89) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1867 = 0.8120$$

$$P = 81.20 \%$$

Inspeccion semi anual.

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRANSCURSO DE LOS ANOS

SECCION No. EQUIPO: SIZE PRESS.

AND	1986												1987														
	J	F	E	M	A	R	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	R	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	7	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	4	1	8	6	3	0	9	5	2	0	7	5	0	0	1	2	3	3	4	5	6	6	7	7	7	7
	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	8	5	3	0	7	5	1	5	1
			6	0	0	4	4	8	2	2	6	0	4	1	7	2	4	8	0	4	9	1	5	7	2	0	0
FALLA	MES	E	F	M	A	R	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	R	M	J	J	A	S	O	N	D
1		2						1					1		1	1	1								2	1	1
2															1												
3																					1						

AND	1988												TIPO DE FALLA													
	J	F	E	M	A	R	M	J	J	A	S	O		N	D											
HRS	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	0	8	9	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
	2	9	7	4	1	8	6	3	0	8	5	3	1	6	4	1	9	7	4	6	0	4	1	6	0	4
	4	0	0	4	8	8	2	6	6	0	0	4														
FALLA	MES	E	F	M	A	R	M	J	J	A	S	O	N	D												
1		1		1	1	1	3	1	1	1	2	1														
2			1				1	1				1														
3		1					1	1		1	1	2														

- 1. Reparacion de Bomba
- 2. Cambios de Rodillos
- 3. Reparacion de embrague

CILINDRO POPE

TIPO DE FALLA:

- 1.- Mal funcionamiento de embrague
- 2.- Mal funcionamiento del carril

Tipo de falla 1

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	2160	-	8	18264	6624
2	3624	1464	9	18960	696
3	5832	2208	10	19208	248
4	7296	1464	11	19456	248
5	10176	2880	12	19704	248
6	11280	1404	13	21888	2184
7	11640	360	14	24096	2208

$$\sum \text{TEF} = 21936$$

$$\text{TPF} = \bar{x} = 1687.38$$

$$\sigma^2 = 2767817.47$$

$$\sigma = 1663.68$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 1687.38 + 3 \times 1663.68 = 6678.41$$

$$L_{\text{mín}} = 1687.38 - 3 \times 1663.68 = -3303.66$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 3339.21$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 6678.41)$$

$$P(-1.01 < z < 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.01) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1562 = 0.8425$$

$$P = 84.25 \%$$

Inspección cada 5 meses.

Tipo de falla: 2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	12384	-	3	14592	744
2	13848	1464	4	23376	8784

$$TEF = 10992 \qquad = 13193600$$

$$TPF = X = 3664 \qquad = 3632.30$$

$$L_{\max} = 3664 + 3 \times 3632.30 = 14560.90$$

$$L_{\min} = 3664 - 3 \times 3632.30 = -7232.90$$

$$L_{\max}/2 = 7280.45$$

$$P(0 \leq x \leq 14560.90)$$

$$P(-1 \leq z \leq 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1587 = 0.84$$

$$P = 84 \%$$

Inspección cada 10 meses.

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRANSCURSO DE LOS AÑOS

SECCION No. EQUIPO: CILINDRO POPE.

ANO	1986												1987												
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HRS	7	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FALLA	4	4	1	8	6	3	6	3	0	8	5	2	0	7	5	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7
1	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	8	5	3	0	7	5	
2	6	0	0	4	4	8	2	2	6	6	0	4	7	6	0	4	8	0	4	9	1	5	7	2	
3																									

ANO	1988												TIPO DE FALLA			
	J	F	E	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1. Mal funcionamiento de Embrague	2. Mal funcionamiento del Carril.	3.
HRS	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.	2.	3.
FALLA	8	8	9	0	1	1	2	3	4	4	5	6	6			
1	2	9	7	4	1	1	8	3	0	8	5	3	3			
2	6	6	4	2	6	8	3	7	9	4	6	0	4			
3	4	0	0	4	8	8	2	6	6	0	0	4	4			

CALDERA N. 03

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	372	-	23	13848	372
2	744	372	24	14220	372
3	1416	672	25	14592	372
4	2160	744	26	15312	720
5	3624	1464	27	16056	744
6	3984	360	28	16296	240
7	4344	360	29	16536	240
8	5088	744	30	16776	240
9	5460	400	31	17520	744
10	5832	372	32	18264	744
11	6552	720	33	18960	696
12	7296	744	34	19704	744
13	7656	360	35	20424	720
14	8016	360	36	21168	744
15	8760	744	37	21888	720
16	9504	744	38	22632	744
17	10176	672	39	23376	744
18	10920	744	40	24096	720
19	12384	1464	41	24840	744
20	12744	360	42	25560	720
21	13104	360	43	26304	744
22	13476	372			

$$\begin{aligned} \Sigma TEF &= 25960 & \sigma^2 &= 71013.51 \\ TFF &= 618.10 & \sigma &= 266.48 \end{aligned}$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 618.10 + 2 \times 266.48 = 1151.06$$

$$L_{\min} = 618.10 - 2 \times 266.48 = - 85.14$$

$$L_{\max}/2 = 575.53$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 1151.06)$$

$$P(-2 < z \leq 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z < -2) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0228 = 0.9544$$

$$P = 95.44 \%$$

Inspección mensual.

SUB-ESTACION N. 02

TIPO DE FALLA:

- 1.- Problemas en el tablero eléctrico
- 2.- Se quemaron fusibles.

Tipo de falla .-1

N.FALLA	INSTANTE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	2880	-	4	17520	744
2	10176	7296	5	22632	5112
3	16776	6600	6	25560	2928

$$\begin{aligned} \sum \text{TEF} &= 22680 & \sigma^2 &= 5834880 \\ \text{TPF} &= 4536 & \sigma &= 2415.55 \end{aligned}$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 4536 + 2 \times 2415.55 = 9367.10$$

$$L_{\text{mín}} = 4536 - 2 \times 2415.55 = -295.10$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 4683.55$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 < x \leq 9367.10)$$

$$P(-1.87 \leq z \leq 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z \leq -1.87) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0307 = 0.9465$$

$$P = 94.65 \%$$

Inspeccion cada 6 meses.

tipo de falla .-2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	17520		4	23004	2580
	18264	744	5	23376	372
	20424	2160			

$$\Sigma \text{TEF} = 5856$$

$$\sigma^2 = 8601840$$

$$\text{TPF} = 1464$$

$$\sigma = 927.46$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\text{máx}} = 1464 + 2 \times 927.46 = 3318.92$$

$$L_{\text{mín}} = 1464 - 2 \times 927.46 = -390.92$$

$$L_{\text{máx}}/2 = 1659.46$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(-1.57 \leq z \leq 2) \Rightarrow P(z \leq 2) - P(z \leq -1.57) =$$

$$P = (1 - 0.0228) - 0.0582 = 0.919$$

$$P = 91.90 \%$$

Inspección cada 2 meses

MOTOR DEL MANDO GENERAL (SISTEMA
WAR LEONARD)

TIPO DE FALLA:

- 1.- Fallas de reguladores automáticos de fajas.
- 2.- Parada del motor del mando general.

Tipo de falla 1

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	10176	-	10	20424	720
2	16056	5880	11	20796	372
3	16776	720	12	21168	372
4	17520	744	13	21888	720
5	18496	976	14	23004	1116
6	18728	232	15	23376	372
7	18960	232	16	23736	360
8	19332	372	17	24096	360
9	19704	372	18	24840	744

$$\sum \text{TEF} = 14664$$

$$\text{TPF} = 862.59$$

$$\sigma^2 = 1637910.48$$

$$\sigma = 1279.81$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 862.59 + 3 \times 1279.81 = 4702.02$$

$$L_{\min} = 862.59 - 3 \times 1279.81 = -2976.84$$

$$L_{\max}/2 = 2351.01$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 4702.02)$$

$$P(-0.67 < z \leq 3) = P(z \leq 3) - P(z \leq -0.67) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.2514 = 0.7473$$

$$P = 74.73 \%$$

Inspección cada 3 meses.

Tipo de falla .- 2

N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF	N.FALLA	INSTANTE DE FALLA	TEF
1	13848	-	4	25560	2184
2	19704	5856	5	25932	372
3	23376	3672	6	26304	372

$$\sum \text{TEF} = 12456$$

$$\text{TPF} = 2491.20$$

$$\sigma^2 = 4358511.37$$

$$\sigma = 2087.70$$

Cálculo de los límites de control.-

$$L_{\max} = 2491.20 + 3 \times 2087.70 = 8754.30 \text{ hr.}$$

$$L_{\min} = 2491.20 - 3 \times 2087.70 = -3771.90$$

$$L_{\max}/2 = 4377.15$$

Cálculo de probabilidades.-

$$P(0 \leq x \leq 8754.30)$$

$$P(-1.19 < z < 3) \Rightarrow P(z \leq 3) - P(z \leq -1.19) =$$

$$P = (1 - 0.0013) - 0.1170 = 0.8817$$

$$P = 88.17 \%$$

Inspección semi anual.

DISTRIBUCION DE FALLAS OCURRIDAS EN EL TRA SCURSO DE LOS NOS

SECCION No. EQUIPO: WARD LEONARD (MOTOR DEL MANDO GENERAL)

FALLA	1986												1987																							
	E F M			A M J			J A S			O N D			E F M			A M J			J A S			O N D														
1	7	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	4	1	1	8	3	0	8	5	2	0	7	5	0	1	2	3	3	4	5	6	6	7	7	7	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1
3	4	1	6	8	2	4	8	3	5	9	1	6	0	1	9	6	3	1	8	5	3	0	7	5	1	7	1	5	3	0	1	7	1	5	7	2
	6	0	0	0	4	4	8	2	2	6	6	0	4	7	2	4	8	0	4	9	1	5	7	2	1	5	7	2	1	5	7	2	1	6	6	0
MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

FALLA	1988												TIPO DE FALLA																										
	E F M			A M J			J A S			O N D			1. Falles de Reguladores Automaticos de fajas			2. Parada del Motor del Mando General.....			3.																				
1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
2	8	9	7	4	1	1	2	3	4	4	4	5	6	6	6	3	0	8	5	3	3	6	6	0	4	6	0	4	4	4	8	2	6	6	0	4	4	4	4
3	4	0	0	4	2	6	8	3	7	9	4	6	0	4	0	4	4	4	0	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			

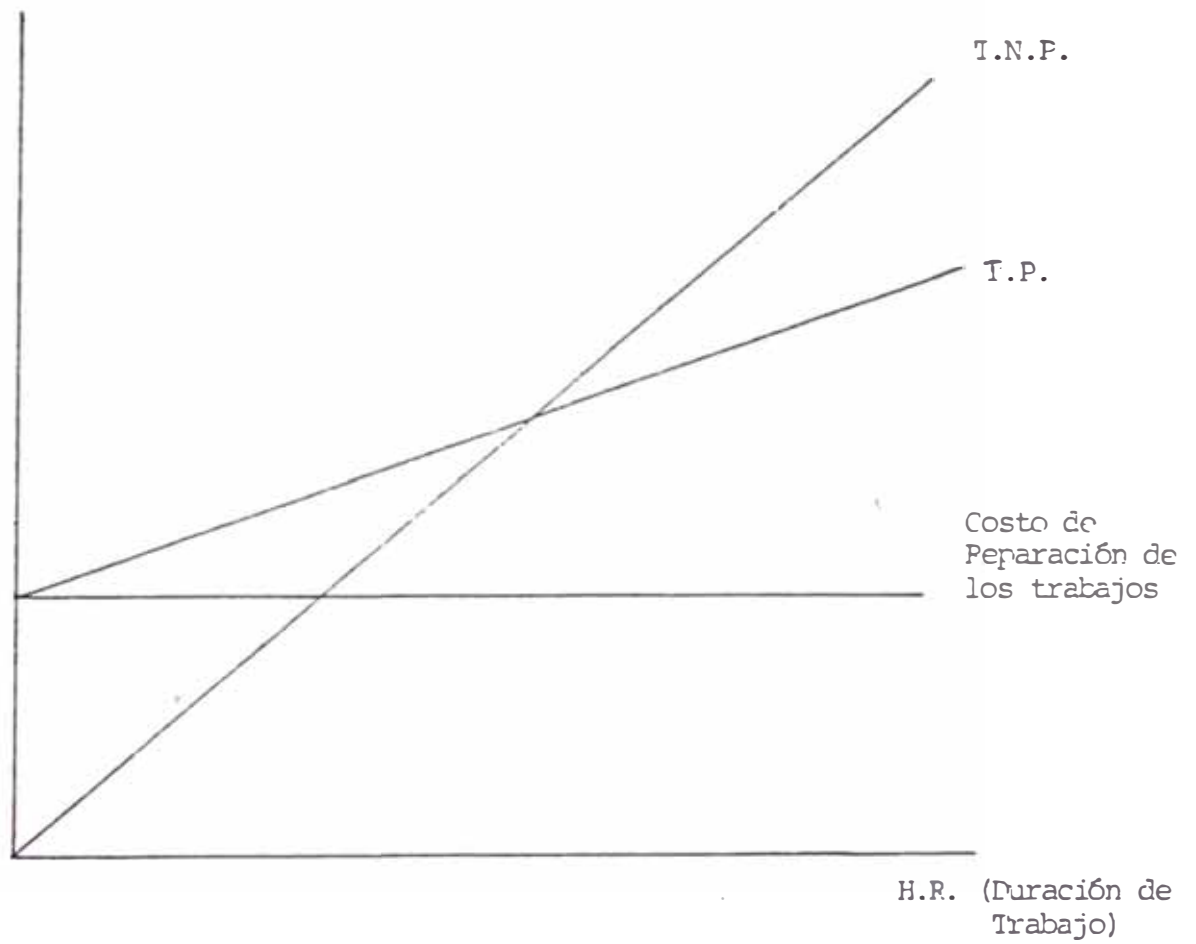
5.6.5. TRABAJOS PLANIFICADOS.-

Significa dar al ejecutor de la obra las condiciones necesarias dentro del tiempo previsto.

- . Obtener las normas de seguridad y de actualización pertinentes, de los responsables de la seguridad del establecimiento y ejecución de la obra.
- . Obtener el equipo, herramientas y los medios de transporte necesarios.
- . Materiales y repuestos.
- . Hacer una relación, con todas las tareas necesarias.
- . Adjuntar croquis, esquemas, planos, etc.
- . Aprovechiar el material de modo que esté a disposición del ejecutor, el cual ejecuta el trabajo, en el lugar y tiempo necesarios.

Del gráfico adjunto podemos observar el beneficio de los trabajos planificados.

Costo



Donde:

T.N.P. = Trabajos no planificados

T.P. = Trabajos planificados

. . = $T.P. < T.N.P$

Ejemplo.- La instalación de una red de tuberías para la distribución de vapor.

- Trabajo Planificado.-

- 1.- Elaboración de planos del proyecto.
- 2.- Solicitud del material necesario.
- 3.- Evaluación del personal necesario para la ejecución de la obra.
- 4.- Compra del material solicitado.
- 5.- Excavaciones y acondicionamiento del lugar donde se va a instalar la red de tuberías.
- 6.- Construcción de soportes y puntos de fijación.
- 7.- Instalación de la red de tuberías y accesorios.

- Trabajo No Planificado.-

- 1.- Solicitud incompleta del material necesario.
- 2.- Compra del material solicitado.
- 3.- Presencia en exceso o falta de personal necesario.
- 4.- Excavaciones y acondicionamiento del lugar donde se va a instalar la red de tuberías.
- 5.- Construcción de soportes y puntos de

fijación.

- 6.- Instalación de la red de tuberías.
- 7.- Solicitud del material complementario.
- 8.- Compra del material solicitado.
- 9.- construcción de soportes y de puntos de fijación y la instalación de la red de tuberías y accesorios faltantes.

- Comentario.-

Trabajos Planificados.-

- La elaboración de los planos del proyecto es un costo inicial, según el cual nos ayudará a evaluar la magnitud del trabajo, la disponibilidad del material necesario, del personal requerido para ejecutar el trabajo, asimismo posibilita la elaboración del calendario de la ejecución de la obra en el menor tiempo posible.

Trabajos No Planificados.-

- Ante la solicitud de realizar la obra, el encargado de realizar la obra observará estimará el material necesario, asimismo estimará el personal requerido, luego solicitará el material necesario para empezar obra. Una vez

empezada la obra y a medio realizar se va a dar con el caso de que falta material, de que falta personal, por lo que se tiene que solicitar el material faltante como también personal, mientras se espera la compra del material se alarga el tiempo de realización de la obra lo que conlleva a mayores costos y la no culminación del trabajo en la fecha fijada.

3.6.6. TECNICAS DE MANTENIMIENTO RECOMENDADAS.-

Una fabrica de acuerdo a su especialidad cuenta con una variedad de maquinas, equipos y sistemas, los cuales tienen diversas funciones, por lo que necesitan de acuerdo a sus funciones y características una determinada técnica de mantenimiento

Las técnicas de mantenimiento las vamos a dividir en 3 tipos, las que son: mecánicas, eléctricas y lubricación. Van a estar referidos a los equipos, sistemas o accesorios que a nuestro criterio en la fabricación de papel son los más importantes.

5.6.6.1. TECNICAS MÉCÁNICAS.-

A.- Rodamientos.-

La maquinaria que conforma la **fábrica** papelera tiene como accesorio principal los rodamientos, los cuales se encuentran en todos los equipos, bombas, rollos, rodillos, cilindros secadores, motores eléctricos, etc., salvo casos particulares (rodillos) donde hay cojinetes planos.

La durabilidad de los rodamientos dependen principalmente del buen **almacenamiento**, de su correcto ensamble en el lugar o parte de la máquina donde van a trabajar, de la adecuada lubricación, **de las** inspecciones y de la vigilancia de su **trabajo**, lo que podemos resumir en **cuatro** actividades consideradas como rutinarias, las que son: escuchar, tocar, observar y lubricar.

Se recomienda no desmontar un

rodamiento que no esté averiado, si es necesario hacerlo, se debe señalar y/o marcar como está montado inicialmente para luego montarlo en igual forma; además el desmontaje se debe hacer con las herramientas apropiadas tratando de no golpear en forma directa sobre el rodamiento por que es muy fácil de malograr el eje y el rodamiento. Una vez que el rodamiento ha sido desmontado lavarlo e inspeccionarlo, luego hacer girar el aro exterior escuchar si el ruido es normal.

Las averías en los rodamientos generalmente son como consecuencia de defectos de montaje, lubricación defectuosa, impurezas en el rodamiento, agua en el rodamiento, defecto de forma en el soporte o eje, daños por vibración, paso de corriente eléctrica, fatiga en el material.

El montaje de rodamientos grandes se facilita calentandolos

previamente y se lo debe hacer en baño de aceite limpio a una temperatura de 80 a 90.°C por encima de la temperatura ambiente. Un rodamiento no debe calentarse a más de 120.°C y nunca a llama directa.

En el caso de calentar el alojamiento se lo puede hacer con algún elemento calefactor o con llama directa **pero** verificando que no se deforme ni agriete. Este calentamiento es pequeño ya que el ajuste no es muy fuerte. Una vez caliente el alojamiento se debe limpiar y luego introducir el rodamiento y retenerlo en su lugar hasta que el alojamiento enfríe, con lo que el rodamiento quedará **fijo**.

Para el ensamble de rodamientos de rodillos cónicos se debe tener cuidado con el ajuste o juego **interno** que debe existir ya que de **estar** muy ajustado aparecerá una avería en el rodamiento.

Para el montaje de rodamientos, con agujero cónico se monta siempre con un ajuste de apriete, generalmente sobre un manguito de fijación o de desmontaje. El grado de apriete depende de lo que se cale el rodamiento sobre el cono. El juego radial original del rodamiento disminuye gradualmente durante el calado.

Para el montaje del manguito se debe deslizar hasta la posición marcada al desmontarlo si por algún motivo falta dicha marca de la posición del manguito sobre el eje, es preciso determinar donde debe situarse exactamente el rodamiento y colocar el manguito de acuerdo a ello.

Luego quitar el agente antioxidante del agujero del rodamiento y colocarlo sobre el manguito de fijación y enroscar la tuerca. Cale el rodamiento apretando la tuerca.

Cuando se montan rodamientos de bolas rótula sobre manguito de fijación se comprobar  la reducción del juego girando y ladeando el aro exterior durante el calado cuando la presión de la tuerca sea la apropiada el aro exterior debe continuar siendo fácil de girar pero presentar  cierta resistencia al ladearlo.

Cuando se monten rodamientos de rodillos rótula se debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante de dicho rodamiento.

B.- Calderas.-

Son los recipientes cerrados donde se genera vapor. Pueden ser acuotubulares (presiones altas y capacidad para generar gran cantidad de vapor) pirotubulares (presiones bajas), como son equipos vitales de una fábrica papeler  requieren de un cuidado especial.

Al inicio de su operación o después de una reparación que comprenda el cambio de tubos se los debe someter a una prueba hidrostática, dicha prueba no excederá de 1.5 veces la presión de trabajo permisible.

Debe ser instalada en un lugar ventilado.

La Caldera debe ser inspeccionada cada 6 meses.

Debe ser equipada con sistemas de seguridad, tales como: válvula de seguridad, vidrio visor de nivel de agua, control de mínima y máxima presión de trabajo, manómetros, termómetros en la chimenea, columna de agua.

Además debe tener un ventilador para evacuar los gases de combustión, asimismo valvulas de purga para evacuar los solidos

disueltos depositados en la parte inferior de la caldera. Si la caldera trabaja con petróleo industrial N. 6 debe tener precalentador(es).

Un factor muy importante para la conservación del equipo es el adecuado suministro de agua el que se consigue con un buen tratamiento de agua. El tratamiento de agua debe hacerlo personal especializado.

Debe haber un programa de mantenimiento; lo que comprenderá:

Diario:

- Realizar purgas de fondo, de nivel, en la columna de nivel de agua, por lo menos 6 veces al día (cada hr.) también realizar purgas en la chimenea, por lo menos veces al día. Verificar la temperatura en la chimenea.

- Revisar las condiciones del fuego por el vidrio visor.

Revisar el suministro de los productos químicos empleados en el tratamiento de agua.

- Mensual:

Limpiar el filtro de agua de alimentación de la caldera, purgar los tanques de condensado, limpiar el quemador, limpiar las toberas del quemador, revisar los electrodos de encendido, revisar el estado de la cámara de combustión y refractarios (pirotubulares)

Revisar el ajuste de los pernos de anclaje de las bombas motores, asimismo su alineamiento tensión de fajas.

- Limpiar la malla de entrada de

aire al ventilador.

- Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad, éstas deben descargar una presión no mayor de 3% de la presión regulada.

- Semestral.-

- Revisar el lado de agua de la caldera (pirotubulares). Esto se logra cuando la caldera está fría y quitando las tapas de inspección de mano y de hombre, luego lavar con agua usando una manguera de alta presión para detectar picaduras, corrosión o incrustaciones. Limpiar la columna de agua. Cuando se vuelva a tapar la caldera se debe aplicar las juntas, grafito en polvo, para facilitar su cambio la siguiente vez que destape la caldera.
- Mientras la caldera esté parada, revisar las válvulas, rectificar los asientos de las

válvulas y reempacar los vástagos de las válvulas si es necesario.

- Chequear el estado de las fajas en V, si es necesario cambiar, se debe cambiar todo el juego. Nunca se debe usar fajas nuevas con usadas, o ser instaladas muy ajustadas o flojas.

Limpiar el lado de fuego de los tubos. El hollín se comporta como un aislador y evita la absorción del calor de los tubos por el agua que los rodea.

- Los tubos deben limpiarse cada 6 meses o cuando la temperatura de la chimenea lo indique o cuando haya poca producción de vapor.

- Anual.-

- Si es necesario, cambiar las

empaquetaduras de las bombas.

- Revisar los motores, pruébese sus aislamiento.

B.1. Tratamiento de agua de la caldera.-

Como se mencionó anteriormente una de las causas más frecuentes de fallas en calderas es la falta de un tratamiento apropiado del agua de alimentación.

En general, el agua contiene impurezas que causan problemas tales como incrustaciones, picaduras, espuma. Estas impurezas, varían de un lugar a otro. Por lo que las calderas deben ser supervisadas por un químico especializado en tratamiento de agua para caldera, el cual debe hacer un programa de tratamiento, secuencia duración de púrgas así como los lavados químicos.

Dureza: del agua.-

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, que pueden ser bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros o nitratos.

El contenido de bicarbonatos se llama **dureza temporal**, ya que se puede eliminar al hervirla.

Las sales del agua dura aumentan la cantidad de jabón necesaria para hacer espuma y también forman depósitos o incrustaciones cuando se calienta o se evapora el agua.

La **dureza** es una medida de las sales de calcio y magnesio expresada como contenido equivalente de bicarbonato de **calcio** y se expresa por lo general en PPM como sigue:

<u>Dureza</u> (PPM CaCO_3)	<u>Clasificación</u>
menos de 15	Muy suave.
15 - 50	Suave
51 - 100	Dureza Media
101 - 200	Dura
mas de 200	Alta Dureza.

- Sólidos en suspensión.-

La concentración máxima permisible de sólidos en suspensión en el agua de la caldera es de 100 PPM.

- Sólidos totales.-

Son la suma de los sólidos disueltos y en suspensión, determinada gravimétricamente; su máxima concentración no debe exceder a 2000 PPM.

- PH del agua de la caldera.-

En la practica el intervalo de la escala PH varia desde 0 hasta 14

El agua neutra tiene un PH de 7; los valores por debajo de 7 implican un incremento en acidez, mientras que los valores de 7 a 14 registran un crecimiento de alcalinidad. Los valores menores de 7 favorecen la corrosión de las superficies en contacto con el agua. Los valores mayores de 7 implica la precipitación de carbonatos de calcio sobre las superficies de intercambio de calor, líneas.

El valor ideal del PH del agua de una caldera debe ser de 10.5 a 11, para prevenir corrosión ácida y dar un margen suficiente para precipitaciones de las sales generadoras de depósitos.

Un tratamiento inadecuado del agua de alimentación de la caldera produce:

Incrustaciones.- Son sólidos cristalinos que se adhieren en el lado de agua de los tubos y placas, estos sólidos son sales insolubles de calcio y magnesio, (caliche) los que se comportan como un aislante. Las incrustaciones provocan baja producción de vapor, altos costos de combustible y falla en la caldera (cambio de tubos).

Picadura.- La falla de los tubos por picaduras en los tubos se puede atribuir al oxígeno disuelto, que es introducido en la alimentación de agua cruda por filtración dentro del sistema a través de las válvulas y bombas.

Por medios mecánicos o químicos se debe controlar la existencia de oxígeno, principalmente a las calderas pirotubulares que son las más vulnerables a la picadura de

oxígeno.

Los valores ácidos en el PH generan la corrosión de los tubos

Sedimentos.- Los sólidos disueltos o en suspensión tienden a aumentar en concentración en la caldera de acuerdo a la calidad del agua cruda, forma del tratamiento químico las condiciones locales de operación, por lo que es necesario planificar un proceso de purgas de lo contrario se formarán incrustaciones.

C.- Líneas de Distribución de vapor.-

Aislamiento de la tubería.- El aislamiento de las líneas de distribución de vapor y la buena conservación del aislante es un factor muy importante en el consumo de energía.

Condiciones requeridas de un aislante su instalación.

- Cualidades de aislamiento eficiente, aplicado a un espesor económico.
- El material debe soportar un manejo de operación ordinario.
- La capa interior del aislamiento debe ser capaz de soportar la temperatura máxima de operación.
- El aislante debe estar sujeto a modo de formar una buena unión con el tubo.

En las uniones, el aislamiento debe ir ajustado y alternado (si es doble capa).

- El aislamiento debe ir bien cubierto y pintado, si es necesario.
- El aislamiento debe ser a prueba de agua en las líneas tendidas a la intemperie o las que van enterradas.

Mantenimiento.-

- Reparación rápida de superficies dañadas.
- Renovación de pintura e impermeabilización, tensado de

flejes o alambres de protección y reparación de las cubiertas de cañamazo desgarradas.

- Tener cuidado de las fugas de vapor, humedad, vibraciones, desprendimientos.
 - Tener cuidado de no sobrepasar la temperatura del vapor por encima del límite de seguridad del material aislante empleado.
 - Inspeccionense cuidadosamente las líneas para descubrir fugas incipientes de vapor o de agua, ocultas por el aislamiento.
- En caso de bridas descubiertas deben ser cubiertas.

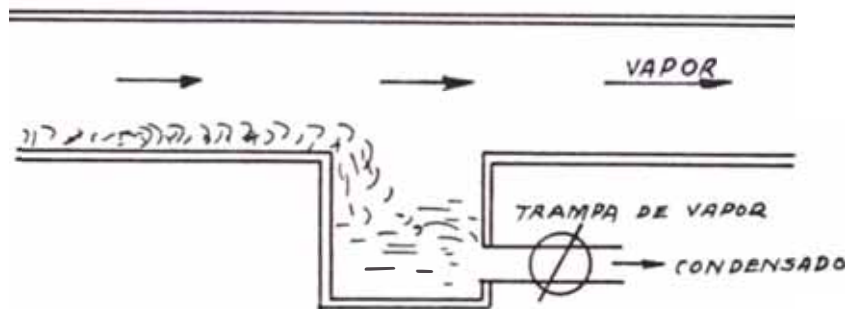
Por otro lado, como parte del vapor que circula por las tuberías de vapor se condensa debido a la pérdida de calor por radiación, es necesario extraer el condensado formado. Siempre que sea posible la tubería principal de vapor debe tener un declive de no menos de 0.5% en la dirección del flujo del vapor, ya que si se lo hace en forma

inversa el condensado tenderá a retroceder y como el vapor viaja a más de 18 m/seg., barrerá el condensado hacia arriba haciéndose difícil su extracción, asimismo se producirá una mezcla de vapor con agua y favorecerá al golpe de ariete.

Se debe formar puntos de drenaje intervalos de 30 a 50 m a lo largo de la tubería de vapor, igualmente, deberán drenarse todos los puntos bajos de recorrido.

Los puntos de drenaje deben ser de un diámetro apropiado. Lo ideal es formar bolsillos del mismo diámetro de la tubería principal, pero si bien es práctico usar una T normal en las tuberías de 4" de diámetro, se puede por razones de economía, usar por ejemplo un bolsillo de 4" de diámetro en una línea de 6" .

Un bolsillo de drenaje se puede observar en el dibujo.



La elección de una trampa de vapor que mantenga los bolsillos libres de condensado es relativamente amplia.

Si en una línea horizontal se instala una válvula globo con el volante por encima de la tubería, el cuerpo de la válvula forma una barrera que interfiere del flujo de condensado hacia el siguiente punto de drenaje. Esto se soluciona instalando la válvula de costado. De igual manera si se instala un filtro

en una línea de vapor horizontal, después de un cierto tiempo el cuerpo se llenará de condensado operando solo la parte de la malla que se encuentre sobre el nivel del condensado. Para aprovechar mejor la malla filtrante será instalándolo de costado.

En el caso de reducir el diámetro de una tubería siempre debe usarse una cupla de reducción excéntrica.

La recuperación del condensado se debe hacer almacenando todo el condensado de los drenajes en un tanque del cual será bombeado al tanque general de condensado.

Debido al aumento de temperatura las tuberías sufren una deformación (expansión). En el caso de tuberías de pequeño diámetro, poca longitud y con muchas curvas, hay suficiente movimiento en los accesorios que permiten la expansión. En tuberías

de mayor diámetro, tramos largos y rectos se usan algunos expansores o juntas de expansión las que son: espiral completa, lira u omega, junta deslizante o telescópica juntas de expansión a fuelle.

Con respecto los anclajes de las tuberías, en puntos situados entre las juntas de expansión, son indispensables para hacer que éstas realicen adecuadamente su trabajo. Cuando se ancla una línea horizontal es casi siempre indispensable soldar topes sobre la línea. Se debe usar abrazaderas para evitar movimientos verticales.

Toda ramificación se debe tomar, en general, de la parte superior de la cañería principal para proveer al equipo de vapor lo más seco posible.

Cuando una ramificación desciende de una cañería principal elevada para abastecer a un equipo a nivel

del piso, entonces el punto bajo antes de alcanzar la máquina, también debe ser drenado. Esto es particularmente necesario si se instala una válvula de control o una válvula reductora en esta línea, ya que una válvula diseñada para vapor no puede trabajar eficientemente en una línea anegada.

Por otro lado, cuando las máquinas papeleras, estucadoras, calderas dejan de funcionar, el vapor que se queda en las tuberías se condensa y éstas se llenan de aire. Se sabe que para una determinada presión cualquier mezcla de aire - vapor está a una temperatura menor que la del vapor saturado, por lo tanto, controlando la presión no se garantiza la obtención de la temperatura correcta en el equipo de proceso. Por lo que es necesario eliminar el aire formado ya que si no se cuenta con los venteos adecuados demorara para que el equipo se caliente.

Las calderas no producen vapor seco ya que el vapor que sale tiene un porcentaje de humedad el cual depende de varios factores que pueden ser el efecto de los picos de demanda, contenidos de sólidos en el agua, que depende del tratamiento defectuoso del agua de la caldera. Estas partículas de humedad en suspensión en el vapor, no transportan entalpía de evaporación, incrementan la película de agua sobre la superficie de transferencia de calor pueden sobrecargar la trampa el sistema de eliminación del condensado, para solucionar esto, se deben usar separadores de vapor al inicio de cada tubería principal.

La presión del vapor que sale de la caldera es superior a la presión de trabajo de los cilindros secadores en las máquinas papeleras, cuerpos de secado de la estucadora por lo cual es necesario disponer de válvulas reductoras de presión que

distribuyan el vapor las condiciones requeridas. Después de instalar una válvula reductora de presión como precaución, se debe instalar una válvula de seguridad la que se abrirá cuando exceda la presión regulada (presión de salida de la válvula reductora).

- Cilindros Secadores.-

Los cilindros secadores deben ser sometidos anualmente una prueba hidrostática a una presión de 60 a 70 PSI.

Si se observan signos de agua en las paredes del cilindro se los debe someter a una prueba de ultrasonido para detectar rajaduras o porosidades. Para confirmar alguna rajadura o porosidad se hace la prueba de Rayos X.

D.- Compresores de aire.-

Otro de los equipos principales

con que cuenta una fábrica papelera son los compresores ya que por medio de aire comprimido se accionan los diversos sistemas neumáticos de las máquinas.

Cada fabricante de compresores proporciona las instrucciones de instalación y operación, las que deben tener en cuenta para elaborar el correspondiente programa de mantenimiento.

Un compresor debe ser instalado en un lugar limpio y ventilado y bien iluminado, asimismo debe ir sobre una cimentación adecuada.

Los compresores son equipados con un filtro de aire, el cual deberá ser del tipo mas eficiente para el servicio. La tubería de succión del compresor debe ser hermética, libre de polvo, astillas, arena, de sección correcta y tratando que la longitud del tubo de succión sea lo

más corto posible para disminuir las pérdidas de presión por fricción.

Debe verificarse constantemente el sistema de lubricación, el nivel de aceite. Se debe usar el aceite recomendado por el fabricante.

Debe verificarse el ajuste del control de presiones de trabajo del compresor, asimismo mantener limpias las superficies exteriores de polvo y aceite, ya que esto forma un aislamiento que estorba la disipación de calor al exterior.

E.- Líneas de Distribución de Aire Comprimido.-

Las líneas de distribución de aire comprimido debe ser instalado para suministrar aire a las debidas condiciones de presiones, limpieza, sequedad con un mínimo costo y sin pérdidas de presión, si no se cumplen estas condiciones el resultado será: mayor desgaste en

las máquinas, bajo rendimiento y mayor costo de producción.

El aire atmosférico contiene cierta cantidad de vapor de agua que se denomina humedad absoluta y se expresa en kilogramos de agua por Kg. de aire seco.

Por otro lado se emplean la denominación humedad relativa, que se expresa como relación entre la humedad absoluta del aire la humedad de saturación en porcentaje.

La humedad de saturación del aire, es decir, la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener el aire, depende de dos factores: la temperatura y la presión. La capacidad de aire para contener vapor de agua aumenta con la temperatura y disminuye al aumentar la presión. Por lo que cualquier enfriamiento posterior del aire a la salida del compresor provocará la

condensación del exceso de agua, el cual debe ser drenado antes del ingreso al tanque de almacenamiento, donde el aire se almacenará, se enfriará y será distribuido. El tanque debe ser drenado manual o automáticamente.

La línea de distribución de vapor debe tener una pendiente mínima de 0.5% en la dirección del flujo de aire y la distancia entre los puntos de drenaje no debe ser superior a 30 m. Las derivaciones deben salir siempre de la parte superior de la tubería principal. El aire antes de ser suministrado a algún equipo, se debe instalar un filtro, un regulador de presión de aire y un lubricador

F.- Bombas Centrífugas.-

El transporte de la pasta, agua, condensado, compuestos químicos se hace través de las tuberías por medio de bombas. las cuales deben ser eléctricas e instaladas

correctamente para asegurar un funcionamiento y rendimiento óptimo libre de fallas e interrupciones. Los fabricantes de bombas proporcionan las características técnicas y datos referentes a la instalación, operación y mantenimiento.

Datos esenciales para la selección de una bomba centrífuga.

1.- El número de unidades.

2.- Naturaleza del líquido que habrá de bombear.

a.- Agua dulce o salada, ácido o álcali, aceite, gasolina, lechada o pulpa de papel.

b.- Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

c.- Peso específico.

d.- Condiciones de viscosidad.

e.- Cantidad de cualquier materia **extraña**.

suspendida que haya y tamaño, naturaleza y calidad abrasiva de los sólidos. Si los líquidos son pastosos su consistencia ya sea en % o en Kg. por metro cúbico de líquido.

f.- Análisis químico, incluyendo el valor del PH, variaciones probables del análisis, impurezas, contenido de oxígeno, historia pasada y tendencia a escamar si la hay.

3.- Capacidad requerida, así como cantidad mínima o máxima de líquido que debe descargar la bomba.

4.- Condiciones de succión.-

a.- Elevación carga de succión.

b.- Condiciones de succión constantes o variables.

c.- Longitud y diámetro de la tubería de succión, accesorios y válvulas que

tiene.

- 5.- Condiciones de descarga.-
 - a.- Descripción de la carga, estática y constante o variable.
 - b.- Descripción de la carga por fricción cómo se estimó.
 - c.- Presiones máximas mínimas de descarga contra las cuales la bomba tiene que descargar líquido.
- 6.- Tipo de servicio continuo o intermitente.
7. Instalación de la bomba, posición horizontal o vertical (si es vertical, tipo de foso lleno o seco).
- 8.- Tipo y características de la fuerza disponible para mover la bomba.
- 9.- Espacio, peso o limitaciones de transporte.
- 10.- Localización de la instalación.
11. Requerimientos especiales o marcadas preferencias con

respecto al diseño, la construcción o el funcionamiento de la bomba.

Instalación.-

Una correcta instalación asegura un buen funcionamiento como también facilita su mantenimiento. La bomba y unidad motriz deben ir montadas sobre una cimentación sólida de **concreto** y deben ir ubicadas lo mas cerca posible del **suministro** del líquido que se va a bombear tratando de usar tramos cortos y rectos de **tubería** en el lado de succión. La bomba y motor deben estar **bien** alineadas. Si las bombas están en fosos, estos deben estar protegidos contra inundaciones.

Con respecto a las tuberías deben quedar bien alineadas y coincidir libremente, **en forma natural, ya que** si se las fuerza por medio de pernos de **las** bridas, esto originará la desnivelación **de la** bomba. Las tuberías deben **tener** sus propios

soportes independientes e instalarse de tal manera que no ejerza tensión alguna sobre carcasa de la bomba.

Cuando se instalen sistemas de suministro de agua en edificios donde los ruidos sean objetables, las bombas deben quedar aisladas de las estructuras de acero y de los muros, de esta forma las vibraciones que se produzcan no se transmitan al edificio. La línea de la descarga tiene que ser conectada a la bomba mediante un tramo de tubo de material aislante con el objeto de que vibración o ruido alguno no se transmita los elementos de la construcción.

La tubería de succión debe ser tan directa y corta como sea posible y de un diámetro un poco mayor al de la entrada de la bomba. La longitud y el diámetro de la tubería de succión quedan limitadas por la altura manométrica máxima permisible, la que por ningún

concepto debe exceder de 4.57 m (15 pies) incluyendo las pérdidas por fricción. Si la bomba tiene que manejar líquidos calientes, estos deben llegar a la bomba por gravedad. La línea de succión debe ser tendida de tal manera que la formación de bolsas de aire quede eliminada por completo.

Para mantener cebada a la bomba, es indispensable instalar una válvula de retención vertical (válvula de pie) en el extremo inferior de la tubería de succión. La superficie libre neta de la válvula de pie tiene que ser, cuando menos igual a la superficie libre neta de la succión de la bomba, aunque es preferible que sea mayor.

En el extremo de la tubería de succión se debe instalar una malla o colador para evitar que penetren cuerpos sólidos extraños que generalmente causan taponamientos o desperfectos en el rotor de la

bomba. La malla debe dejar una superficie de paso libre de cuando menos un equivalente de tres o cuatro veces la superficie de la tubería de succión.

Por otro lado la tubería de descarga si es larga debe intercalarse una junta de expansión por deslizamiento con empaquetaduras, para compensar la elongación de la tubería originada por la presión, asimismo debe tomarse las precauciones necesarias cuando la tubería esté sometida a cambios de temperatura, y que esto causa expansión y contracción.

En la tubería de descarga se tiene que instalar muy próximas, como elementos de protección de la bomba, una válvula de retención y una válvula de compuerta. Cuando se tenga que instalar campanas o conexiones de aumento en la tubería de descarga, dichas conexiones deben ser instaladas entre la bomba y la

de

descarga

de lo contrario causarán desgaste excesivo de las fajas y rodamientos.

- . **Rodamientos.-** Los rodamientos deben ser lubricados correctamente, utilizando lubricantes adecuados, la cantidad correcta con una frecuencia establecida de acuerdo al régimen de trabajo.

- . **Anillos de Desgaste.-** Las tolerancias de los anillos de desgaste tiene que verificarse periódicamente de acuerdo la severidad del trabajo y del líquido que se bombea.

Los casos en donde se opere con líquidos que contienen arenas abrasivas o sustancias de acción corrosiva **requerirán** una revisión mensual mientras que si se operan aguas limpias, claras **frias** una inspección anual será suficiente.

Cuando los anillos están gastados

la bomba disminuye en la altura de elevación como también en su eficiencia por lo que se deben cambiar los anillos.

- . Manguitos de protección de los ejes.- Estos manguitos que protegen los ejes contra el desgaste, tienen que cambiarse tan pronto como se dificulte el control de fugas de agua por los estoperos, si el presaestopas no se aprieta en forma excesiva.

- . Empaquetaduras.- De acuerdo al líquido que se bombea se tendrá que usar la empaquetadura apropiada. Los fabricantes de bombas o empaquetaduras son quienes recomiendan los tipos de empaquetaduras usar. Para el bombeo de agua clara y limpia son fabricadas de asbesto de fibra larga, trenzado y de perfil cuadrado muy bien impregnado con aceite o grafito.

Cuando se ha cambiado las empaquetaduras éstas dejaran pasar una insignificante cantidad de agua, la que servirá de lubricante entre el eje y las empaquetaduras. Las empaquetaduras tienen que reemplazarse tan luego como se haya endurecido y muestre tendencias a rayar el eje.

5.6.6.2. TECNICAS ELECTRICAS.-

El ambiente en una fábrica papelera es muy húmedo por lo que los equipos y máquinas eléctricas deben ser diseñados para trabajar en estas condiciones. Por otro lado, la instalación de los equipos y máquinas deben cumplir las normas del código eléctrico del Perú.

Al recepcionar un equipo eléctrico es necesario contar con las características, esquemas eléctricos, disposición de aparatos, nomenclatura o listado de piezas de repuestos.

Como el equipo eléctrico puede ser dañado con más facilidad por las condiciones y ambiente de trabajo deben ser atendidos cíclicamente, por lo que se debe tener presente estas reglas de máxima importancia.

- Manténgase Limpio.

Manténgase seco.

Manténgase hermético y libre de fricciones y roces.

- Reglas de Seguridad recomendadas.-

a. Evitar la prueba de los elementos o aparatos cuando estén bajo tensión de servicio. Si es necesario hacerlo tomar todas las precauciones necesarias para evitar accidentes.

b. La prueba o inspección debe hacerlo sólo las personas indicadas.

c. Antes de hacer las pruebas es necesario revisar los planos y/o diagramas eléctricos correspondientes, los que deben ser actualizados.

d. Por ningún concepto debe

confiarse a terceras personas la retransmisión de señales a distancia, a los operarios que colaboran o realizan las pruebas preventivas, ni se abandone el equipo probar conectado y sin un aviso o señal.

- e. El personal de pruebas y revisiones debe ser entrenado en primeros auxilios.
- f. No se debe trabajar nunca en forma individual aislada, trabájese únicamente por pareja o bajo la observación de otros.

- Concepto del mantenimiento preventivo del equipo eléctrico.-

El mantenimiento preventivo en lo que se refiere al equipo eléctrico no es otra cosa que el mantenimiento mecánico de los componentes mecánicos de los equipos eléctricos. Ya sea que si surgen fallas es ocasionado por alguna de origen mecánico, esto es, conexiones flojas, rotura de cables, desperfectos en los contactos.

suciedad adherida sobre algún elemento del circuito, etc.

- Lo que nunca se debe hacer.-

- Limar o engrasar los contactos.

Areglar una pieza o reemplazarla por una pieza de repuesto mal adaptada.

- **Rearmar** un relé de protección sin haber buscado o suprimido la causa del disparo.

- Después de la fusión de un fusible y cambio de éste, efectuar un nuevo ensayo sin haber remediado el defecto.

- **Dejar** un cofre o un armario **abierto** sin necesidad, incluso un tiempo corto y sobretodo en ambientes polvorientos.

- Recomendaciones básicas ante una falla.-

Cualquiera que sea el tipo, importancia y la complejidad del equipo, un **determinado** número de verificaciones **deben ser efectuados** antes de proceder a un ensayo

detallado.

- Primeramente verificar la tensión en las bornas de llegada con un multitester.
- Si el equipo va provisto de un seccionador, verificar que su cierre sea correcto y que sus contactos auxiliares estén bien cerrados.

Si el equipo va provisto de fusibles: verificar si estos no estén fundidos.

Si el equipo contiene relés de protección verificar que éstos estén rearmados.

- Equipos Eléctricos.-

El mantenimiento del equipo eléctrico de alta tensión comprende seccionadores de alta tensión, fusibles, transformadores, botellas terminales, líneas de distribución, sub-estaciones. Las actividades a realizar comprende:

Cuando la instalación está operativa.-

- Revisión ocular
Revisión de niveles de aceite cuando exista.

Quando la instalación esté fuera de servicio.-

- Apretar contactos.
- Accionar el equipo para verificar su buena operación.
 - . Juego de rodillos, si es que tiene.
 - . Penetración de las cuchillas.
 - . Penetración de los contactos.
 - . Acoplamientos, ejes, gatillos y muelles.
- Verificación del buen estado de los diversos elementos, tales como:
 - . Que las baquelitas no presenten grietas.
 - . Que el esmalte de los aisladores no tenga fisuras.
 - . Que las armaduras metálicas no presenten oxidación.
- Comprobar circuitos de enclavamientos de mando señalización.

- . Verificar el disparo por medio de relés, así como el estado de la bobina de disparo.
- Comprobar los relés, observando:
 - . Intensidad de disparo.
 - . Tiempo de disparo.
 - . Desgaste y recorrido de piezas de contacto.
- Con respecto a las líneas de distribución tenemos:

Líneas aéreas.-

Con la instalación bajo tensión:

- . Observar la flecha de catenaria.
- . Observar retenciones.
- . Observar estado de las partes conductoras y aislantes.
- . Revisar soportes metálicos o columnas.

Con la instalación desconectada:

- . Comprobar aislamiento.
- . Revisar y limpiar aisladores.
- . Revisar amarres, retenciones, empalmes, derivaciones, grapas de unión y conexiones.
- . Revisar uniones de los tramos.

- . Comprobar protecciones contra agentes atmosféricos y observar detenidamente anomalías eléctricas.

- Líneas subterráneas.-
Con la instalación bajo tensión.-
 - . Comprobar estado y revisar cubiertas protectoras.
 - . Comprobar calentamiento, con la seguridad correspondiente.
 - . Revisar estado y sujeciones de canales de cables.
Con la instalación desconectada.
 - . Revisar terminales y bornes apretando si es necesario.
 - . Comprobar aislamiento
 - . Comprobar empalmes
 - . Comprobar estanqueidad en cajas de conexión.
 - . Comprobar pérdidas de grasa en cables con aislamiento de papel.
 - . Comprobar puesta a tierra.

- Transformadores en baño de aceite enfriados por aire.-

Los transformadores son máquinas eléctricas que requieren de poco mantenimiento, pero aún así necesitan un cierto cuidado, tal como:

- . Comprobar anualmente la posible presencia de humedad y lodo en el aceite.
 - . Comprobar diariamente la temperatura del aceite, además observar que el sistema de ventilación esté en condiciones normales de trabajo.
 - . Mensualmente se los debe sopletear con aire comprimido seco para eliminar toda clase de adherencia y polvo.
- El mantenimiento de los equipos de baja tensión comprende básicamente a botellas terminales, seccionadores, fusibles, interruptores automáticos y/o manuales, relés, contactores de mando, cables.

Las actividades a realizar comprende:

Con el aparato conectado.-

- . Inspección ocular.
- . Medir la intensidad de corriente de cada fase.
- . Comprobar el calentamiento en sus puntos de contacto.
- . Comprobar la tensión en bobinas de accionamiento.

Con el aparato desconectado.-

- . Limpiar palancas
- . Revisar estado operativo, lo que comprende:
 - . Comprobar que el aparato sea el correcto para el control mando de la máquina o equipo a proteger.
 - . Comprobar el ajuste y presión de contactos principales y auxiliares.
 - . Observar que las baquelitas no presenten grietas.
 - . Observar que las armaduras metálicas no presenten oxidación.
 - . Comprobar circuitos de enclavamiento de mando y

señalización.

- . Comprobar desgaste uniforme de contactos.

- Con respecto los cables que se debe verificar.-

Con la instalación conectada.-

- . Comprobar calentamientos
- . Revisar grapas de sujeción
- . Revisar canales de cables.
- . Comprobar revisar cubiertas protectoras con la instalación desconectada.
- . Revisar botellas terminales, reapretando bornes, limpieza y observar pérdidas de grasa en cables con aislamiento de papel.
- . Comprobar aislamiento.
- . Comprobar empalmes y estanqueidad en cajas de conexión.
- . Comprobar puesta a tierra.
- . Comprobar continuidad.

Las actividades de mantenimiento con respecto a los equipos de alta y baja tensión se realizarán cada 6 meses, si no se ha dado alguna otra indicación.

Motores Eléctricos.-

Con respecto a los motores eléctricos, en la fábrica encontramos motores asíncronos de corriente alterna y motores de corriente continua, los cuales deben tener un mantenimiento adecuado de acuerdo sus características.

A.- Motores Eléctricos Asíncronos de Corriente Alterna.

Para mantener un motor con un funcionamiento seguro y que al mismo tiempo trabaje en forma rentable es necesario conocer antes exactamente las condiciones de trabajo.

Los motores tienen pocas piezas expuestas a desgaste normal, principalmete son las escobillas, las superficies de trabajo de los anillos rozantes (en el caso de los motores de anillos rozantes) y los rodamientos.

Se debe comprobar el grado de

desgaste de las escobillas, así como su libertad de movimiento dentro del portaescobillas. Se debe mantener el tipo de escobillas suministrado con la máquina. Si se cambian las escobillas, éstas se rebajarán cuidadosamente hasta lograr su adaptación a la curvatura de los anillos rozantes. Los anillos rozantes no deben presentar huellas apreciables. En otro caso habrá que retornarlos. Cada cierto tiempo, deberá comprobarse su **centricidad**. Las zonas próximas a los anillos rozantes se debe mantener limpias.

Los rodajes deben ser vigilados y lubricados debidamente para su buen funcionamiento.

Los motores con refrigeración por aire del medio ambiente, deben ser limpiados **completamente** a **intervalos** regulares, dependiendo éstos del contenido de polvo del aire, esto **rige, en especial, para** las piezas metálicas bajo tensión y

los separadores de aislamiento (peligro de corrientes de fuga y de una derivación en la placa de bornes). El polvo de las escobillas en rotores con anillos rozantes será aspirado o soplado. Las aberturas externas e internas de entrada salida del aire deben mantenerse libres de virutas de madera, fibras y cualquier otra suciedad, limpiando, si fuera necesario las ranuras del motor.

Para que el motor entre en operación se lo debe proteger contra sobrecargas y falta de fase, lo cual se consigue con el uso de protectores térmicos adecuados y regulados a la corriente del trabajo del motor, asimismo se debe instalar protectores de las líneas de alimentación como un interruptor termomagnéticos o seccionador portafusibles. Por otro lado, de acuerdo a la potencia del motor y su construcción (rotor de jaula de ardilla y anillos rozantes) deben

ser provistos de arrancadores para limitar la corriente de arranque, pudiendo ser de arranque directo para motores menores de 10 HP, arrancadores en estrella-triángulo para motores con una potencia mayores de 10 HP. y tenga una conexión en triángulo, arrancadores con autotransformador (arranque a tensión reducida), estos tipos de arrancadores son aplicados a motores con rotor de jaula de ardilla. Para los motores de anillos rozantes se emplean resistencias, resistencias en aceite.

Si el motor ha estado fuera de servicio y se lo quiere hacer trabajar es necesario medir su resistencia de aislamiento con un megóhmetro. El valor de la resistencia de aislamiento será:

Resistencia de aislamiento = $1000 \times$ tensión en voltios. Si la resistencia fuera menor de la así calculada debe procederse un

secado que puede efectuarse de forma sencilla retirando un escudo y calentando el motor por medio de estufas de resistencias o mejor de rayos infrarojos.

Al realizar acoplamientos deben estar bien alineados y deben usarse los elásticos (para amortiguar transmisiones de pares bruscos) o los flexibles (cuando pueden compensar pequeñas desviaciones angulares de los ejes ligeras variaciones de los mismos, en el sentido de la altura o laterales (acoplamientos dentados)).

El alineamiento de accionamientos de fajas se logra con cordeles y una cinta métrica, el tensado de las fajas (planas o trapezoidales) debe ser tal que la parte combada pueda oprimirse con la mano un 3% de la distancia al eje. Los accionamientos de ruedas dentadas se alinean aproximadamente utilizando tiras de papel de longitud igual al perímetro

de la rueda mayor y cuyo ancho equivale al de la rueda pequeña, dejando un pequeño juego entre los dientes y sus cabezas. Hacer pasar despacio y por entero entre las dos ruedas la tira de papel. Las huellas, que en ellas queden impresas, deberán ser uniformes bien visibles; en caso contrario alinear nuevamente las ruedas. El papel usar, puede ser uno de escritura.

El motor debe ser apoyado sobre carriles tensores para conseguir el alineamiento.

Los cables de alimentación eléctrica deben ser conducidos, de ser posible, por tubos de protección flexible y abridarlo poco antes, para que la caja de bornes quede libre de tensiones mecánicas. Ensanchar destabarbar los bordes de los tubos.

Respecto las fallas, posibles

causas y lo que se debe hacer en motores asíncronos de corriente alterna existen textos que se refieren al respecto los cuales ayudarán a determinar las fallas como también su reparación. (Ver bibliografía).

B.- Motores Eléctricos de Corriente Continua.-

El motor de corriente continua está más expuesto a sufrir desperfectos que el de corriente alterna, porque tiene cierta cantidad de elementos conductores de corriente. Los órganos principales de un motor de corriente continua son el inducido o armadura, los polos inductores con la carcasa o campo, los escudos, el colector y el puente de los portaescobillas.

Estos motores se utilizan donde se necesita ajuste continuo de velocidad, además deben ser protegidos por aparatos que desconecten automáticamente el motor

de la red en cuanto la intensidad de corriente alcanza un valor dado. Puede conseguirse esta protección con fusibles, con disyuntores magnéticos o térmicos o con relés, contactores magnéticos.

El campo de un motor de corriente continua consta de una carcasa y de los polos de campo magnético que se sujetan a la circunferencia interior de ésta. Los polos son de acero laminado y alrededor de ellos se devanan las bobinas que proporcionan la excitación para la rotación del motor. Las bobinas del campo magnético están expuestas a las fallas comunes en el equipo eléctrico. Estas pueden ensuciarse o humedecerse, circunstancias que se interfieren con la eliminación del calor desarrollado y ocasionan quemaduras. Si la corriente del campo magnético es excesiva a consecuencia del mal funcionamiento del dispositivo de control, causará desperfectos por el

sobrecalentamiento. Esto puede provenir del alto voltaje, de la velocidad muy baja, de la desconexión de las escobillas del neutro, de las sobrecargas o por un corto circuito parcial en una de las bobinas del campo. Un circuito abierto en una de las bobinas del campo puede ocasionar dificultades en el arranque o velocidades excesivas con poca carga e intenso chisporroteo en el colector.

La armadura está formada por dos partes principales que son el embobinado y el colector. La **limpieza** es muy importante en los colectores y portaescobillas. La adherencia de aceite, polvo, grasa, humedad y la presencia de gases corrosivos tienen que ser evitados por completo, porque dentro de tales condiciones **adversas**, **estos** elementos no **darán** un rendimiento eficiente.

La **línea** principal de corriente

fluye a través de la armadura y si la máquina es sobrecargada, los primeros signos de deterioro aparecen en la armadura. Una atención esmerada desde el punto de vista de la limpieza dará origen a muy pocas o ninguna molestias por parte de la armadura dentro de las condiciones normales de operación. Las reparaciones de las armaduras deben ser ejecutadas solamente por personal experto.

El colector es, tal vez, el elemento más vulnerable de un motor de corriente continua, ya que conduce corriente y queda expuesto al ambiente mientras gira velocidades relativamente altas. El colector debe tener una superficie tersa, concéntrica y con la debida ranuración.

Los portaescobillas deben trabajar suavemente y estar limpios, libres de polvo y adherencias; sus carbones deben ser de la graduación

indicada maquinados a las dimensiones correctas con la necesaria tolerancia.

- Tipos de motores de corriente continua.-

Los motores de corriente continua se dividen en tres tipos los cuales son: motor serie, motor derivación y motor compound. El aspecto externo es semejante, la diferencia esta en la construcción de bobinas inductoras y por la manera de conectarlas al arrollamiento del inducido.

. El Motor en Serie.-

Tiene las bobinas inductoras formadas por unas pocas espiras de hilo grueso, conectadas en serie con el arrollamiento del inducido. Este motor posee un par de arranque elevado y una característica de velocidad suave (todo aumento de carga provoca una disminución de la velocidad y viceversa). Su aplicación es en

accionar grúas, trenes eléctricos, etc.

• El Motor Derivación.-

Tiene las bobinas inductoras compuestas por muchas espiras de hilo fino, conectadas en paralelo con el arrollamiento del inducido. Este motor posee un par de arranque mediano y una característica de velocidad dura. (La velocidad es prácticamente independiente de las variaciones de la carga). Por lo que encuentra aplicación en accionamientos que exigen una velocidad constante, como en taladradoras, tornos, etc. Los motores derivación de cierta potencia suelen estar provistos de un arrollamiento adicional en serie con el inducido, el cual tiene por objeto evitar el embalamiento eventual del motor o bien conseguir una ligera reducción de la velocidad cuando carga aumenta. Los

arrollamientos de estos motores derivación estabilizados están conectados como en un motor compound.

. El Motor Compound.-

Cada bobina inductora está formada por dos arrollamientos independientes, uno de los cuales va conectado en **serie** con el inducido y el otro en paralelo con el inducido el arrollamiento serie. De este modo el campo inductor resultante es una combinación de los campos creados por cada arrollamiento inductor parcial y el motor compound reúne las características de los motores serie y derivación.

Existen Cuatro tipos diferentes de motor compound.

Motor **compound** aditivo de derivación larga.

- Motor **compound** diferencial de derivación larga en

aplicaciones especiales.

Motor compound aditivo de derivación corta.

- Motor compound diferencial de derivación corta.

Los motores compound se los emplea en lugar de los motores serie y se los aplica para mover carga pesada tales como ascensores, grúas, laminadoras, compresores.

La mayoría de motores de corriente continua están provistos de polos auxiliares o de conmutación de menor tamaño que los principales y dispuestos entre cada par de estos últimos. Su objeto es mejorar la conmutación, con lo cual se evitan chispas en las escobillas. Los polos auxiliares llevan bobinas análogas a las de un arrollamiento inductor serie, es decir, formadas por un número relativamente pequeño de espiras de hilo grueso las bobinas auxiliares se confeccionan con ayuda de moldes de fibra; una y otra se

montan conjuntamente sobre el núcleo de los polos de conmutación, donde se afianzan interponiendo **pequeñas** cuñas.

Respecto a las fallas, posibles causas lo que se debe hacer en motores de corriente continua existen textos que se refieren al respecto los cuales **ayudarán** determinar las fallas como también su reparación. (Ver bibliografía).

C.- Corrección del Factor de Potencia.-

El factor de potencia al que trabajan las máquinas de corriente alterna tiene su importancia económica debido al costo de la potencia reactiva; un factor de potencia bajo afecta desfavorablemente **de** tres formas distintas al sistema.

a. Un **factor** de potencia bajo representa **una** mayor intensidad, con **consiguiente** aumento de pérdidas, con el consiguiente

aumento de pérdidas en el cobre de las máquinas y equipos.

b. Dificulta la regulación de tensión en el sistema.

Para corregir o mejorar el factor de potencia se debe tratar de hacer trabajar a los motores próximos a su potencia nominal o se puede usar condensadores instalados cada motor utilizar un banco de condensados instalados en las sub-estaciones según normas, también se puede usar motores **síncronos**, estos tienen la desventaja de ser muy caros.

5.6.6.3. LUBRICACION.-

La lubricación es parte fundamental del mantenimiento preventivo. Al instituir un **programa de lubricación** se debe hacer un examen del equipo, efecto de determinar cuales son los **productos** mas apropiados para su correcto funcionamiento, así como la

frecuencia con que deben ser suministrados.

Como se mencionó anteriormente la mayoría de partes que conforman la maquinaria de una fabrica de papel (rollos, rodillos, cilindros secadores, polines, motores eléctricos, bombas, etc) tienen como accesorio principal los rodamientos los cuales por diseño tienen un periodo de vida útil. Para conseguir la máxima duracion de funcionamiento los rodamientos requieren de una adecuada lubricación.

La función del lubricante es:

- Formar una película entre los componentes del rodamientos que se mueven unos respecto a otros para evitar el contacto metálico. La película debe ser suficientemente gruesa para obtener una lubricación satisfactoria, incluso bajo fuertes cargas, variaciones grandes de temperatura y vibraciones.
- Reducir el rozamiento y eliminar el desgaste.

- Proteger contra la corrosión.
- Obturar (en el caso de grasa) contra impurezas, tales como suciedad, polvo, humedad o agua.

Los rodamientos se lubrican normalmente con aceite o grasa y solo en casos especiales con lubricantes sólidos.

La selección de un lubricante depende de las condiciones de funcionamiento, principalmente de la temperatura, velocidad de rotación y medio ambiente.

- Lubricación con grasa.-

La grasa se emplea generalmente en partes que funcionan en condiciones normales de velocidad y temperatura.

La grasa tiene algunas ventajas sobre el aceite, por ejemplo: El suministro es más sencillo proporciona protección contra la humedad e impurezas.

- Lubricación con aceite.-

Se emplea este sistema cuando la velocidad o la temperatura de funcionamiento hace imposible el empleo de grasa, cuando es necesario evacuar calor y cuando los rodamientos están montados en un conjunto lubricado con aceite.

Hay cuatro formas de lubricación con aceite, las que son: en baño de aceite, circulación de aceite, inyección de aceite, por goteo de aceite.

Terminología en lubricación.-

- . Viscosidad.- Es la propiedad física básica de los aceites lubricantes, de la cual resulta la capacidad de la carga de la película de aceite en el rodamiento al existir rozamiento líquido. La viscosidad **decrece** al aumentar la temperatura y aumenta al disminuir la temperatura. Por esta razón es necesario indicar para cada valor de la viscosidad, la temperatura a la que se refiere. La

viscosidad nominal es la viscosidad a 40.C.

En el sentido físico, la viscosidad es la resistencia que opone unas capas de un líquido frente a otras vecinas.

Existe dos viscosidades. Viscosidad dinámica (η) viscosidad cinemática (μ) las que está relacionadas por la expresión:

$$\eta = \mu \times \rho$$

Donde:

ρ - Densidad (Gr/cm³)

η = Viscosidad dinámica (Pa, mPa)

μ - Viscosidad cinemática
(centistoke; mm²/seg)

Consistencia.- Denominación usada para definir el grado de rigidez de una grasa, según la escala NLGI. Se basa en la penetración de un cono estandarizado en la grasa a una temperatura de 25.C durante 5 seg. midiendo después la profundidad de la penetración en décimas de

milímetro.

Las clases de penetración están comprendidas entre 000 y 6

Indice NLGI	Indice de penetración (0.1 mm)
000	445 a 475
00	400 a 430
0	355 a 385
	310 a 340
2	265 a 295
3	220 a 250
4	175 a 205
5	130 a 160
6	85 a 115

Las grasas empleadas para rodamientos son grasas de jabones metálicos con consistencia 1.2 y 3. En la mayoría de los casos se emplea la grasa de consistencia 2.

- **Aditivos.-** Los aditivos son sustancias adicionales añadidas a los aceites minerales o productos derivados de estos y solubles en ellos. Los aditivos modifican o mejoran por efectos químicos o físicos las propiedades de los lubricantes. (estabilidad contra la oxidación, efectos EP, formación de

espuma, correlación viscosidad-temperatura, punto de solidificación, fluidez, etc.)

- . Aceite Básico.- Se denomina aceite básico, al aceite contenido en una grasa lubricante. La parte proporcional se elige según el espesante y la aplicación de la grasa. Según la cantidad de aceite básico y su viscosidad, varían la penetración y el comportamiento con respecto al rozamiento de la grasa.
- . Grasas de base lítica.- Las grasas saponificadas base de litio se distinguen por su estabilidad al agua relativamente grande y por la zona extensa de temperatura de aplicación. Frecuentemente contienen inhibidores de oxidación, productos anticorrosivos y aditivos para alta presión (EP). Debido a sus buenas propiedades, las grasas de base líticas se emplean en gran cantidad de aplicaciones de rodamientos. La influencia. La influencia de humedad

elevada o la entrada de agua pueden ser peligrosas. La grasa se vuelve muy blanda y fluye fuera de los rodamientos. La zona de temperaturas de aplicación de grasas líticas normales está comprendida entre -35°C y 130°C .

- . **Grasas de base cálcica.**- Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1 a 3% de agua. En otras condiciones, el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en rodamientos cuyas temperaturas es mayor a 60°C . Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de 60°C . Por ejemplo en la sección de la tela de una máquina de fabricación de papel. Estas grasas no presentan protección contra la

corrosión por lo que se les añade **aditivos anticorrosivos**.

Las grasas de base cálcica con aditivos EP han demostrado su eficacia en la lubricación de **rodamientos**, siempre que la temperatura de los rodamientos sea moderada.

- . **Acidos grasos.**- Son acidos organicos insolubles en el agua que con lejías forman jabones **metálicos**. Estos jabones metálicos se inchan en aceite mineral se espesan formando pastas consistentes. Frecuentemente se les añade lubricantes **minerales**, principalmente lubricantes con aditivos EP para mejorar la adherencia, el movimiento elástico sin trabazones la **capacidad de carga**.

- **Duración, Fórmula de la Duración Nominal y Duración Nominal Ajustada.**-

La duracion de un rodamiento se

define como el número de revoluciones (o número de horas a una velocidad constante determinada) que el rodamiento puede dar antes que se manifieste el primer signo de fatiga en uno de sus aros o de sus elementos rodantes.

La relación existente entre la duración nominal, la capacidad de carga dinámica y la carga aplicada al rodamiento, viene expresada por:

$$L_{10} = (C/P)^p$$

ó

$$L_{10h} = [1'000,000/60 n] (C/P)^p$$

Donde:

L_{10} = Duración nominal, en millones de revoluciones.

L_{10h} = Duración nominal en horas de servicio.

C = Capacidad de Carga Dinámica.

P = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

$$P = XFr + YFa$$

p = exponente

donde:

$p = 3$ para rodamientos de bolas.

$p = 10/3$ para rodamientos de rodillos.

$n =$ Velocidad constante de rotación en RPM.

Duración nominal de un rodamiento puede ser afectada por otros factores tales como fiabilidad, el material empleado por las condiciones de funcionamiento.

Resumiendo tenemos la fórmula de la duración nominal ajustada.

$$L_{na} = a_1, a_2, a_3 (C/F)^p$$

o

$$L_{na} = a_1, a_2, a_3 L_{10}$$

Donde:

$L_{na} =$ Duración nominal ajustada en millones de revoluciones (el sub-índice n representa la diferencia entre la fiabilidad requerida y el 100%)

$a_1 =$ Factor de ajuste de la duración por fiabilidad.

$a_2 =$ Factor de ajuste de la

duración por el material.

a_3 - Factor de ajuste de la duración por las condiciones de funcionamiento.

• Combinación de factores a_2 y a_3 .-

Como los factores a_2 y a_3 son interdependientes, los fabricantes de rodamientos los han sustituido por un solo factor a_{23} el cual se determina según el gráfico N. (5.1)

$$L_{10} = a_2 a_{23} L_{10}$$

ó

$$L_{10h} = \frac{1'000,000}{60n} a_2 a_{23} L_{10}$$

Como por diseño de las máquinas tenemos las características de los rodamientos podemos determinar el número de horas de duración de cada rodamiento, asimismo planificar periodos de reengrase para tratar lograr alcanzar el periodo de duración del rodamiento.

Cómo se selecciona una grasa.-

Cuando se requiere hacer una

selección precisa en la determinación de una grasa se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Condiciones de carga bajo las que funciona el rodamiento.
- Gama de velocidad.
- Condiciones de funcionamiento, tales como vibración y orientación del eje (horizontal o vertical).
- Condiciones de refrigeración.
- Eficacia de la obturación.
- Ambiente exterior.

En determinados campos de aplicación, se pueden aplicar normas especiales.

En los cuadros N. 5.2 y N. 5.3 se dan referencias de criterios y propiedades de las grasas para la correspondiente elección.

En el gráfico N. 5.4 se da la elección de la grasa según la relación de la carga P/C y el factor

de velocidad del rodamiento $Ka \cdot n \cdot d_m$.

También se puede utilizar los siguientes gráficos N° 5.5 ... para determinar el tipo de grasa.

Como se selecciona un aceite.-

La lubricación de los rodamientos puede hacerse con aceite o grasa de acuerdo a las condiciones de trabajo. Como se dijo anteriormente, se elige una lubricación con aceite, cuando ante una elevada carga y un alto número de revoluciones lo que genera una elevada temperatura en los rodamientos o si el rodamiento está expuesto a altas temperaturas, es necesario evacuar dicho calor.

- Aspectos a considerar.-

Para que en el rodamiento pueda formarse una capa lubricante de capacidad suficiente, el aceite debe tener

una viscosidad determinada para las condiciones de carga y de velocidad de giro dadas, así como para la temperatura de servicio.

- . Viscosidad.- Ya que el espesor de la capa lubricante aumenta con la viscosidad del aceite, debe elegirse un aceite con elevada viscosidad de servicio pero en una forma controlada ya que el incremento de viscosidad conlleva a un aumento de temperatura de funcionamiento. Fig 5.6 .

- Viscosidades de servicio recomendadas bajo exigencias normales a la duración la fatiga de los rodamientos.-

V = Viscosidad de servicio

V_1 = Viscosidad relativa

Quando:

$V = V_1$ Para rodamientos rígidos de bolas, rodamientos de bolas de

contacto angular,
 rodamientos a rótula de
 bolas, rodamientos de
 rodillos cilíndricos
 con carga radial,
 rodamientos de agujas,
 rodamientos de rodillos
cónicos con carga
 radial.

$V = 2V_1$ Para rodamientos de
 rodillos cilíndricos
 solicitados **por** carga
 axial, rodamientos de
 rodillos cilíndricos
 sin jaula, rodamientos
 de rodillos cónicos con
 carga axial, **rodamiento**
 a rótula de una y de
 dos hileras de
 rodillos, rodamientos
axiales de rodillos
 cilíndricos,
 rodamientos axiales a
 rótula de rodillos.

$V = 2.5V_1$ Para rodamientos
 axiales de rodillos

cilíndricos y
rodamientos axiales a
rótula de rodillos a
poca velocidad de giro
($n \cdot dm < 10,000$
 $\text{min}^{-1} \times \text{mm}$) con un
diámetro exterior de
400 mm.

. Condiciones de servicio.-

. Normales.- Bajo condiciones normales (presión atmosférica, temperatura máxima 120°C, relación de carga $P/C < 0.1$ velocidad de giro por debajo del número límite de revoluciones). Pueden usarse aceites sin aditivos preferentemente aceites inhibidos (con protección anticorrosiva y contra el envejecimiento, letra característica L). Si no se puede mantener las viscosidades recomendadas deben preverse aceites con aditivos EP y contra el desgaste.

. Elevadas velocidades de giro.-

En el caso de elevadas velocidades de giro es conveniente usar un aceite estable frente a la oxidación con amortiguación de espumas y con una correlación favorable de viscosidad y temperatura. Fig N.5.7

. Elevadas sollicitaciones

carga.- En el caso de elevadas cargas ($F/C < 0.1$) o si la viscosidad de servicio V es más pequeña que la viscosidad relativa V_1 deben usarse aceites con aditivos contra el desgaste (aceites EP, letra característica P). Los aditivos EP disminuyen los efectos negativos del contacto metálico que pueden aparecer en algunos puntos.

. Elevadas temperaturas.- La

elección se debe tomar a base de las propiedades de los aceites.

. Según las propiedades de los aceites.- En el gráfico N°58, se dan las características de los diferentes aceites.

Reengrase.-

Un reengrase o un cambio de la grasa es necesario si, debido a elevadas temperaturas, radiación, influencia a partículas de suciedad (agua, medio agresivos) o a elevadas sollicitaciones mecánico dinámicas de una película de grasa sobre las superficies de funcionamiento.

En el gráfico N. 59 se indican los tiempos de reengrase para rodamientos lubricados con grasa bajo condiciones de ambiente favorable ($q = 1$).

Si las condiciones de servicio y de ambiente son desfavorables (temperaturas altas, fuertes vibraciones, polvo, humedad, agua) deberán reducirse los tiempos de reengrase.

Luego el tiempo de reengrase aconsejable T_M a condiciones de servicio desfavorable será:

$$T_M = T_x q$$

Donde:

$$q = f_1 f_2 f_3 f_4 f_5$$

f_1 = Factor de reducción por suciedad, polvo, humedad.

f_2 = Factor por influencia de carga, golpes, vibraciones, oscilaciones.

f_3 = Factor de temperatura

f_4 = Factor por elevada sollicitación de carga.

f_5 = Factor de corriente de aire a través del rodamiento.

En los cuadros N. 5.10 se detallan los factores de reducción para condiciones desfavorables de servicio y medio ambiente.

En el cuadro N. 5.11 se da en resumen el factor q para diferentes campos de aplicación.

- CANTIDADES DE GRASA PARA EL REENGRASE.-

Cantidad de reengrase m_1 para periodos de reengrase de semanales a anuales.

$$m_1 = D \cdot B \cdot X \text{ (Gr.)}$$

Periodo de reengrase	X
Semanal	0.002
Mensual	0.003
Anual	0.004

. Cantidad de reengrase m_2 para periodos de reengrase extremadamente cortos.

$$m_2 = (0.5 \text{ a } 20) \times V \text{ (Kg/Hr)}$$

. Cantidad de reengrase m_3 antes de una nueva puesta de servicio después de una cesación durante varios años.

$$m_3 = D \times B \times 0.01 \text{ (gr.)}$$

V = Espacio libre en el rodamiento.

$$V \approx \frac{\pi}{4} \cdot B \cdot (D^2 - d^2) \times 10^{-9} \frac{\text{cm}^3}{7800}$$

Donde:

d = Diametro del agujero del

rodamiento (mm)

D = Diámetro exterior del rodamiento (mm).

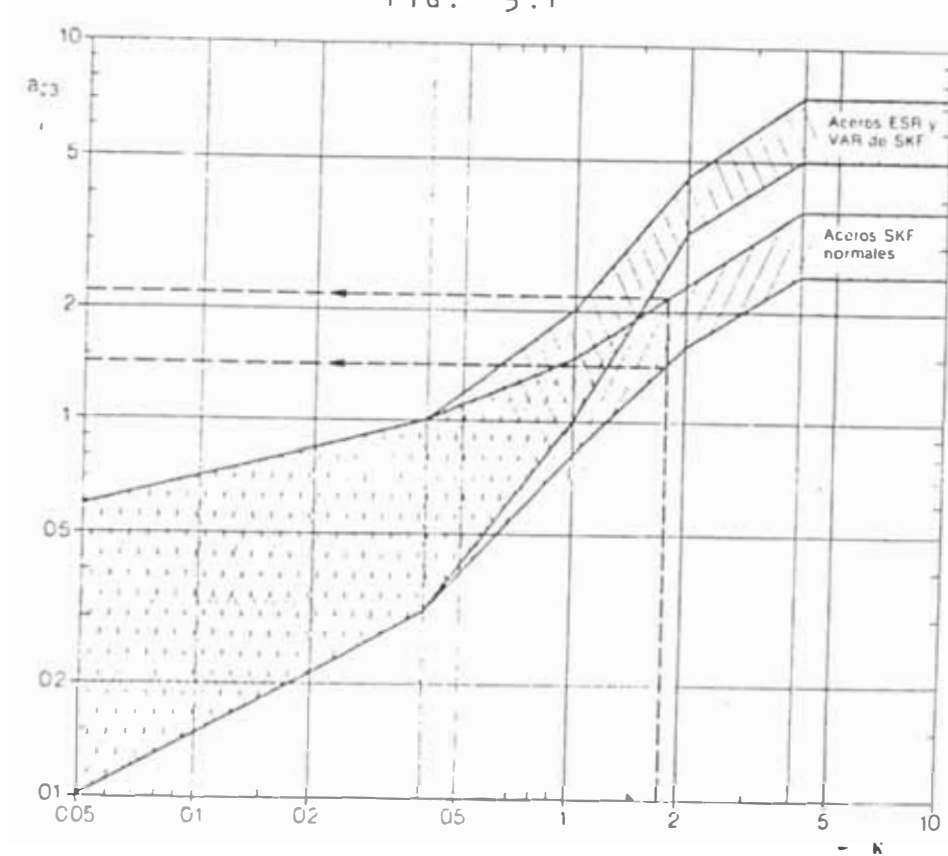
B = Anchura del rodamiento (mm).

G = Peso del rodamiento (Kg).

- Recomendaciones.-

Todas las actividades a realizar según el programa de mantenimiento se deben registrar en un formato, en el cual se especificará el equipo a controlar. El formato a usar será de acuerdo al formato

FIG. 5.1



DONDE

$$K = \frac{V}{V_1}$$

V = Viscosidad de servicio de lubricante

V_1 = Viscosidad relativa

FIG 5 · 2

Elección de la grasa según diferentes criterios

Criterios para la elección de la grasa	Propiedades de la grasa a elegir
<u>Condiciones de servicio</u> Factor de velocidad $n \cdot d_w$ Relación de caras P/C	Elección de la grasa según diagrama
<u>Exigencias a las condiciones de funcionamiento</u> poco rozamiento, también al arrancar	Grasa de la clase de consistencia 1 a 2 con aceite básico sintético de poca viscosidad
Rozamiento bajo y constante en régimen estable, admitiendo rozamiento mayor al arrancar	Grasa de la clase de consistencia 3 a 4, cantidad de grasa < 30% del espacio libre o grasa de la clase de consistencia 2 a 3, cantidad de grasa < 20% del espacio libre
Poco ruido	Grasa filtrada (elevada pureza) de la clase de consistencia 2, en casos de altas exigencias a la silenciosidad, grasa muy bien filtrada de la clase de consistencia 1 a 2 con aceite básico de alta viscosidad
<u>Condiciones de montaje</u> posición inclinada o vertical del eje de los rodamientos	Grasa adherente de la clase de consistencia 2 a 3
Aro exterior para aro interior en reposo o fuerza centrífuga sobre el rodamiento	Grasa de la clase de consistencia 3 a 4 con mucho espesante
<u>Mantenimiento</u> relubricación frecuente	Grasa blanda de la clase de consistencia 1 a 2
Relubricación ocasional, lubricación a vida	Grasa estable al amasamiento de la clase de consistencia 2 a 3, temperatura admisible muy por encima de la temperatura de servicio
<u>Condiciones del medio ambiente</u> elevada temperatura, lubricación a vida	Grasa estable para elevadas temperaturas con aceite básico sintético y espesante estable para elevadas temperaturas (eventualmente sintético)
Elevada temperatura, relubricación	Grasa que no forme residuos a elevadas temperaturas
Bajas temperaturas	Grasa con aceite básico sintético ligero y espesante apropiado, clase de consistencia 1 a 2
Medio polvoriento	Grasa espesa de la clase de consistencia 3
Agua de condensación	Grasa emulgente, p. e. grasa saponificada a base de sodio o de litio
Agua de salpicadura	Grasa hidrófuga, p. e. saponificada a base de calcio
Medios agresivos (ácidos, sales, etc.)	Grasa especial; pregunte a FAG o al fabricante de grasas
Radioactividad	hasta dosis energética de $2 \cdot 10^4$ J/kg: grasas para rodamientos según DIN 51825; hasta dosis energética de $2 \cdot 10^7$ J/kg: pregunte a FAG.
Solicitud por vibraciones	Grasa EP saponificada a base de litio de la clase de consistencia 2, relubricación frecuente. Si la solicitud por vibraciones no es demasiado alta, grasa saponificada a base de un complejo de bario, de la clase de consistencia 2 con aditivos sólidos de lubricación o grasa saponificada a base de litio de la clase de consistencia 3
Vacio	hasta 10^{-6} mbar, grasas según DIN 51825, con vacío mayores pregunte a FAG.

FIG. 5.3

Propiedades de las grasas

Tipo de grasa		Propiedades								
Espesante		Aceite básico	Zona de temperaturas °C	Punto de goteo °C	Resistencia al agua	Protección contra la corrosión	Resistencia a la presión	Relación de precio*	Apropiado para rodamientos	Indicaciones especiales
Tipo	Jabón									
	aluminio	aceite mineral	-20... 70	120	++	-	-	2,5...3	+	se hicha con agua buena obturación contra agua grasa múltiple emulge con agua, eventualmente se endurece
	calcio		-30... 50	80...100	+++	--	+	0,8	+	
	litio		-35... 130	170...200	+++	++	-	1	+++	
	sodio		-30... 100	150...190	-	---	--	0,9	++	
complejo	aluminio	aceite mineral	-30...160	260	+++	---	-	2,5...4	+++	grasa múltiple grasa múltiple, resistente al vapor
	bario		-30... 140	220	++	---	--	4...5	+++	
	calcio	litio	-30...140	240	++	+-	++	0,9...1,2	+++	grasa múltiple, tiene a endurecerse grasa múltiple
	sodio		-30... 150	240	++	+	++	2	++	
			-30...130	220	+	---	+	3,5	+++	grasa múltiple para temperatura altas
	litio	ester	-60...130	190	+	+	+	5...6	+++	para bajas temperaturas, elevadas velocidades de giro
	bario	ester	-60...130	200	++	---	--	7	+++	para bajas temperaturas y elevadas velocidades de giro bajo sollicitación a carga media
	litio	ester	-40...180	240	++	+	+	10	+++	para zona de temperaturas muy amplia
litio	aceite de silicona	-40...180	>240	++	+	-	20	++	para zona de temperaturas muy amplia bajo carga P/C < 0,03	
olliurea		aceite mineral	-20... 150	sin	+++	-	-	2...5	++	para temperaturas elevadas bajo velocidades de giro bajas
			-25... 160	250	+++	-	++	3	+++	para temperaturas elevadas bajo velocidades de giro medias
olliurea		aceite de silicona	-40... 200	250	+++	+	-	35...40	++	para temperaturas altas y bajas bajo sollicitación a carga reducida
olliurea		aceite de fluo-silicona	-40... 200	250	+++	+	-	100	+++	para temperaturas altas y bajas bajo sollicitación a a carga media
TFE o FEP		aceite de alcoxifluor	-50... 250	sin	+++	-	++	150...400	+++	ambas grasas para temperaturas muy altas y bajas:
			aceite de fluo-silicona	-40... 230	sin	+++	-	++	120	+++

con relación a una grasa a base de litio con aceite básico mineral = 1)

- +++ muy buena
- ++ buena
- + regular
- mala

FIG 5.4

Elección de la grasa según la relación de la carga P/C y el factor de velocidad del rodamiento $k_s \cdot n \cdot d_m$

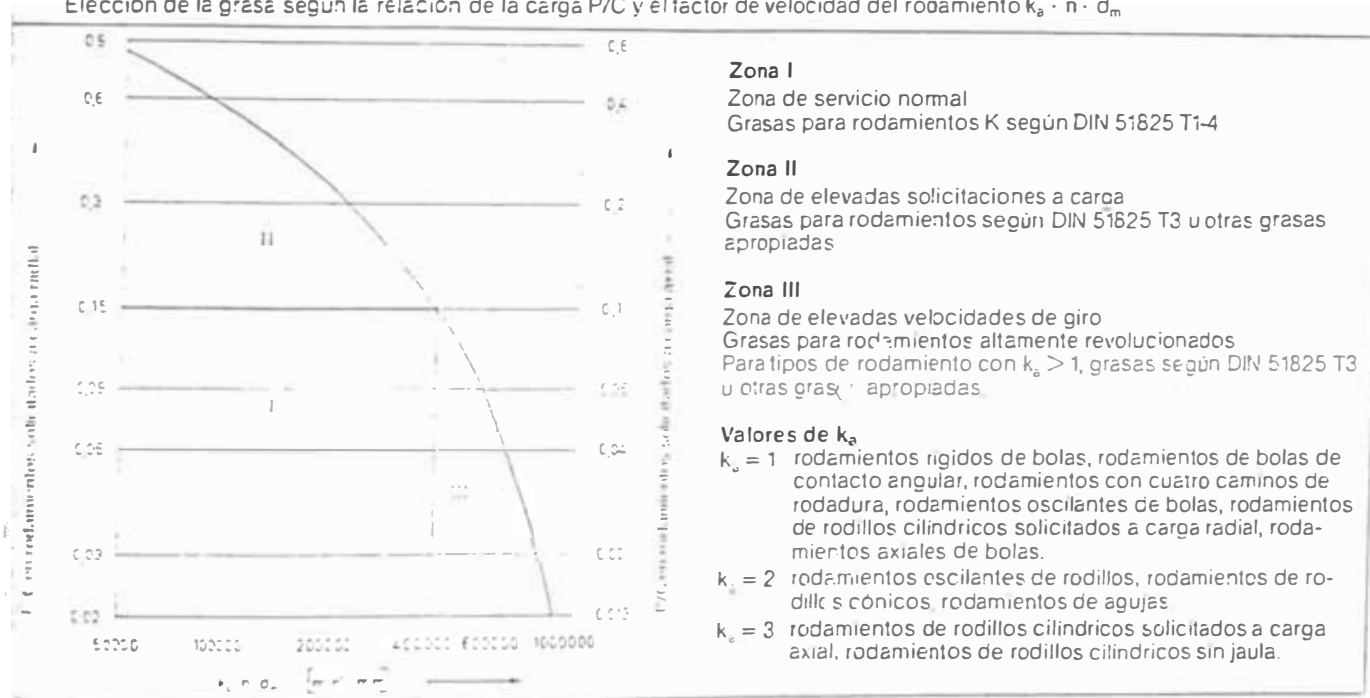


FIG. 5.5

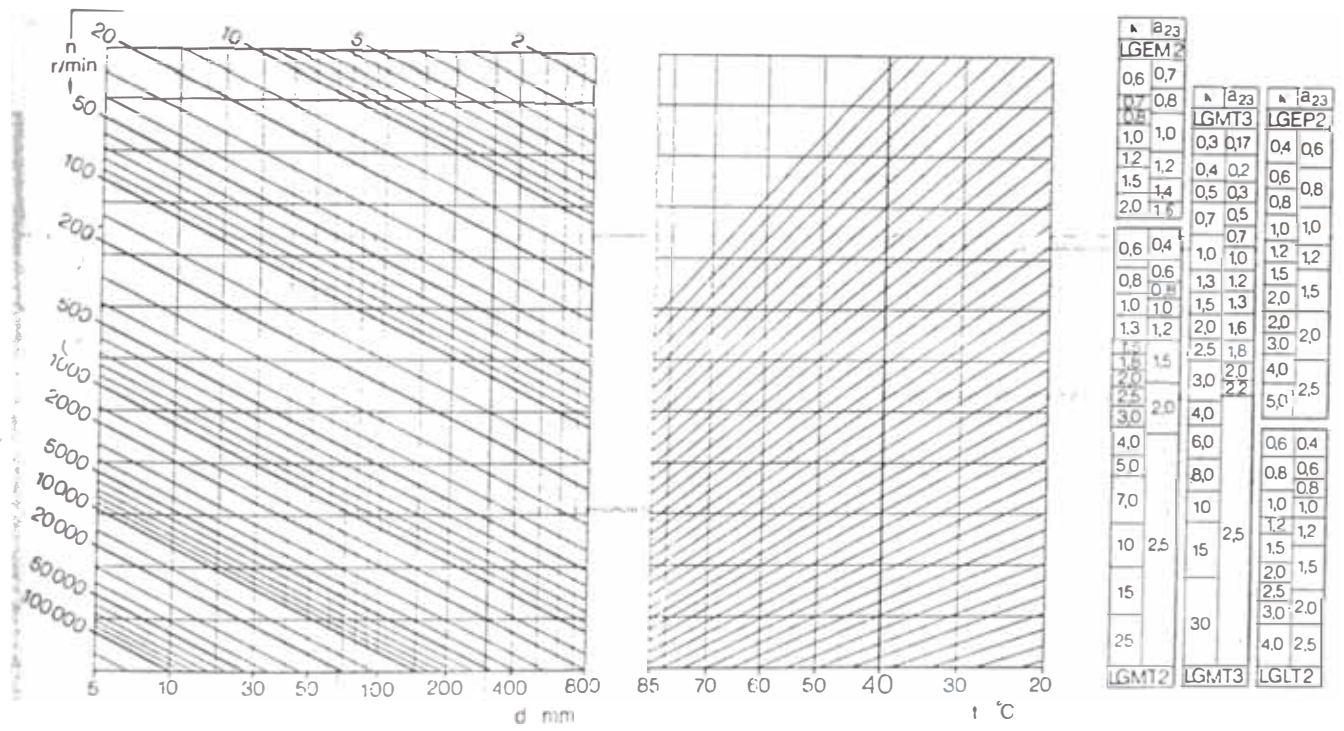


FIG. 5.6

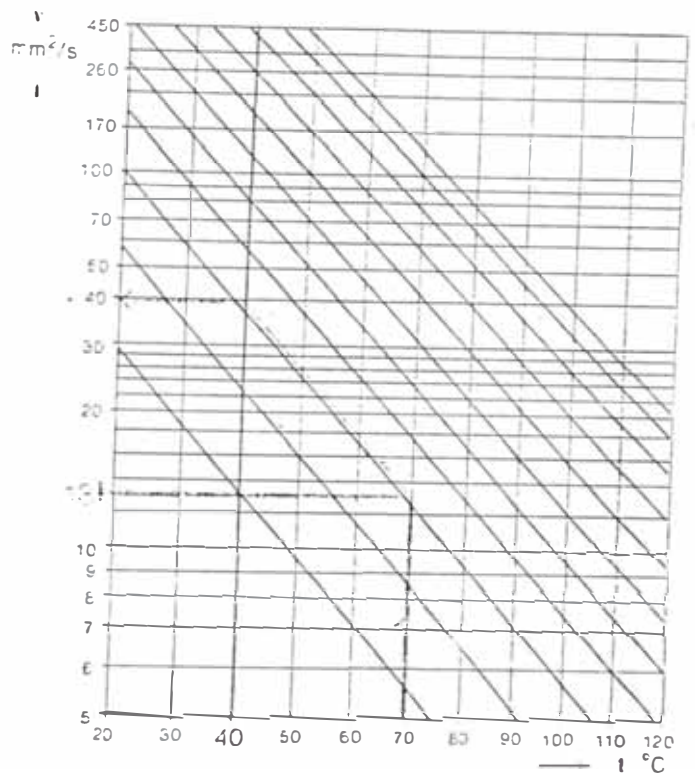
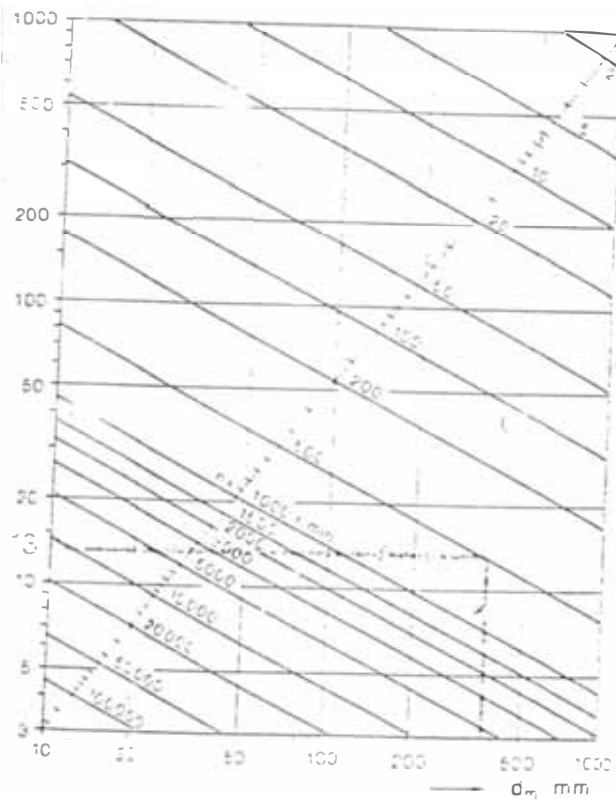


FIG. 5.7

Comportamiento medio de los aceites minerales respecto a viscosidad y temperatura

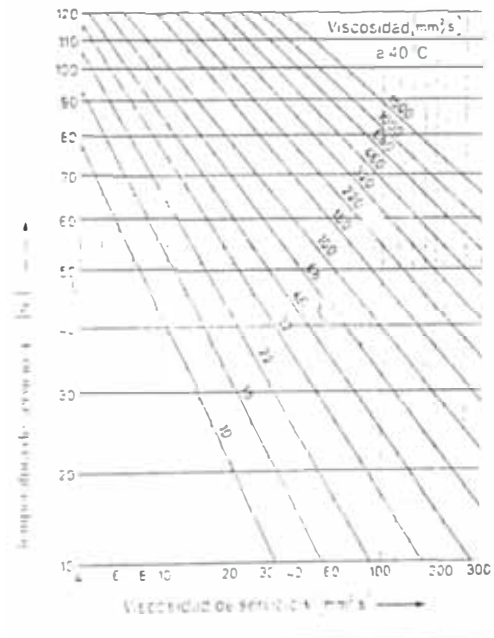


FIG. 5.8

Datos característicos de diferentes aceites

Tipo de aceite	Aceite mineral	Polialfa-olefinas	Poliglicoles (insolubles en agua)	Esteres	Aceites de silicona	Aceite de alcoxifluor
Viscosidad a 40 °C en mm ² /s	2 ... 4500	15 ... 1200	20 ... 2000	7 ... 4000	4 ... 100 000	20 ... 650
Aplicación en baño de aceite con temperatura en °C de hasta	100	150	100 ... 150	150	150 ... 200	150 ... 220
Aplicación en circulación de aceite con temperatura en °C de hasta	150	200	150 ... 200	200	250	240
Pourpoint en °C	-20 ¹	-40 ²	-40	-60 ²¹	-60 ²¹	-30 ²¹
Punto de inflamación en °C	220	230 ... 260 ²	200 ... 260	220 ... 260	300 ²¹	—
Perdidas por evaporación	medias	bajas	medias a altas	bajas	bajas ²¹	muy bajas ²¹
Resistencia frente al agua	buena	buena	buena ³ , casi inseparable dada la densidad igual	media a buena ²¹	buena	buena
Correlación V-T	regular	regular a buena	buena	buena	muy buena	regular a buena
Coefficiente de presión y viscosidad en m ² /N ²	1,1 ... 3,5 · 10 ⁵	1,5 ... 2,2 · 10 ⁵	1,2 ... 3,2 · 10 ⁵	1,5 ... 4,5 · 10 ⁵	1,0 ... 3,0 · 10 ⁵	2,5 ... 4,4 · 10 ⁵
Idoneidad para elevadas temperaturas (≈ 150 °C)	media	buena	media a buena ³	buena ²¹	muy buena	muy buena
Idoneidad para altas cargas	muy buena	muy buena	muy buena ¹¹	buena	mala ²¹	buena
Compatibilidad con elastómeros	buena	buena ²	regular; debe controlarse después de trabajos de pintura	regular a buena	muy buena	buena
Relaciones de precio	1	6	4 ... 10	4 ... 10	40 ... 100	200 ... 800

¹⁾ con aditivos EP

²⁾ depende del tipo de aceite

³⁾ medido a 200 bar, la altura depende del tipo de aceite y de la viscosidad

FIG. 5.9

Plazo de reengrase T para rodamientos lubricados con grasa bajo condiciones de ambiente favorables ($q = 1$)

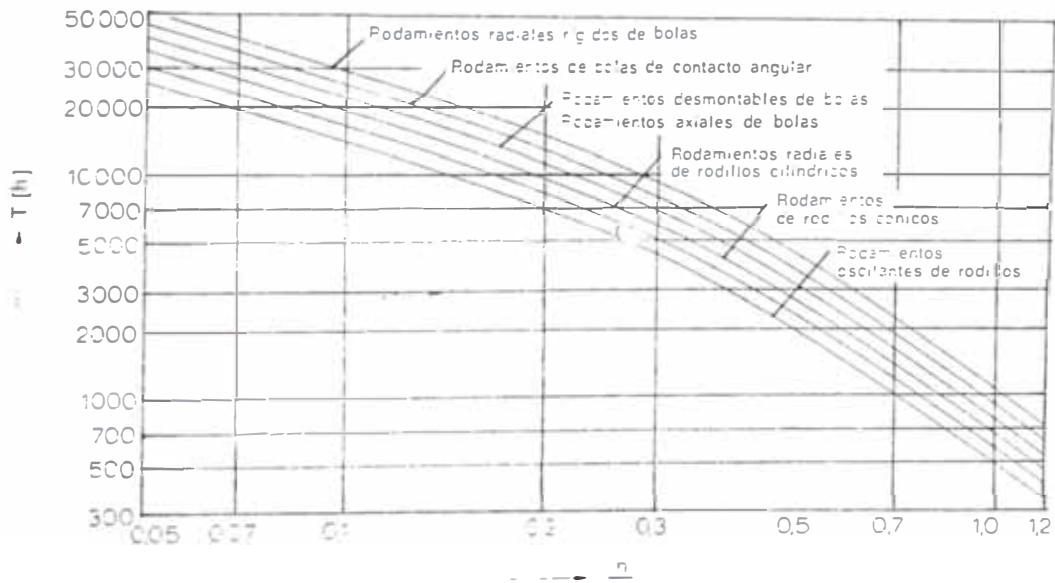


FIG. 5.10

Factores de reducción f_1 a f_5 para condiciones desfavorables de servicio y de medio ambiente

Influencia por polvo y humedad en las superficies funcionales del rodamiento

reducida	$f_1 = 0,7$ a $0,9$
fuerte	$f_1 = 0,4$ a $0,7$
muy fuerte	$f_1 = 0,1$ a $0,4$

Influencia por solcitación a carga por golpes, vibraciones y oscilaciones

reducida	$f_2 = 0,7$ a $0,9$
fuerte	$f_2 = 0,4$ a $0,7$
muy fuerte	$f_2 = 0,1$ a $0,4$

Influencia por elevadas temperaturas

reducida (hasta 75°C)	$f_3 = 0,7$ a $0,9$
fuerte (de 75 a 85°C)	$f_3 = 0,4$ a $0,7$
muy fuerte (de 85 a 120°C)	$f_3 = 0,1$ a $0,4$

Influencia por elevada solcitación a carga

$P/C = 0,1$ a $0,15$	$f_4 = 0,7$ a $1,0$
$P/C = 0,15$ a $0,25$	$f_4 = 0,4$ a $0,7$
$P/C = 0,25$ a $0,35$	$f_4 = 0,1$ a $0,4$

Influencia por corriente de aire a través del rodamiento

corriente débil	$f_5 = 0,5$ a $0,7$
corriente fuerte	$f_5 = 0,1$ a $0,5$

FIG. 5.11

Factores totales de reducción q para diferentes campos de aplicación

	polvo, humedad	golpes, vibraciones oscilaciones	temperaturas elevadas	cargas elevadas	corriente de aire	q
Motor eléctrico estacionario						1
Punta de cabezal móvil						1
Husillo de rectificar						1
Máquina de rectificar plana						1
Eje de sierra circular	●					0,8
Volante de una prensa de carrocerías	●					0,8
Molino de martillos	●					0,8
Freno dinamométrico			●			0,7
Rodamientos de bogies de locomotoras		●				0,7
Motor eléctrico refrigerado					●	0,6
Poleas de inversión de un teleférico	● ●					0,6
Rueda delantera de automóvil	●					0,6
Husillo textil		● ● ● ●				0,3
Machacadora de mandíbulas	● ●	● ●				0,2
Motor vibratorio	●	● ● ● ●	●			0,2
Cilindro aspirador	● ● ●					0,2
Cilindro húmedo de presión	● ● ●					0,2
Cilindro de trabajo (laminador)	● ● ●		●			0,2
Centrífuga	●			● ●		0,2
Rodamiento en el rodete de una rotopala	● ● ●			●		0,1
Sierra	●	● ● ●				< 0,1
Apisonadora vibratoria	●	● ● ●	● ● ●			< 0,1
Criba vibratoria	●	● ● ●				< 0,1
Variador articulado de una excavadora	● ●			● ● ●		< 0,1
Prensa para forraje	●		●	● ● ●		< 0,1
Tambor de una cinta transportadora	● ● ●			●		< 0,1

● = influencia reducida
 ● ● = influencia elevada
 ● ● ● = influencia muy fuerte

FIG. 5.12

Temperatura media de servicio en distintos apoyos

Aplicación de rodamientos	Temperatura del rodamiento °C
Eje portacuchillas de una cepilladora	40
Taladradora de mesa	40
Eje de una sierra circular	40
Husillo de una fresadora para madera	40
Fresadora de mesa	40
Tren blooming-slabbing de laminación	45
Sierra de bastidor con dos bielas	50
Cilindro de calandria de una máquina de papel	55
Cilindros de apoyo de un tren laminador en caliente para bandas	55
Rectificadora plana	55
Torno	60
Machacadora de mordazas	60
Caja de grasa para locomotoras o coches de viajeros	60
Molino de martillos	60
Husillo de un torno	60
Husillo de una taladradora	65
Cilindros de un tren laminador de alambre	65
Motor vibrante	70
Cableadora	70
Rueda delantera de un automóvil	70
Cribadora vibratoria	80
Molino de martillos	80
Rodamiento de empuje para hélices de barcos	80
Vibradora	100
Variadores en general	70, máx. 110
Bomba de agua en automóviles	120

CAPITULO 6

ANALISIS DE COSTOS

Toda fábrica tiene maquinaria, equipos y edificaciones los que a su vez para su funcionamiento y buena conservación requieren de ciertas condiciones, tales como: suministro de energía eléctrica, combustibles, lubricantes, suministro de repuestos y accesorios y un adecuado Programa de Mantenimiento. Todo esto representan costos los cuales están relacionados con el tiempo medio entre fallas (MTBF) de las máquinas ya que pueden ascender o descender según el tipo de costo considerado como veremos en los siguientes capítulos.

En base a la magnitud de estos costos se determinará un MTBF óptimo y a su vez, a partir del MTBF óptimo obtenido se determinará el Tiempo Óptimo del Mantenimiento (T_p).

El cuadro N. 3.1' es el resumen de estos costos, los cuales están divididos en costos de adquisición y costos de Propiedad o de Producción.

6.1. COSTOS DE ADQUISICION.-

Estos costos comprenden:

a. Costos de Investigación y Desarrollo.-

Está conformado por el estudio y desarrollo de proyectos, ampliaciones, modificaciones, diseños y otros.

b. Costos de Inversión.-

Está conformado por:

- Adquisición de máquinas y equipos.
- Instalaciones de máquinas, equipos, redes de tuberías, etc.
- Adquisición de materiales.
Adquisición de repuestos para stock.
- Transportes realizados.
- Capacitación y adiestramiento del personal.

El costo de Adquisición es función principalmente de la confiabilidad y mantenibilidad por lo que existe relación directa con el MTBF. Ver gráfico correspondiente.

CUADRO No 3.1'

DATOS PROPORCIONADOS POR EL DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

ITEM		86	87	88
	VALOR DEL DOLAR EN INTIS	20.03	92	1,700
1	COSTO DE ADQUISICION			
	A.- Costo de maquinaria Costos por estudios, proyectos construcciones (5% de costo de maquinaria)			
		525,000	525,000	525,000
	B.-Repuestos Suministros Materiales			
		95,450	145,630	210,000
		620,450	670,630	735,000
2	COSTOS DE PROPIEDAD O DE PRODUCCION			
	a.- Costos de reemplazo de equipos e instalaciones. Equipos normales, especiales, otros equipos, instalaciones.			
		22,357	14,348	8,540
	TOTAL \$/.			

ITEM	86	87	88
a.- Costos de mantenimiento actividades normales, especiales instalaciones.			
TOTAL \$.	90,504	28,520	14,300
c.- Costo de pago de mano de obra de mantenimiento y subensiones para operaciones.			
TOTAL \$.	49,460	27,918	11,045
d.- Costos de luz, combustibles y lubricantes.			
TOTAL \$.	622,246	480,300	391,450

6.2. COSTOS DE PROPIEDAD.-

Estos costos comprenden:

a. Costos de reemplazo de equipo e instalaciones.-

Referido a equipos normales, especiales e instalaciones.

b. Costos de Mantenimiento.-

Referidos a las actividades normales, especiales e instalaciones.

c. Costos de Mano de Obra de Mantenimiento y subensiones para operaciones.

d. Costos de Combustible, electricidad y lubricantes.

e. Costos por servicios externos, transportes y otros.

Estos costos están relacionados con la frecuencia de fallas, por lo que a su vez se clasifican en dos grupos, que son:

A. COSTOS CONTROLADOS.-

Conformado por los costos directos de reparaciones y operación. Es decir a un MTBF bajo, implica un gran número de reparaciones, lo que produce un alto costo de reparación (mayor mano de obra, materiales, etc)

Del cuadro N. 3.1' observamos que estos costos lo conforman los rubros del Item N. 2 y los resumimos en el siguiente cuadro.

CUADRO N. 6.1 - COSTOS CONTROLADOS

AÑO	86	87	88
COSTOS CONTROLADOS	784,567	551,086	425,335

Según el gráfico de costos controlados podemos observar la tendencia a estos costos relacionados con el MTBF.

B. COSTOS DE RECARGO.-

Conformado por los costos originados por el tiempo de paralización de la maquinaria, es decir a mayor frecuencia de fallas implica un mayor costo de recargo, lo que da como consecuencia un menor MTBF.

En el siguiente cuadro resumimos dichos datos.

Del cuadro N. 3.5 tenemos:

CUADRO N. 6.2 - COSTOS DE RECARGO

AÑO	86	87	88
Número de horas paradas	1939.81	2131.70	1994.10
Número de obreros de mantenimiento por hora \$	17.33	17.33	17.33
Número de obreros de producción por hr. \$	12	12	12
Número total de obreros por hora	29.33	29.33	29.33
Pago de obrero por hora \$/h	0.56	0.25	0.123
Pago de obreros por las horas paradas de máquina \$	31,861	15,630.70	7,193.90

6.3. DETERMINACION DEL MTBF OPTIMO Y DEL T_p OPTIMO.-

6.3.1. DETERMINACION DEL MTBF OPTIMO.-

Los costos de Adquisición y Costos de Propiedad mostrados en los siguientes cuadros los graficamos:

CUADRO N. 6.3 - RESUMEN

ANO	86	87	88
MTBF	8034.96	13,359	15,997.65
1.Costos de Adquis. \$	620,450	670,630	735,000
2.Costos de Propied.\$			
a.Costos Controla. \$	784,567	551,086	425,335
b.Costos de Recarg.\$	31,861	15,630.70	7,193.90
TOTAL COSTO DE PROPIEDAD \$	816,428	566,716.70	432,528.90

En base a estos datos proyectamos las tendencias de las curvas de los costos correspondientes, obteniendo el cuadro N. 6.4 con el que determinamos el MTBF optimo.

CUADRO No. 6.4 PARA LA DETERMINACION DEL MTBF OPTIMO

MTBF	Adquisición	Propiedad	Costo Total
5,000	610,000	960,000	1,570,000
6,000	615,000	915,000	1,530,000
7,000	620,000	865,000	1,485,000
8,000	625,000	817,000	1,442,000
9,000	632,000	770,000	1,402,000
10,000	640,000	720,000	1,360,000
11,000	650,000	675,000	1,325,000
12,000	660,000	625,000	1,285,000
13,000	675,000	580,000	1,255,000
14,000	690,000	532,000	1,222,000
15,000	710,000	485,000	1,195,000
16,000	730,000	435,000	1,165,000
17,000	760,000	382,000	1,142,000
18,000	795,000	340,000	1,135,000
19,000	835,000	290,000	1,125,000
20,000	870,000	245,000	1,115,000
21,000	910,000	200,000	1,110,000
22,000	955,500	150,000	1,105,500
23,000	1,100,000	100,000	1,200,000
24,000	1,650,000	55,000	1,705,000

Del cuadro o gráfico observamos que el MTBF óptimo corresponde a 22,000 Hrs.

6.3.2. APLICACION DE LOS COSTOS A LA DETERMINACION DEL T_p OPTIMO DE MANTENIMIENTO.-

De la expresion:

$$MTBF = \frac{\int_0^{T_p} R_{T_p}(\tau) \cdot d\tau}{1 - R_{T_p}(T_p)}$$

Tenemos:

τ			$\eta = 19,500$	$\beta = 1.75$
0	1			
25		1.0000		
50			1.0000	
75		0.9999		
100			0.9999	
125		0.9999		
144	0.9998			
	1.9998	2.9998		1.9999

$$\int_0^{T_p} R_{T_p}(\tau) \cdot d\tau = \frac{144}{3 \times 6} (17.9988) = 143.9904$$

Luego:

T_p	$e^{-\left(\frac{T_p - \delta}{\eta}\right)^{\beta}}$
360	0.9991
720	0.9969
1440	0.9896
2160	0.9790
2880	0.9654
4320	0.9310
8640	0.7861

La integral es constante y su valor es 143.9904 Hrs.

Luego la determinación de los valores del MTBF lo hacemos variando los valores del T_p en el divisor:

$\int_0^{T_p} R_{T_p}(\tau) \cdot d\tau$	T_p	$R_{T_p}(T_p)$	MTBF
143.9904	360	0.9991	159,989.33
143.9904	720	0.9969	46,448.52
143.9904	1440	0.9896	13,845.23
143.9904	2160	0.9790	6,856.69
143.9904	2880	0.9654	4,161.57
143.9904	4320	0.9310	2,086.62
143.9904	8640	0.786	673.17

Estos valores los graficamos, luego entramos con el MTBF óptimo determinado anteriormente (22,000 hr.) llegamos a la curva y bajamos una recta hasta intersectar a la abscisa T_p con lo que se determina el T_p óptimo y cuyo valor es de 1,200 hrs; lo que equivale a 50 días, pero para estandarizar tiempos se puede realizar los periodos de mantenimiento cada 2 meses.

6.4. DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.- (P.E.).-

La operatividad de una fábrica producen costos, tales como costos de adquisición, costos de propiedad ya mencionados anteriormente, asimismo costos de producción los cuales están directamente relacionados con las horas de trabajo de las máquinas.

Estos costos, si los graficamos observaremos que se van a intersectar. Dicho punto indicará el punto de equilibrio de Tiempo de Operación de las Máquinas y el Costo Óptimo. Este es: este punto de equilibrio indica que a un tiempo por debajo de dicho punto se producen pérdidas o en ese instante las inversiones en la fábrica son mayores a la producción esperada de las máquinas, por otro lado, para un tiempo mayor a este punto se producen beneficios o utilidades.

Los valores mostrados en los cuadros N. 3.1' (Costos de Inversión y Costos de Propiedad) y N. 3.5 (Cproducción) los graficamos y obtenemos: