



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL
MANTENIMIENTO, PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN
IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ-2108, PARA LA
INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES**

Israel de Jesús Guerra Rodríguez

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, octubre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL
MANTENIMIENTO, PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN
IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ-2108, PARA LA
INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:**

ISRAEL DE JESÚS GUERRA RODRÍGUEZ

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DEL
MANTENIMIENTO, PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN
IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ-2108, PARA LA
INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 17 de noviembre de 2009.



Israel de Jesús Guerra Rodríguez.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



Guatemala, 17 de abril de 2009.
Ref.EPS.DOC.597.04.09

Señor
Mario Estrada
Gerente de Mantenimiento
POLYTEC
Villa Nueva, Guatemala
Presente

Respetable Señor Estrada.

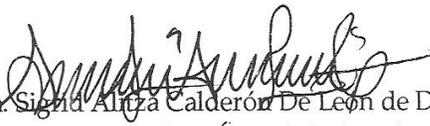
Por este medio me es grato comunicarle que la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha considerado favorablemente la solicitud planteada, por lo que se autoriza al estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica **Israel de Jesús Guerra Rodríguez** carné No. **199912137**, incorporarse por un período de **Seis meses** a partir del **26 de marzo de 2009**.

Así mismo, le informo que se ha designado como Asesor-Supervisor de EPS al Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

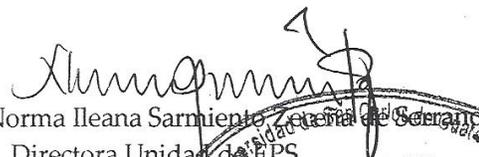
Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Aliza Calderón De León de De León
Coordinadora Área de Industria
Unidad de EPS




Vo. Bo. Inga. Norma Ileana Sarmiento
Directora Unidad de EPS



Archivo
SACDLdDL/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de mayo de 2010
REF.EPS.DOC.670.05.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

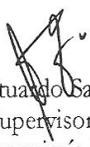
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Israel de Jesús Guerra Rodríguez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **199912137**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ-2108 PARA LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

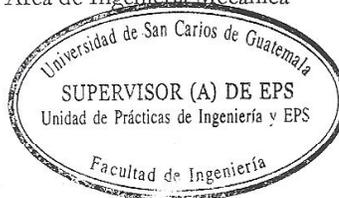
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de mayo de 2010
REF.EPS.D.403.05.10

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ 2108 PARA LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Israel de Jesús Guerra Rodríguez** quien fue debidamente asesorado por y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ 2108 PARA LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES, del estudiante Israel de Jesús Guerra Rodríguez, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



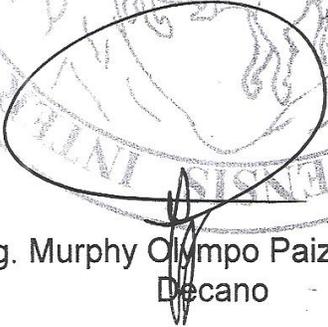
Guatemala, octubre de 2010

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **ESTRUCTURACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO, PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN IMPRESORAS FLEXOGRÁFICAS COMEXI FJ-2108, PARA LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS FLEXIBLES**, presentado por el estudiante universitario Israel de Jesús Guerra Rodríguez, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2010

/cc
cc. archivo

AGRADECIMIENTOS A:

MI PATRIA

GUATEMALA

Tierra hermosa que me vio crecer

LA UNIVERSIDAD

DE SAN CARLOS

LA FACULTAD DE

INGENIERIA

MI ASESOR

Ing. Edwin Sarceño, por su paciencia y comprensión.

MARIO ESTRADA

Por darme la confianza y la oportunidad de ingresar a la empresa.

**EL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO**

Por brindarme su amistad y su apoyo

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por darme salud, fuerza y entendimiento para seguir adelante con mis metas
- MIS PADRES** Ricardo de Jesús Guerra Pleitez y María Alicia Rodríguez Sagastume, por su apoyo moral, económico y cariño que brindaron durante toda mi época estudiantil.
- MIS HERMANOS** Edgar Moisés Guerra Rodríguez
Milvia Leticia Guerra Rodríguez
José Ernesto Guerra Rodríguez
Sandra Fidelia Guerra Rodríguez
Angélica María Guerra Rodríguez
Verónica Judith Guerra Rodríguez
Berta Alicia Guerra Rodríguez
Por el apoyo incondicional que me brindaron y que este triunfo sea una muestra de agradecimiento.
- MIS SOBRINOS** Que mi triunfo alcanzado sea un ejemplo para ellos.
- MIS AMIGOS** Con mucho cariño y respeto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 ¿Qué es una impresora flexográfica?.....	1
1.1.2 Descripción general de la máquina	2
1.1.3 Datos técnicos.....	2
1.1.4 La evolución organizacional y estructural del mantenimiento.....	3
1.1.5 Descripción del departamento de mantenimiento.....	10
1.1.6 Estructura y función del departamento de mantenimiento.....	10
1.1.7 Tipos de mantenimiento	12
1.1.7.1 Mantenimiento correctivo	12
1.1.7.2 Mantenimiento preventivo	13
1.1.7.3 Mantenimiento predictivo.....	14
1.1.7.4 Mantenimiento proactivo	15
2. ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO	17
2.1 Operación actual.....	17
2.2 Historial de fallas existentes	17
2.2.1 ¿Cómo y por qué se producen las fallas?	19
3. ENTORNO DEL PROYECTO (FASE DE INVESTIGACIÓN).....	21
3.1 Gestión de mantenimiento.....	21
3.2 Función y objetivo de mantenimiento	22

3.3	La terotecnología.....	22
3.4	Cuerpo y función de los equipos. Efectos del espacio y del tiempo	23
3.5	Confiabilidad – Mantenibilidad – Disponibilidad (CMD)	25
3.5.1	Confiabilidad – Fallas.....	26
3.5.1.1	Probabilidad.....	27
3.5.1.2	Desempeño satisfactorio.....	27
3.5.1.3	Período	27
3.5.1.4	Condiciones de operación.....	28
3.5.1.5	Curva de confiabilidad.....	28
3.6	Rutinas de mantenimiento planificadas.....	29
3.7	Rutinas predictivas u monitoreo de condición	30
3.8	Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento	31
4.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	33
4.1	Fundamentos de la distribución de Weibull.....	33
4.2	Curvas características de Weibull	34
4.3	Lectura de los parámetros η y β en el papel de Weibull utilizando los datos históricos de fallas de la impresora	39
4.3.1	Método Benard de aproximación de rango de medianas.....	41
4.4	Usando el rango de regresión lineal para para calcular los parmetros de la distribución de Weibull.....	45
4.4.1	El Coeficiente de correlación.....	47
4.5	Comprobación de los calculos utilizando un programa de computadora (Weibull++7).....	51
4.6	Cálculo de disponibilidad en componentes con probabilidad de falla más recurrente.....	55
4.7	Propuestas para mejorar el porcentaje de confiabilidad de la impresora	57
4.7.1	Planes y mejoras.....	57
4.7.2	Mantenimiento de los elementos neumáticos	57

4.7.3	Mantenimiento de elementos mecánicos	58
4.7.3.1	Cuerpo impresor.....	59
4.7.3.1.1	Ejes portacamisas.....	59
4.7.3.1.2	Guías lineales, husillos y tornillos	60
4.7.3.1.3	Rodamientos de registro longitudinal.....	60
4.7.3.1.4	Ruedas dentadas portacliché y rodillo tramado	61
4.7.3.1.5	Casquillos de registro longitudinal y lateral.....	61
4.7.3.1.6	Correas dentadas	62
4.7.3.1.7	Pantallas de secado.....	63
4.7.3.1.8	Túnel de secase.....	64
4.7.3.1.10	Bombas de membrana neumática	65
4.7.3.1.11	Desbobinador, rebobinador y resto de la máquina.....	67
4.7.3.1.11.1	Mantenimiento del desbobinador..	67
4.7.3.1.11.1.1	Cierres rápidos	67
4.8	Puntos de engrase.....	68
4.8.1	Cuerpo impresor.....	68
4.8.1.1	Guías lineales de la rasqueta.....	68
4.8.1.2	Carros de guías lineales.....	69
4.8.1.3	Chavetero corredizo y cubo de registro longitudinal.....	69
4.8.1.4	Husillos.....	70
4.8.1.5	Rodamientos de agujas del rodillo portaclichés	71
4.8.1.6	Carros de guías lineales.....	71
4.8.1.7	Corona principal	72
4.8.1.8	Rodamientos eje porta-camisas	72
4.8.1.9	FJ CNC Husillos	73
4.8.2	Grupos compensadores y refrigeradores.....	73
4.8.2.1	Juntas rotativas rodillos refrigeradores	74
4.8.2.2	Rodamientos de rodillos	74

4.8.2.3	Cadena del enfilador de material.....	75
4.8.2.4	Rodamientos del tambor central.....	75
4.8.3	Rebobinador dúplex.....	76
4.8.3.1	Mantenimiento.....	76
4.8.3.1.1	Puntos de engrase.....	77
4.8.3.1.1.1	Sistema de transmisión del giro de la torreta.....	77
4.8.3.1.1.2	Cierres rápidos.....	78
4.8.3.1.1.3	Sistema de corte y empalme.....	79
4.8.3.1.1.4	Motores de corriente continua.....	81
4.8.3.2	Motoreductor de la torreta.....	82
4.9	Ruta de lubricación.....	83
4.9.1	Ficha técnica de lubricación y limpieza.....	83
4.9.1.1	Códigos de frecuencia para fichas de lubricación.....	85
4.9.1.2	Símbolos de frecuencia de lubricación.....	85
4.10	Miscibilidad de los lubricantes.....	86
	CONCLUSIONES.....	89
	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Esquema de una impresora flexográfica.....	1
2	Evolución histórica del mantenimiento.....	4
3	Opciones de estructuras organizacionales de mantenimiento.....	7
4	Estructura sistémica, organizacional y funcional de mantenimiento.....	9
5	Organigrama del departamento de mantenimiento.....	11
6	Efectos del espacio y el tiempo sobre los equipos.....	24
7	Parámetro de forma Beta de Weibull.....	34
8	Tasa de fallas en Weibull.....	38
9	Función de densidad de probabilidad de fallas en Weibull.....	38
10	Función acumulada de fallas.....	39
11	Cálculo de β & η utilizando el papel de Weibull.....	44
12	Gráfica de probabilidad-Weibull y trazo de la línea de probabilidad.....	51
13	Gráfica confiabilidad vs. tiempo y trazo de la línea de confiabilidad.....	52
14	Descofiabilidad vs. tiempo.....	53
15	Elementos neumáticos.....	58
16	Rodamientos de registro longitudinal.....	61
17	Casquillos de registro longitudinal y lateral.....	62
18	Tuberías de impulsión y aspiración.....	63
20	Tintero.....	64
21	Túnel de secado.....	65
22	Bomba Neumática.....	66
23	Cierres del desbobinador.....	68
24	Guías lineales de la rasqueta.....	69
25	Carros de guías lineales.....	69

26 Chavetero corredizo	70
29 Carros de guías lineales	72
30 Corona principal	72
31 Rodamientos eje porta-camisas	73
32 FJ CNC Husillos	73
33 Juntas rotativas	74
34 Rodamientos de rodillos	75
35 Cadena del enfilador de material	75
36 Rodamientos del tambor central	76
37 Sistema de transmisión del giro de la tortea	78
38 Cierres rápidos	78
39 Limpieza de guías lineales	79
40 Lubricación de guías lineales	79
41 Aplicación dl lubricante en guías lineales	80
42 Lubricación de cremallera.....	80
43 Extracción del filtro de los motores de corriente continua.....	81
44 Limpieza de filtro.....	81
45 Comprobación del nivel de aceite en el motoreductor	82

TABLAS

I	Historial de fallas en impresora flexográfica Comexi FJ 2108 # 1.....	17
II	Cálculos puntuales.....	39
III	Rango de medianas y horas de la duración de las fallas.....	42
IV	Tabulación de datos para el calculo de β & η	48
V	Tabulación de datos para el calculo de (ρ)	49
VI	Porcentajes de confiabilidad y desconfiabilidad del equipo.....	54
VII	Probabilidad de fallas en elementos.....	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

1	Probabilidad de ocurrencia de un evento (de falla) y confiabilidad.	28
2	Tasa de fallos.....	35
3	Ecuación empírica de Weibull.....	35
4	Función acumulativa de fallas.....	36
5	Función de densidad de probabilidad	36
6	Simplificación de la ecuación de la tasa de fallos	36
7	Rango de medianas.....	41
8	Despeje de a en una ecuación lineal	46
9	Despeje de b en una ecuación lineal	46
10	Y_i	47
11	X_j	47
12	Coefficiente de correlación.....	47

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
m	Metros
mm	Milímetros
cm²	Centímetros cuadrados
kg	Kilogramos
Hz	Hertz
v	Voltio
c	Centígrado
μ	Micra
g	Gramo
mg	Miligramo
W	Watt

GLOSARIO

Agarrotarse	Dejar de funcionar un mecanismo por falta de movilidad de sus piezas.
Análisis LCC	Es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de incremento de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.
Cliché	Plancha en la que se grava lo que se va a imprimir
Confiabilidad	Es la probabilidad de que un componente o sistema, desarrolle durante un periodo de tiempo dado, la tarea que tiene encomendada sin fallos, y en las condiciones establecidas.
Disponibilidad	Es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación.
Ertalyte	Es un politereftalato de etileno que incorpora un lubricante sólido disperso uniformemente. Su formulación específica hace de él un producto internamente lubricado, excelente para uso en cojinetes y casquillos.

Exógeno	Que externamente obra sobre algo.
FMECA	(Análisis de modos de fallos y efectos críticos), la intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos en el equipo.
Fuelle	Pasillo flexible que comunica o une dos compartimentos.
Horquilla	Pieza u objeto que tiene forma de Y y sirve generalmente para sujetar o sostener.
Ingeniería de fábricas	Término que se usa para denotar un área global de la empresa que incluye las divisiones de mantenimiento, proyectos, producción, calidad y otras afines
Mantenibilidad	Capacidad en unas condiciones dadas de utilización de un bien para ser mantenido o recuperado en un intervalo de tiempo dado a un estado que pueda cumplir la función exigida
Obsolescencia	Es la caída en desuso de máquinas, equipos y tecnologías motivada no por un mal funcionamiento del mismo, sino por un insuficiente desempeño de sus funciones en comparación con las nuevas máquinas, equipos y tecnologías introducidos en el mercado.

RCFA	Es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro, adscrita a la Red Latinoamericana y del Caribe de Formación Ambiental del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Rodillo anilox	Rodillo regulador de tinta utilizado en impresión flexográfica.
Santoprene	Es un caucho termoplástico procesable en máquinas para plástico, pero con la apariencia final y prestación de un caucho.
TPM	Mantenimiento Productivo Total

RESUMEN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en una industria de plásticos flexibles, situada en el municipio de Villa Nueva, del departamento de Guatemala, durante el periodo de marzo a agosto de 2009, en el cual se obtuvo la participación de los operarios y mantenedores de la máquina quienes proporcionaron la información necesaria para desarrollar el proyecto.

El propósito del proyecto consistió en verificar la eficiencia del equipo utilizando la distribución de Weibull para encontrar su disponibilidad y confiabilidad y luego implementar un mantenimiento preventivo, capaz de mejorar el porcentaje de fiabilidad. Para realizar dicho cálculo se tomó el historial de fallas en un periodo no máximo de tres meses, para calcular la probabilidad de falla de la máquina y los elementos mecánicos. Luego se elaboran los planes y mejoras para corregir los problemas más comunes que causan pérdidas notables.

El presente proyecto tiene utilidad teórica y práctica, el estudio se basa en el método eficaz de la distribución de Weibull que se utiliza para encontrar la probabilidad de avería de la máquina basada en tiempo.

El resultado obtenido de la evaluación de la eficiencia de la máquina indica que la probabilidad de falla del equipo está en un rango de alto riesgo por lo que permitió llegar a las siguientes conclusiones: a) Uno de los problemas más

frecuentes que se pudo observar por parte del área de mantenimiento es que no cuentan con las herramientas necesarias para elaborar las reparaciones, esto hace que el trabajo no sea calificado y a la vez, inseguro al momento de laborar de nuevo. b) La mala lubricación de los elementos y al carecer de un estricto control de las fichas de ésta, se incrementa la inseguridad en el momento de laborar. c) Los resultados obtenidos al utilizar la distribución de Weibull dan a conocer el porcentaje de disponibilidad del equipo, se pudo observar que dicha disponibilidad es demasiado baja para una máquina que labora las veinte y cuatro horas, debido a esto es necesario adoptar medidas preventivas que ayuden a mejorar la confiabilidad del equipo notablemente. Todo esto se consigue siguiendo una serie de pasos hasta obtener un mejor resultado en la eficiencia.

OBJETIVOS

GENERALES

Comprobar la eficiencia de la impresora utilizando la distribución de Weibull para encontrar su disponibilidad y confiabilidad, e implementar un mantenimiento preventivo capaz de mejorar el porcentaje de fiabilidad.

ESPECÍFICOS

1. Calcular la probabilidad de falla en el equipo y los elementos, conforme al historial de fallas tomadas en un lapso de tres meses.
2. Crear una ruta de lubricación y aseo por medio de una ficha, para poder llevar un estricto control de la máquina.
3. Elaborar planes y mejoras para corregir los problemas más comunes que ocasionan pérdidas notables.
4. Realizar rutinas de monitoreo en el proceso de fabricación.
5. Lubricar todas las áreas que necesiten una lubricación periódica en el momento preciso.

INTRODUCCIÓN

Muchas veces se ha visto al mantenimiento como una fuente de egresos para las empresas, debido a que su ayuda es sólo un apoyo a la producción, se puede decir que no genera ningún bien, pero su servicio ayuda a mantener los equipos en buen estado. Por lo tanto, es necesario dar mucha importancia al rol que juega dentro de la empresa, el cual puede variar conforme la consideración que le brinden dentro de ésta.

La confiabilidad que brinda una empresa al cliente se basa en la disponibilidad del equipo, dado que un equipo en buen estado da seguridad para entregar en el momento indicado el servicio necesario, es por eso que actualmente el mantenimiento no solo se basa en reparaciones correctivas, sino también en el monitoreo constante de la funcionalidad de los equipos y en el control del historial de fallas, para llevar un chequeo y predecir su eficiencia al momento de operar en cualquier instante que se le desee.

El resultado del proyecto será de manera viable, percibiendo mayores ganancias en la producción, generando confianza a los clientes al otorgarles los productos en el momento indicado, y a la vez elevar prestigio como una de las mejores empresas en la impresión de plásticos flexibles; el trabajo será competente digno de personas especialistas y capacitadas, cuya misión es servir a sus clientes, con el objeto de entregarles productos de muy buena calidad

Con la implementación de sistemas establecidos en el mantenimiento se mejorará la confianza en los clientes logrando así expandir su producto a mayor distancia, abarcando no solo la región nacional sino también países aledaños.

Actualmente, muchas empresas no cuentan con sistemas de mantenimiento preventivo que ayude a minimizar sus pérdidas, así que es necesario conocer las herramientas actuales que pueden ayudar a obtener mejores ganancias.

A continuación se elaborará los cálculos necesarios para obtener la eficacia del equipo, utilizando la distribución de Weibull método eficaz y moderno que ayuda a obtener los porcentajes de confiabilidad y desconfiabilidad versus tiempo.

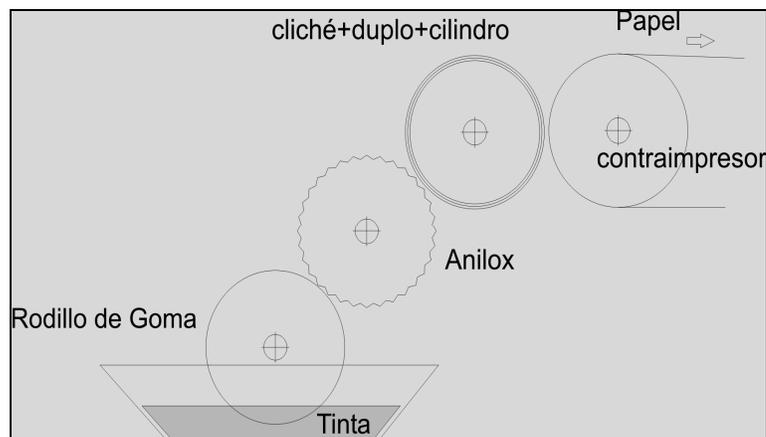
1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Generalidades

1.1.1 ¿Qué es una impresora flexográfica?

Es una máquina diseñada para la impresión en plásticos flexibles, suelen ser rotativas, y su principal diferencia con el resto de los sistemas de impresión es el modo en que el cliché recibe la tinta. Generalmente, un rodillo giratorio de caucho recibe la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado anilox. El anilox por medio de unos huecos de tamaño microscópico formados por abrasión de un rayo láser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora (grabado o cliché). Luego, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir (Figura. 1).

Figura 1. Esquema de una impresora flexográfica



Fuente: **Wikipedia**. <http://es.wikipedia.org/wiki/Flexograf%C3%ADa>

1.1.2 Descripción general de la máquina

Impresora flexográfica Comexi, ocho colores de tambor central, para cambios rápidos con sistema de camisas en conjuntos porta-clisés y anilox modelo FJ 2108.

1.1.3 Datos técnicos

Ancho máximo de paso de material: 1.270 mm.

Ancho máximo útil de impresión: 1.220 mm.

Grupos impresores: 8.

Ancho mínimo útil de impresión: 50% de la anchura de máquina. (Anchuras inferiores bajo demanda).

Velocidad mecánica: 300 m/min.

Velocidad de impresión: hasta 300 m/min., dependiendo del soporte, tintas, tipo de impresión, etc.

Desarrollo mínimo: 380 mm - máximo 800 mm.

Diámetro del núcleo porta-camisas: 114.708 mm.

Engranaje porta-clisés: 5 mm.

Espesor clisé: a definir.

Diámetro de bobinas.

Desbobinador: 800 mm.

Rebobinador : 800 mm.

Diámetro interior del mandril: 3"

Rango de tensiones: en función de los materiales.

Tensión eléctrica: 3 x 220 v 60 Hz.

Presión de agua necesaria: 2 kg/cm².

Temperatura de entrada del agua: 18 °C.

Aire comprimido: 7 kg/cm².

Color de la máquina: GRIS RAL K-3 n° 7035 y ROJO RAL K-3 n° 3001

1.1.4 La evolución organizacional y estructural del mantenimiento

Las empresas generadoras de bienes y/o servicios que utilizan instalaciones, edificios máquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, etc. para lograr su objetivo social necesitan que estos activos se mantengan en un estado de funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad adecuados a sus necesidades, al procurar que su vida útil sea la máxima posible al mínimo costo; lo que se logra a través del mantenimiento, el cual actúa como una entidad de servicio a la producción. La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.

La principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento. La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios inclusive cuando el hombre formaba parte de la energía de dichos equipos. Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde los principios del siglo XX en los Estados Unidos donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo.

El progreso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación con los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo: el análisis se lleva a cabo en cada una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

Figura 2. Evolución histórica del mantenimiento

Etapa	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia	Necesidad específica	Orientación hacia	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias Gestión de activos			

Fuente: Alberto Mora. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales.** Pág. 22

En la etapa I la prioridad del área de producción es elaborar productos o generar servicios. Las fallas imprevistas se convierten en el mayor problema del área de producción, pues impiden el desarrollo normal de su actividad, como consecuencia de esto sucede la aparición de la etapa II de mantenimiento.

En la etapa II se identifican los equipos, se determinan las tareas para las intervenciones programadas, se definen las recomendaciones de seguridad, se

establecen los planes de mantenimiento, se delimitan y generan ordenes de trabajo programadas y no programadas, se decide y se implementan los mecanismos de manejo y recolección de datos de una forma sencilla, completa y eficiente, que posteriormente se convierten en el sistema de información.

Una vez las empresas han alcanzado la madurez para el manejo real y conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, empiezan a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento bajo un sistema organizado, y es aquí donde aparece la fase III en la cual se destacan el TPM (Mantenimiento Productivo total). Lo importante en esta fase III para producción es maximizar la explotación y la combinación de sus factores productivos, en tanto que el mantenimiento se constituye como una unidad independiente de producción, dado que es normal que en las anteriores fases I y II aún depende del área operativa, al referirse en cuanto nivel jerárquico.

La etapa IV se alcanza cuando las empresas desarrollan con eficiencia los niveles anteriores, en esta se interesan por medir resultados y pretenden saber que tan bien se hacen las cosas, es por eso que empiezan a establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento como el LCC, implementan el registro histórico de fallas y reparaciones, se establecen sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales. En este nivel IV se involucran los directivos y todas las demás áreas corporativas de la empresa con un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima reducción de costos.

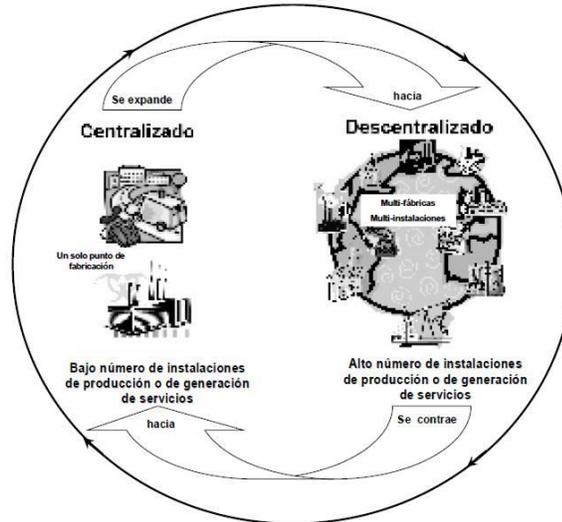
En este sistema se establecen metas alcanzables a todas las áreas involucradas, además de detectar las necesidades reales de desarrollo de personal y capacitación con el fin de que los miembros del área de

mantenimiento alcancen niveles adecuados de calificación para aplicar nuevas tecnologías en procesos de gestión.

La etapa V se caracteriza por procurar el desarrollo de habilidades y competencias en todo su personal, también profundizan en alguna de las etapas anteriores, en este nivel se consolidan las realizaciones de FMECA y RCFA. En esta etapa las empresas han alcanzado tal grado de conocimiento, experiencia, desarrollo de tecnologías propias y dominio de modernas técnicas de mantenimiento y producción; empiezan estas dos áreas a trabajar en forma conjunta y alineada por encima de cualquier obstáculo propio en áreas de optimizar el bien común que las relaciona la máquina al dejar de mirarla como un pasivo que hay que utilizar para producir y mantenerlo para que se pueda utilizar, a entenderlo como un activo que genera ingresos para la organización. Se puede afirmar que cuando la organización desarrolla y alcanza una metodología capaz de integrar todos y cada uno de los niveles anteriores se alcanza la etapa VI, definida como gestión de activos, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas, con el fin de manejar con flexibilidad y éxito sus activos.

La forma en que interactúan mantenimiento y producción dentro de un esquema de ingeniería de fábricas o de ingeniería de confiabilidad en un sistema empresarial puede aportar muchas clasificaciones, todo depende del punto de vista que se tome, inicialmente, se puede mencionar que el mantenimiento puede ser centralizado, descentralizado y mixto. ver figura 3.

Figura 3. Opciones de estructuras organizacionales de mantenimiento



En el centralizado, el área de gestión puede darse en empresas medianas y pequeñas donde es un requerimiento para un mejor control, se puede asociar a organizaciones en crecimiento que consolida una estructura característica de las etapas III y IV de la evolución de mantenimiento; se puede aproximar esta organización a empresas que sólo poseen una instalación física o de servicios o fábrica. Para el sistema descentralizado cada unidad de negocio de la empresa tiene su propio organismo de plantación, ejecución y control del mantenimiento; es típico encontrarlo en organizaciones de gran magnitud con muchas instalaciones físicas de servicio o con muchas empresas propias que físicamente son distantes y pertenecen a una sola corporación. Por último, el término intermedio, que es una mezcla de las dos anteriores, es una estructura organizacional más compleja y difícil que las dos anteriores, se puede encontrar en empresas que evolucionan en su crecimiento, hacia la expansión al buscar el sistema descentralizado o de recogimiento o reducción hacia el modelo centralizado. La mezcla puede darse en cualquiera de las funciones de planear, ejecutar o controlar, en dos de ellas o en todas.

Otro punto de vista desde el cual debe ser analizada la evolución estructural de mantenimiento es en su grado de dependencia; es indiscutible que al ser mantenimiento una división de servicio y de apoyo logístico a fabricación, es lógico que nazca de este departamento; por lo tanto en las primeras etapas de desarrollo es probable que dependa enteramente del área operativa, en este modelo de dependencia es producción quien toma las grandes decisiones de mantenimiento. Siendo el área de manufactura omnipotente en el direccionamiento, planeación, control y ejecución del mantenimiento.

Los inconvenientes que presenta la dependencia de mantenimiento de producción, son entre otros: desconocimiento del área técnica y de la no disponibilidad de tiempo para profundizar en los problemas y en la ciencia requerida para atender niveles tecnológicos altos, falta de una visión de largo plazo en las decisiones de mantenimiento pues su interés prioritario es la explotación de los equipos, genera frustración en los funcionarios de mantenimiento y normalmente se ve a mantenimiento como un componente pasivo generador de gastos en la empresa, es muy difícil la programación de paradas de equipos para la realización de actividades de mantenimiento normalmente se actúa con acciones correctivas y eventualmente modificativas, ninguna o poca presencia de acciones planeadas.

La mejor forma de revisar la estructura organizacional de mantenimiento es mediante el estudio de su organigrama funcional y de los diferentes roles que se asumen por parte del personal en el desarrollo de las funciones normales, se asume que no hay modelo único y exitoso con relación a como estructurar el mantenimiento; lo que si se observa en las organizaciones que

alcanzan las etapas III, IV, V y VI, es que su estructura es de tipo matricial, donde se tienen funciones y cargos, al utilizar acciones de mantenimiento, al asumir una táctica y todo esto lo manejan mediante una estrategia. Ver figura 4

Figura 4. Estructura sistémica, organizacional y funcional de mantenimiento

Estructura Organizacional y funcional del mantenimiento, estilo matricial, el cual es flexible y dinámico, todo el personal interactúa; el sistema es transversal y no departamental.	Entidades indirectas de Apoyo Logístico						
	Taller	Almacén	Proveedores	Costos	Importaciones	Contratistas	
	Otras áreas de apoyo a Ingeniería de Mantenimiento						
Acciones de Mantenimiento <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div> <p>Correctivo</p> <p>Normalmente para el correctivo se crea un Grupo Reactivo que atiende las necesidades y fallas de corto plazo y urgentes. La tendencia es a disminuir a porcentajes muy bajos la cantidad de correctivos.</p> </div> <div> <p>Modificativo</p> <p>Las actividades de rediseño o modificación las realiza otro Grupo Activo de Ingeniería de Proyectos dentro de mantenimiento o perteneciente a Ingeniería de Fabricas</p> </div> <div> <p>Preventivo</p> <p>Todas las tareas de acciones preventivas o predictivas se desarrollan mediante un Grupo de Mantenimiento Planeado</p> </div> <div> <p>Predictivo</p> </div> </div>	Gestión y Operación Táctica y Estratégica del Mantenimiento					Por lo general se conforman Grupos multidisciplinarios, con miembros de Reactivo Modificativo Planeado y de otras áreas como Operación que utilizan las estrategias normales de análisis como CMD, LCC, RAM, MD, RPN, FMECA, etc., casi siempre está liderado por Gerentes de Ingeniería o Directores de IM o de IF El análisis es transversal en toda la estructura de mantenimiento y operación, quienes actúan coordinadamente	
	Planeación	Coordinación	Organización	Ejecución	Control		Análisis & Estrategia
	El Personal que conforma el Grupo Reactivo adopta una Táctica de Tipo Reactiva, realiza los correctivos y presta su servicio todo el tiempo en forma inmediata						
	Realiza pequeños proyectos y en especial desarrollan todas las modificaciones a lugar, derivadas de los análisis de fallas, estudio y análisis de la ingeniería de confiabilidad y CMD						
	Es el Grupo que lidera la aplicación de una Táctica que puede ser un TPM, RCM, WCM, etc. habitualmente las empresas en sus etapas II, IV, V y VI, adoptan una táctica Proactiva que contiene a casi todas las anteriores						

Fuente: Alberto Mora. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales. Pág. 33**

La particularidad de este sistema es que es dinámico y flexible, en él se conforman grupos de diferentes acciones de mantenimiento; correctivo, modificativo y planeado. En general, su éxito estriba en que se adapta a cada organización en particular, pero es simplemente una directriz que es beneficiosa en la medida que se acomode a las necesidades y en especial a la etapa de desarrollo de mantenimiento en que se encuentra la empresa.

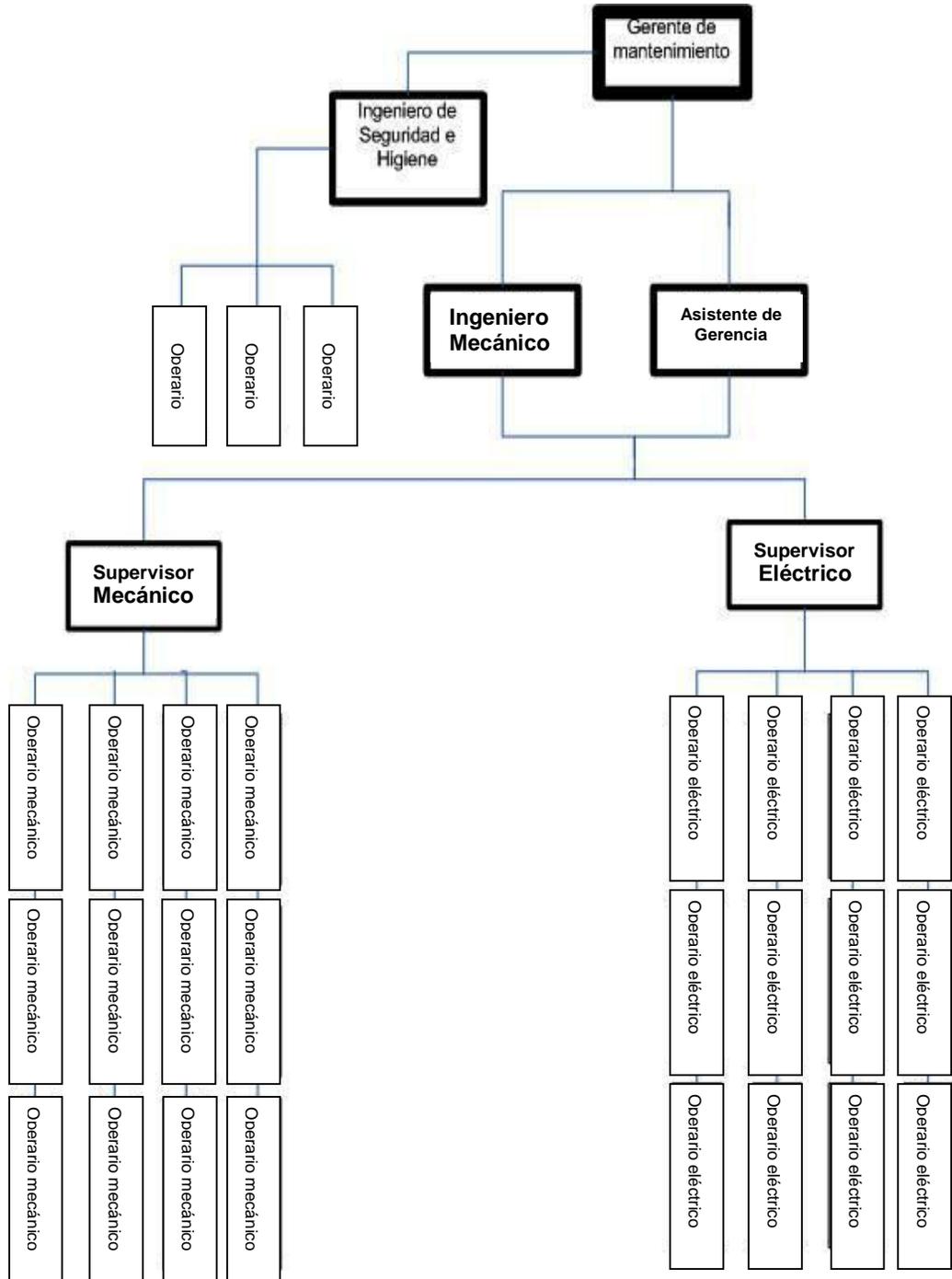
1.1.2 Descripción del departamento de mantenimiento

Actualmente, la empresa el departamento de mantenimiento está dividido en dos áreas, una mecánica y la otra eléctrica, en las que existe una distribución de mecánicos y eléctricos por áreas, los cuales se encargan de la ejecución de las tareas de mantenimiento indicadas por las ordenes de trabajo, son programadas por personal encargado directamente de la planificación del mantenimiento.

1.1.3 Estructura y funcionamiento del departamento de mantenimiento

La estructura del departamento de mantenimiento es del tipo centralizada y su organización es similar a la etapa III, la cual se enfoca en optimizar la producción, la estructura de organización del departamento mecánico está definida de la siguiente manera (Fig. 5) El departamento está encabezado por el gerente general, que es el encargado de regir el control, coordinar las actividades y toma de decisiones, después se encuentra el asistente de gerencia, el ingeniero de seguridad e higiene y el ingeniero mecánico, quienes se encargan de organizar las tareas y distribución de trabajo a los operarios.

Figura 5. Organigrama del departamento de mantenimiento



1.1.5 Tipos de mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de mantenimiento, los cuales están en función del momento en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha y en función a los recursos utilizados; así se tiene:

1.1.5.1 Mantenimiento correctivo

También es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores. Éste trae consigo las siguientes consecuencias: paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se pararán a la espera de la corrección de la etapa anterior. Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

1.1.5.2 Mantenimiento preventivo

También se le denomina mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, quienes son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

1.1.5.3 Mantenimiento predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad.

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se usa un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos

1.1.5.4 Mantenimiento proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos y directivos deben estar consiente de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo con este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos y también errores.

2. ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO

2.1 Operación actual

Actualmente, en la empresa no se ha adoptado ningún tipo de mantenimiento preventivo que ayude a disminuir el porcentaje de fallas imprevistas, por lo tanto el personal actúa cuando ya se ha reportado la falla, lo cual produce un paro inesperado que retrasa la producción alterando el tiempo de entrega al cliente. El mantenimiento más adoptado por la empresa es el mantenimiento correctivo, cuya función se ha ido desarrollando a menudo que surgen las fallas, se puede predecir que la confiabilidad de la máquina no es muy segura.

2.2 Historial de fallas existentes

Tabla I. Historial de fallas en impresora flexográfica Comexi FJ 2108 # 1

Fecha y hora Inicio de la falla	Hora fin de falla, inicio de operación normal	Tiempo de paro	Área donde ocurrió la falla
02/02/2009 08:20	02/02/2009 15:15	06:55	Portamangas
06/02/2009 12:00	06/02/2009 18:30	06:30	Estación
07/02/2009 00:30	7/20/09 1:45	01:15	Estación
07/02/2009 06:00	07/02/2009 10:00	04:00	Barras neumáticas
11/02/2009 14:50	11/02/2009 21:00	06:10	Botonera
16/02/2009 01:00	16/02/2009 02:00	01:00	Módulo

19/02/2009 15:00	19/02/2009 21:00	06:00	Barras neumáticas
21/02/2009 20:00	22/02/2009 01:20	05:20	Bomba de tinta
23/02/2009 05:30	23/02/2009 06:40	01:10	Estación
24/02/2009 19:00	24/02/2009 20:00	01:00	Botonera
03/03/2009 07:00	03/03/2009 17:15	10:15	Rodillo prensador
05/03/2009 22:15	05/03/2009 23:40	01:25	Estación
06/03/2009 19:20	06/03/2009 20:00	00:40	Barras neumáticas
11/03/2009 20:30	11/03/2009 23:45	03:15	Barras neumáticas
12/03/2009 12:40	12/03/2009 13:20	00:40	Estación
16/03/2009 04:00	16/03/2009 17:40	13:40	Bomba de tinta
17/03/2009 07:00	17/03/2009 17:00	10:00	Estación
17/03/2009 08:00	17/03/2009 12:00	04:00	Alienador
18/03/2009 07:50	18/03/2009 08:25	00:35	Lámparas
23/03/2009 17:50	23/03/2009 21:00	03:10	Piñón
24/03/2009 07:40	24/03/2009 09:40	02:00	Barras neumáticas
30/03/2009 11:45	30/03/2009 13:00	01:15	Estación
01/04/2009 11:00	01/04/2009 16:00	05:00	Estación
06/04/2009 22:00	06/04/2009 22:45	00:45	Estación
13/04/2009 11:30	13/04/2009 17:00	05:30	Piñas
13/04/2009 20:30	19/04/2009 23:55	148:25	calandria
20/04/2009 07:40	20/04/2009 08:20	00:40	botonera
21/04/2009 07:10	21/04/2009 10:00	02:50	Barras de aire
21/04/2009 10:40	21/04/2009 12:00	01:20	Racla
24/04/2009 04:10	24/04/2009 05:20	01:10	Bomba de tinta
28/04/2009 04:45	28/04/2009 05:40	00:55	Calandria
28/04/2009 16:00	28/04/2009 18:00	02:00	Estación

2.2.1 ¿Cómo y por qué se producen las fallas?

Las fallas más generales que se producen en la máquina son: operación errónea de la máquina y mantenimiento incorrecto. Cuando se habla de la operación errónea de la máquina, significa que el operador antes de iniciar la manipulación de ésta, deben estar capacitado. En cambio, el mantenimiento incorrecto puede ser causa de fallas de elementos de máquina. Por ejemplo, no realizar los cambios de aceites cuando se requieren, efectuar montajes de máquinas malos, dejar piezas, herramientas sueltas. Se supone que el mantenimiento es para reparar la máquina no para dañarla, pero debido a falta de capacitación de los mantenedores y escasez de herramienta esto sucede.

3. ENTORNO DEL PROYECTO (FASE DE INVESTIGACIÓN)

3.1 Gestión de mantenimiento

Cuando se habla de gestión de mantenimiento se refiere a la organización de un área gerencial de mantenimiento que exige la necesidad de establecer sistemas de gestión y operación mediante procesos. Los pasos que se requieren para implementar este proceso son: establecer una organización que permita gerenciar el sistema de mantenimiento, de tal forma que se pueda tener una planeación detallada, global y específica de las rutas y actividades del mantenimiento a realizar; utilizar el sistema de información para definir en forma anticipada todos los servicios y los recursos necesarios para la operación del mantenimiento, aplicar metodologías que permitan el mejoramiento permanente tanto de las actividades como de la gestión, conformar grupos interactivos de análisis y operación del mantenimiento, desarrollar sistemas de monitoreo de todas las actividades y del control de la gestión global incluidos sus costos. Al realizar todas estas actividades se logra elevar la eficiencia. Con base en todos estos pasos se puede afirmar que la gestión de mantenimiento es el área encargada de asegurar la disponibilidad de equipos¹ a producción mediante la ponderación de las imperfecciones de diseño, de las obsolescencias tecnológicas y de la acción del tiempo.

¹ Cuando se refiere a un equipo, se abarcan sistemas, unidades, componentes y en general, cualquier elemento que represente una unidad lógica de seguimiento.

3.2 Función y objetivo de mantenimiento

Una de las funciones principales de mantenimiento es maximizar la disponibilidad de la requerida para la producción de bienes y servicios, al preservar el valor de las instalaciones, para minimizar el deterioro de los equipos; lográndolo con el menor costo posible y a largo plazo. Al igual que la función el objetivo es muy importante, se puede decir que se define de la siguiente manera: “conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene y con una mínima degradación del medio ambiente”.

3.3 La terotecnología

(Palabra proveniente de las raíces griegas: thero: cuidado; techno: técnica y logos: tratado). La terotecnología plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos.

La terotecnología está relacionada con la especificación y el diseño para la confiabilidad y mantenibilidad de equipos, maquinaria, edificios y estructuras; se asocia también a la puesta en marcha de maquinas, al mantenimiento, a las modificaciones, a las reformas, a las ampliaciones y al remplazo de los equipos; así como a la retroalimentación de información sobre el diseño, desempeño y costos de maquinaria.

3.4 Cuerpo y función de los equipos. Efectos del espacio y del tiempo

Conforme el tiempo transcurre se observa que el equipo se va deteriorando por lo tanto se busca la manera de conservarlo en buen estado. Se define conservación como: toda acción humana que, mediante la aplicación de conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano. La conservación se divide en dos grandes ramas: una de ellas es la preservación (la cual atiende las necesidades de los recursos físicos) y la otra, es el mantenimiento (que se encarga de cuidar el servicio que proporcionan estos recursos).

A la vez se entiende que la función de mantenimiento es sostener o alargar la vida útil de los elementos o equipos de producción, se comprende dos conceptos básicos de éstos: el cuerpo y la función. El efecto que realiza el tiempo sobre los artefactos o equipos, al actuar como causante de desgaste o falla parcial o total en las maquinas.

A diferencia del espacio que afecta la función se identifica en términos de la tecnología que se usa en los diferentes equipos que prestan la misma función a través del tiempo los cuales se ven afectados por la obsolescencia quedando así como tecnología inferior comparada con los nuevos modelos..

Conforme avanza la tecnología en los equipos se vuelven más complejas y modernas, lo que implica para mantenimiento una mayor utilización de

técnicas y prácticas, más científicas y con mayor uso de informática y tecnología.

Se puede observar en la figura que la máquina siempre desempeña la misma función, escribir; lo que cambia es su componente tecnológico, lo que significa que su tecnología ha ido mejorando con el transcurso del tiempo, pero su función sigue siendo la misma, lo que implica para el mantenimiento un mayor conocimiento de tácticas como el TPM y RCM.

En cambio, la acción del espacio hace que cada vez las tecnologías de los equipos sean más complejas y modernas, lo que implica para mantenimiento una mayor utilización de técnicas y prácticas más profundas, más fuertes, más científicas y con mayor uso de informática y tecnología.

Figura 6. Efectos del espacio y el tiempo sobre los equipos



Fuente: Alberto Mora. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales.** Pág. 50

3.5 Confiabilidad – Mantenibilidad – Disponibilidad (CMD)

A continuación se plantean los pasos para la estimación del CMD, lo que permite tener un control sobre el sistema de mantenimiento y producción.

La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tienen el mantenimiento para su análisis.

La confiabilidad se mide a partir del número y duración de las fallas, la mantenibilidad se cuantifica a partir de la cantidad y de la duración de las reparaciones; mientras que la disponibilidad se mide a partir de la confiabilidad y de la mantenibilidad.

La relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se aprecia en la siguiente expresión.

$$\text{Disponibilidad} = \text{confiabilidad} / (\text{confiabilidad} + \text{mantenibilidad})$$

Donde interactúan los tiempos útiles y los tiempos de fallas debidas reparaciones (imprevistas).

Se puede aproximar la medición de disponibilidad, a la relación entre:

Disponibilidad = Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien

Tiempo en que el elemento o máquina puede operar

3.5.1 Confiabilidad – fallas

La confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100 % confiable, la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. Aunque un equipo este perfectamente montado y probado y debidamente mantenido no debe fallar nunca (en teoría), sin embargo, se ha demostrado que incluso los equipos mejor montados y mantenidos fallan alguna vez.

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la calidad, la calidad que tenga un producto es la cantidad de satisfacción del mismo, una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad de manera que una calidad alta implica una confiabilidad alta.

La definición de confiabilidad muestra que existen cuatro características que definen su estructura: probabilidad, desempeño satisfactorio, periodo y condiciones específicas.

3.5.1.1 Probabilidad

Se define probabilidad como el resultado de dividir el número de veces de los casos estudiados (intentos o eventos, favorables o no) entre el número total posible de casos (intentos o eventos); en la medida que la cantidad de intentos o casos sea mayor, la probabilidad se vuelve más exacta y cercana al valor real.

3.5.1.2 Desempeño satisfactorio

Para conocer el desempeño satisfactorio del equipo se deben establecer criterios específicos para describir lo que es considerado como una operación satisfactoria, además se debe conocer cuándo el equipo falla y ya no se desempeña satisfactoriamente, por ejemplo para un automóvil un adecuado nivel de satisfacción es que se pueda desplazar, aún si su radio se daña o ciertas luces no funcionan.

3.5.1.3 Periodo

Es la variable aleatoria de la definición de confiabilidad y se refiere a la duración del funcionamiento o duración de vida; no necesariamente tiene que ser dado en horas, días, meses o años. El análisis de dicha variable aleatoria implica el uso de las distribuciones de probabilidad que deben ser modelos razonables de la dispersión de los tiempos de vida.

3.5.1.4 Condiciones de operación

Son las condiciones en las que se espera que el equipo funcione, y constituye el cuarto elemento relevante de la definición básica de confiabilidad; incluyen factores como ubicación geográfica, medio ambiente, vibraciones, transporte, empaque, cantidad de la carga, etc.

3.5.1.5 Curva de confiabilidad

La forma gráfica en que se expresa la confiabilidad, depende de su formulación matemática. La probabilidad de ocurrencia de un evento se define mediante la expresión:

Ecuación 1. **Probabilidades de ocurrencia de un evento (de falla) y confiabilidad.**

$$P_f = \lim_{N \rightarrow \infty} (n / N)$$

Donde:

P_f = la probabilidad de falla.

N = es el número total de eventos posibles.

n = son los eventos de falla (en confiabilidad) a estudiar.

$$R_a = 1 - P_f$$

Donde:

R_a = la probabilidad de confiabilidad o de éxito o de supervivencia en un tiempo a .

P_f = la probabilidad de falla en ese mismo tiempo a .

La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de transcurrido un tiempo t en un período T total. Se puede entender en dos maneras: la primera consiste en la representación de la probabilidad o de supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de transcurrido un determinado tiempo t ; la otra forma de interpretarla es cuando se están analizando varios o múltiples elementos (no reparables, normalmente) similares que tienen la misma distribución de vida útil, en este caso expresa el porcentaje de ellos que aún funcionan después de un tiempo t .

3.6 Rutinas de mantenimiento planificadas

Descripción

Son rutinas diseñadas para minimizar el riesgo de fallas no planeadas como: paradas de rutina, reemplazo con frecuencia fija de los repuestos o equipos

Definición

Este tipo de mantenimiento es caracterizado por una alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente es efectuada utilizando los sentidos humanos y sin provocar la indisponibilidad de los equipos, con el objetivo de

acompañar el desempeño de sus componentes. Inspecciones utilizando técnicas de voso (ver, oír, sentir y oler). La presencia visual de desgastes, situaciones anormales y ruidos indican que se está ante la presencia de un generador de falla, que puede evitarse tomando las acciones correspondientes como lubricación, limpieza, mediciones, inspecciones visuales, temperatura, chequeo de niveles de lubricación etc.

Objetivo

- Minimizar las paradas no necesarias y aumentar el mantenimiento predictivo reduciendo el nivel de mantenimiento no planificado.

3.7 Rutinas predictivas u monitoreo de condición

Descripción

Rutinas de inspección predictiva, monitoreo de condición y mantenimiento basado en la condición, para mantener la condición de los equipos y predecir una falla y realizar las actividades de mantenimiento planificadas.

Definición

Es la medición de las variables de los equipos que se consideran representativas de la condición de éstos, comparándolas con patrones establecidos se puede dar un diagnóstico de su estado. El objetivo del mantenimiento basado en la condición es detectar fallas, analizar la gravedad e indicar el tiempo máximo que puede funcionar el equipo sin que ocurran eventos catastróficos, evitando de esta manera pérdidas por paros de la producción e incrementos de gastos de mantenimiento.

Consiste en evaluar la evolución temporal de ciertos parámetros, y predecir cuando un elemento va a experimentar una condición crítica.

Es importante saber que cada una de las mediciones o inspecciones no deben alterar el funcionamiento de los procesos, estas se pueden realizar de forma periódica o continua dependiendo de las condiciones de cada planta o proceso.

Objetivos

- Minimizar el nivel de mantenimiento correctivo.
- Optimizar el uso de la vida útil del equipo.

3.8 Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento

La utilización de un sistema o metodología que permita administrar y controlar el manejo, los repuestos y las materias primas de mantenimiento se considera como un instrumento avanzado de mantenimiento, ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros en la gestión y operación del mantenimiento industrial, como también se logran mejoras logísticas en el servicio de mantenimiento.

La existencia de almacenes de repuestos o de inventarios, se justifica desde dos hechos posibles:

- El consumo de repuestos es más alto que la velocidad de producción de los mismos, es decir la demanda es más alta que la oferta.
- El tiempo de transporte y/o la distancia entre el punto de fabricación o comercialización de repuestos y el punto donde se consumen o donde se requieren para ser usados son muy grandes.

4. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

4.1 Fundamentos de la distribución de Weibull

La tecnología moderna capacita para diseñar muchos sistemas complicados cuya operación, o quizá seguridad, depende de la confiabilidad de los diversos componentes que forman el sistema. Por ejemplo, un fusible se puede quemar, una columna de acero se puede torcer o un dispositivo censor de calor puede fallar. Componentes idénticos sujetos a idénticas condiciones ambientales fallarán en momentos diferentes e impredecibles. Una de las distribuciones que se utiliza en años recientes para tratar con tales problemas es la distribución de Weibull que introdujo el físico sueco Waloddi Weibull en 1939.

La distribución de Weibull posee en su forma general tres parámetros, lo que le da una gran flexibilidad y cuya selección y ajuste adecuado permite obtener mejores resultados que con otras distribuciones; estos parámetros son:

- Gamma – Parámetros de posición (γ): el más difícil de estimar y por este motivo se asume con demasiada frecuencia que vale cero. Indica el lapso en el cual la probabilidad de falla es nula.
- Eta – Parámetro de escala o característica de vida útil (η): su valor es determinante para fijar la vida útil del producto o del sistema.

- Beta – Parámetro de forma (β), refleja dispersión de los datos y determina la forma que toma la distribución.

El parámetro Beta permite a la distribución de Weibull tomar diversas formas: cuando β es inferior a uno se le denomina a esta fase como mortalidad infantil (tasa de falla decreciente), cuando toma valores cercanos a uno se le describe a la fase con el nombre de vida útil (tasa de falla constante y aleatoria) y en el evento del β tomar valores mayores a uno se le conoce a la fase como envejecimiento o desgaste (tasa de falla creciente).

Figura 7. **Parámetro de forma Beta de Weibull**

Valor (β)	Característica
$0 < \beta < 1$	Tasa de falla decreciente
$\beta = 1$	Distribución Exponencial
$1 < \beta < 2$	Tasa de Falla creciente, cóncava
$\beta = 2$	Distribución Rayleigh
$\beta > 2$	Tasa de Falla creciente, convexa
$3 \leq \beta \leq 4$	Tasa de Falla creciente se aproxima a la distribución Normal; simétrica

4.2 Curvas características de Weibull

Se sabe que la tasa de fallos se puede escribir en función de la confiabilidad, en la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Tasa de fallos

$$\lambda(t) = -\frac{d[R(t)]}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{ó} \quad R(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$$

Donde:

$\lambda(t)$ = Función de tasa de fallos

$R(t)$ = Función de confiabilidad

$F(t)$ = Función acumulativa de fallos

t = tiempo

En 1951 Weibull propone la función empírica más sencilla que puede representar una gran variedad de datos reales, la cual es:

Ecuación 3. La ecuación empírica de Weibull

$$\int \lambda(t) dt = \left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta$$

Donde:

t_0 = Parámetro inicial de localización

η = Parámetro de escala

β = Parámetro de forma

Con esta ecuación se han podido demostrar que se pueden representar muchas formas de confiabilidades y es de muy fácil aplicación.

La función de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de fallas

Ecuación 4. Función acumulativa de fallas

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \exp\left[-\int \lambda(t)dt\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Por otro lado la función de densidad de probabilidad es:

Ecuación 5. Función de densidad de probabilidad

$$f(t) = \lambda(t).R(t) = \frac{dR(t)}{dt} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Y la tasa de fallos para la distribución es:

Ecuación 6. Simplificación de la ecuación de la tasa de fallos

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

Las ecuaciones (4), (5) y (6) sólo se aplican para valores de $(t - t_0) \geq 0$. Para valores de $(t - t_0) < 0$, las funciones de densidad y la tasa de fallos valen 0. Las constantes que aparecen en las expresiones anteriores tienen una interpretación real y física:

t_0 = Parámetro de posición (unidad de tiempos) 0 vida mínima y define el punto de partida u origen de la distribución.

η = Parámetro de escala, extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos. Cuando $(t - t_0) = \eta$ la fiabilidad viene dada por $R(t) = \exp - (1) \beta = 1/\exp. 1\beta = 1 / 2,718 = 0,368$ (36,8%). Entonces la constante representa también el tiempo, medido a partir de $t_0 = 0$, según lo cual dado que $F(t) = 1 - 0,368 = 0,632$, el 63,2 % de la población se espera que falle, cualquiera que sea el valor de β ya que como se ha visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón usualmente se le llama vida característica.

β es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallos.

Las variaciones de la densidad de probabilidad, tasa de fallos y función acumulativa de fallos en función del tiempo para los distintos valores de β , están representados gráficamente en la Fig.8

Gráficas para diferentes Betas de $f(t)$, $\lambda(t)$ y $F(t)$ en Weibull

Figura 8. Tasa de fallas en Weibull

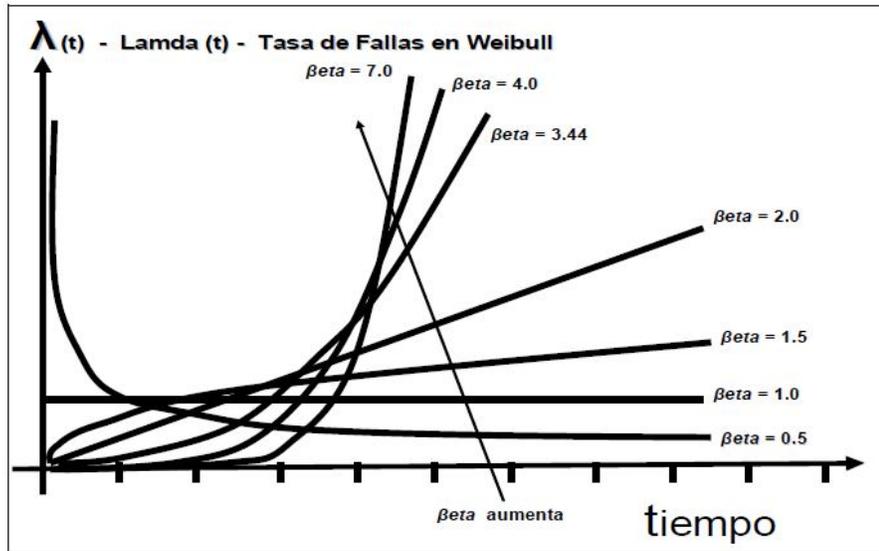


Figura 9. Función de densidad de probabilidad de fallas en Weibull

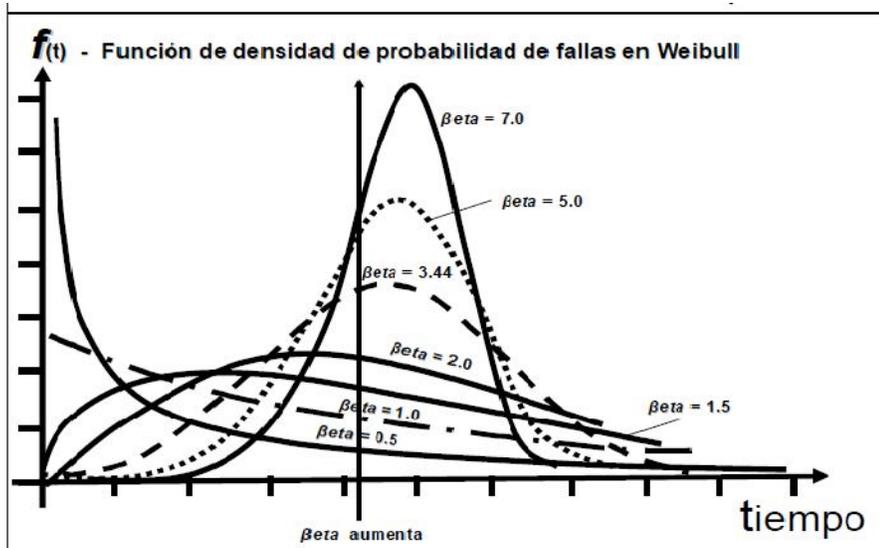
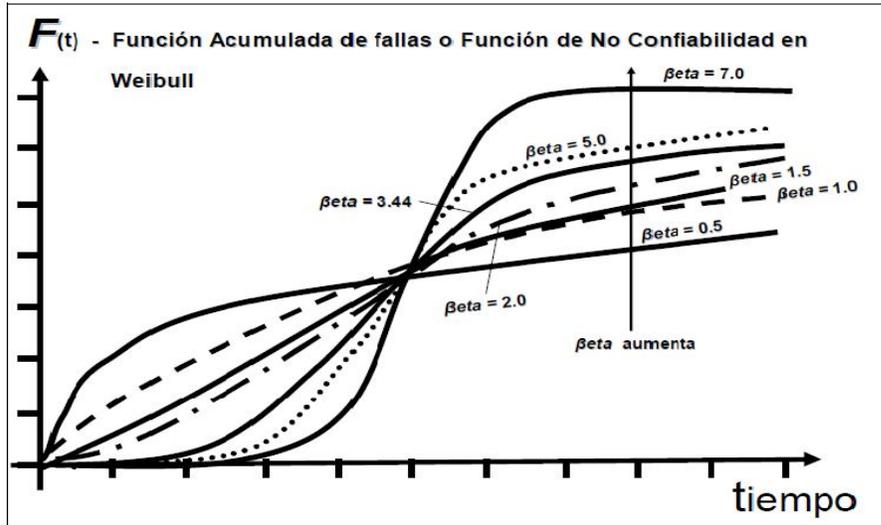


Figura10. Función acumulada de fallas



4.3 Lectura de los parámetros η y β en el papel de Weibull utilizando los datos históricos de fallas de la impresora

Tabla II. Cálculos puntuales

Datos #	Fecha y hora Inicio de la falla	Hora fin de falla, inicio de operación normal	Tiempo de paro (h)	Tiempo entre fallas (h)
1		01/02/2009 0:00	32:20	
2	02/02/2009 08:20	02/02/2009 15:15	6:55	92:45
3	06/02/2009 12:00	06/02/2009 18:30	6:30	6:00
4	07/02/2009 00:30	07/02/2009 01:45	1:15	4:15
5	07/02/2009 06:00	07/02/2009 10:00	4:00	100:50
6	11/02/2009 14:50	11/02/2009 21:00	6:10	100:00
7	16/02/2009 01:00	16/02/2009 02:00	1:00	85:00
8	19/02/2009 15:00	19/02/2009 21:00	6:00	47:00

9	21/02/2009 20:00	22/02/2009 01:20	5:20	28:10
10	23/02/2009 05:30	23/02/2009 06:40	1:10	36:20
11	24/02/2009 19:00	24/02/2009 20:00	1:00	155:00
12	03/03/2009 07:00	03/03/2009 17:15	10:15	53:00
13	05/03/2009 22:15	05/03/2009 23:40	1:25	19:40
14	06/03/2009 19:20	06/03/2009 20:00	0:40	120:30
15	11/03/2009 20:30	11/03/2009 23:45	3:15	12:55
16	12/03/2009 12:40	12/03/2009 13:20	0:40	86:40
17	16/03/2009 04:00	16/03/2009 17:40	13:40	13:20
18	17/03/2009 07:00	17/03/2009 08:00	1:00	0:00
19	17/03/2009 08:00	17/03/2009 12:00	4:00	19:50
20	18/03/2009 07:50	18/03/2009 08:25	0:35	129:25
21	23/03/2009 17:50	23/03/2009 21:00	3:10	10:40
22	24/03/2009 07:40	24/03/2009 09:40	2:00	146:05
23	30/03/2009 11:45	30/03/2009 13:00	1:15	46:00
24	01/04/2009 11:00	01/04/2009 16:00	5:00	126:00
25	06/04/2009 22:00	06/04/2009 22:45	0:45	156:45
26	13/04/2009 11:30	13/04/2009 17:00	5:30	3:30
27	13/04/2009 20:30	19/04/2009 23:55	147:25	7:45
28	20/04/2009 07:40	20/04/2009 08:20	0:40	22:50
29	21/04/2009 07:10	21/04/2009 10:00	2:50	0:40
30	21/04/2009 10:40	21/04/2009 12:00	1:20	64:10
31	24/04/2009 04:10	24/04/2009 05:20	1:10	95:25
32	28/04/2009 04:45	28/04/2009 05:40	0:55	10:20
33	28/04/2009 16:00	28/04/2009 18:00	2:00	30:00
34	30/04/2009 00:00		Ahora	

4.3.1 Método Benard de aproximación de rango de medianas

Ecuación 7. **Rango de medianas**

$$R - M = \frac{j - 0.3}{N + 0.4} \quad (10)$$

Donde:

$R - M$ = es el estimador de no confiabilidad

j = posición del dato ordenado de menor a mayor

N = número total de datos

Los pasos para determinar los parámetros de Weibull usando la probabilidad de traza se muestran a continuación

Primero: se alineará el tiempo en forma ascendente

Segundo: se calcula el rango de medianas de Benard correspondientes, conforme a la cantidad de datos obtenidos, resulta que en el ejercicio hay varios tiempos útiles similares así que sólo se tomará el que tenga el $F(t)$ más crítico a la luz de las fallas.

Tabla III. Rango de medianas y horas de la duración de las fallas

Dato #	Horas	Rango de medianas-F(t)	Horas	Rango de medianas-F(t) %
1	00:00	0.02	0.00	2
2	00:40	0.05	0.66	5
3	03:30	0.08	3.50	8
4	04:15	0.11	4.25	11
5	06:00	0.15	6.00	15
6	07:45	0.18	7.75	18
7	10:20	0.21	10.33	21
8	10:40	0.24	10.66	24
9	12:55	0.27	12.91	27
10	13:20	0.30	13.33	30
11	19:40	0.33	19.66	33
12	19:50	0.36	19.83	36
13	22:50	0.39	22.83	39
14	28:10	0.42	28.16	42
15	30:00	0.45	30.00	45
16	36:20	0.48	36.33	48
17	46:00	0.52	46.00	52
18	47:00	0.55	47.00	55
19	53:00	0.58	53.00	58
20	64:10	0.61	64.16	61
21	85:00	0.64	85.00	64
22	86:40	0.67	86.66	67
23	92:45	0.70	92.75	70
24	95:25	0.73	95.41	73
25	100:00	0.76	100.00	76
26	100:50	0.79	100.83	79
27	120:30	0.82	120.50	82
28	126:00	0.85	126.00	85
29	129:25	0.89	129.41	89
30	146:05	0.92	146.08	92
31	155:00	0.95	155.00	95
32	156:45	0.98	156.75	98

Para determinar los parámetros β y η se utiliza el papel de Weibull.

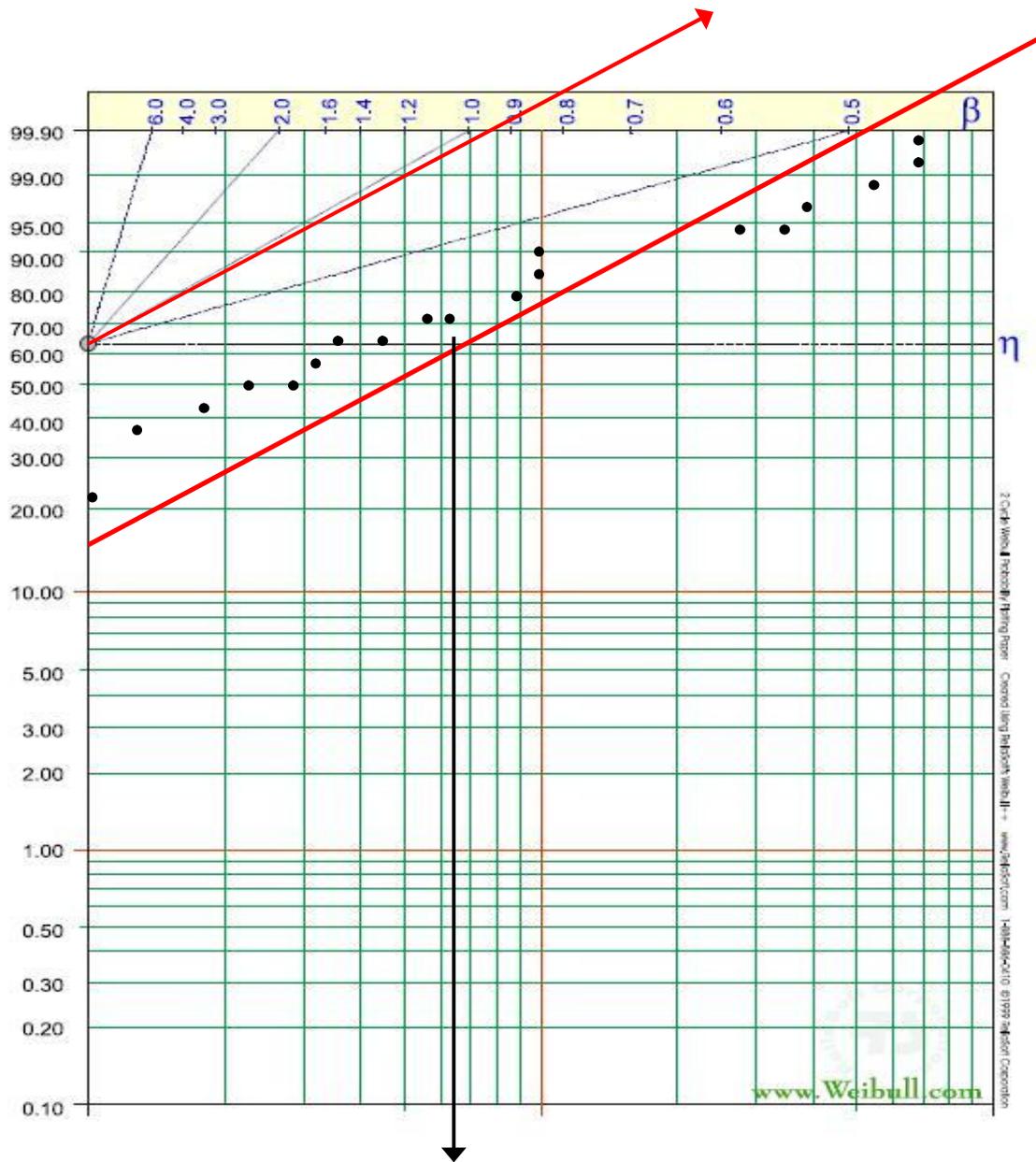
Primer paso:

β es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta. Para calcularlo, se hace pasar una recta paralela a la recta obtenida con la representación gráfica de los datos de partida por el punto 10 de abscisas y 63.2 de ordenadas pudiendo leer directamente el valor de β en una escala tabulada de 0 a 6. Ver gráfico en Fig. 11.

Segundo paso:

η es el parámetro de escala y su valor viene dado por la intersección de la recta trazada con la línea paralela al eje de abscisas correspondiente al 63,2% de fallos acumulados. En efecto se demuestra que para la ordenada $t_0 = 0$, $F(t) = 63,2$.

Figura 11. Cálculo de β & η utilizando el papel de Weibull



$\eta = 63$

Al haber trazado una línea paralela a la línea de trazo y empezarla en el punto 63.2 de las ordenadas, se encuentra β con un valor aproximado de 0.92, luego se trazo otra línea vertical desde la intersección entre la línea de trazo y el punto 63.2 dando como resultado η con un valor aproximado de 61.

4.4 Usando el rango de regresión lineal para calcular los parámetros de la distribución de Weibull

Es un modelo matemático para predecir el efecto de una variable sobre otra, ambas cuantitativas. Una variable es la dependiente (Y) y otra la independiente (X). El análisis consiste en encontrar la mejor línea recta de esos puntos.

El primer paso es traer nuestra función en una forma lineal, en este caso será la función acumulativa de fallas $F(t)$.

$$F(T) = 1 - e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta}$$

Ahora se toma el logaritmo natural de ambos lados de la ecuación:

$$\ln[1 - F(T)] = -\left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta$$

$$\ln\{-\ln[1 - F(T)]\} = \beta \ln\left(\frac{T}{\eta}\right)$$

$$\ln\{-\ln[1 - F(T)]\} = -\beta \ln(\eta) + \beta \ln(T)$$

Con esto se logró convertir la función en una formal lineal así que:

$$y = \ln\{-\ln[1 - F(T)]\}$$

$$a = -\beta \ln(\eta)$$

$$b = \beta$$

$$x = \ln(T)$$

El resultado es una ecuación lineal

$$y = a + bx$$

Se sabe que para las ecuaciones lineales a y b se representan de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 8. Despeje de a en una ecuación lineal

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = y - bx$$

Ecuación 9. Despeje de b en una ecuación lineal

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}}$$

En este caso las ecuaciones para X_i y Y_i son:

Ecuación 10. Y_i

$$y_i = \ln\{-\ln[1 - F(T_i)]\}$$

Ecuación 11. X_i

$$x_i = \ln(T_i)$$

4.4.1 El Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación se define de la manera siguiente:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

σ_{xy} = covarianza de x & y

σ_x = desviación estándar de x

σ_y = desviación estándar de y

El estimador del coeficiente de correlación (ρ) se obtiene por:

Ecuación 12. **Coeficiente de correlación**

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

Tabla IV. Tabulación de datos para el calculo de β & η .

N	T_i	$\ln(T_i)$	$F(T_i)$	y_i	$(\ln T_i)^2$	y_i^2	$(\ln T_i) y_i$
1	0.66	-0.4155	0.0223	-3.7922	0.1727	14.3810	1.5757
2	3.50	1.2528	0.0541	-2.8885	1.5694	8.3433	-3.6186
3	4.25	1.4469	0.0860	-2.4089	2.0936	5.8030	-3.4855
4	6.00	1.7918	0.1178	-2.0764	3.2104	4.3116	-3.7205
5	7.75	2.0477	0.1497	-1.8193	4.1930	3.3097	-3.7253
6	10.33	2.3351	0.1815	-1.6079	5.4525	2.5852	-3.7544
7	10.66	2.3665	0.2134	-1.4271	5.6003	2.0366	-3.3772
8	12.91	2.5580	0.2452	-1.2682	6.5434	1.6084	-3.2441
9	13.33	2.5900	0.2771	-1.1256	6.7082	1.2671	-2.9154
10	19.66	2.9786	0.3089	-0.9956	8.8720	0.9913	-2.9655
11	19.83	2.9872	0.3408	-0.8755	8.9233	0.7664	-2.6151
12	22.83	3.1281	0.3726	-0.7632	9.7849	0.5824	-2.3872
13	28.16	3.3379	0.4045	-0.6572	11.1416	0.4320	-2.1938
14	30.00	3.4012	0.4363	-0.5564	11.5681	0.3096	-1.8926
15	36.33	3.5926	0.4682	-0.4598	12.9071	0.2114	-1.6520
16	46.00	3.8286	0.5000	-0.3665	14.6585	0.1343	-1.4032
17	47.00	3.8501	0.5318	-0.2758	14.8236	0.0761	-1.0619
18	53.00	3.9703	0.5637	-0.1870	15.7632	0.0350	-0.7426
19	64.16	4.1614	0.5955	-0.0996	17.3171	0.0099	-0.4144
20	85.00	4.4427	0.6274	-0.0129	19.7372	0.0002	-0.0571
21	86.66	4.4620	0.6592	0.0738	19.9094	0.0054	0.3292
22	92.75	4.5299	0.6911	0.1610	20.5201	0.0259	0.7293
23	95.41	4.5582	0.7229	0.2496	20.7770	0.0623	1.1376
24	100.00	4.6052	0.7548	0.3405	21.2076	0.1159	1.5679
25	100.83	4.6134	0.7866	0.4348	21.2838	0.1891	2.0061
26	120.50	4.7916	0.8185	0.5344	22.9599	0.2855	2.5604
27	126.00	4.8363	0.8503	0.6415	23.3896	0.4115	3.1023
28	129.41	4.8630	0.8822	0.7601	23.6486	0.5777	3.6963
29	146.08	4.9842	0.9140	0.8975	24.8418	0.8056	4.4735
30	155.00	5.0434	0.9459	1.0703	25.4361	1.1455	5.3978
31	156.75	5.0547	0.9777	1.3359	25.5495	1.7847	6.7526
Σ		107.9937		-17.1644	430.5635	52.6036	-11.8980

Tabla V. Tabulación de datos para el cálculo de (ρ) .

x_i	\bar{x}	$(x_i - \bar{x})$	y_i	\bar{y}	$(y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})$
-0.415	3.4836	-3.8991	-3.7922	-0.5536	-3.2386	15.203	10.488	12.627
1.2528	3.4836	-2.2308	-2.8885	-0.5536	-2.3349	4.9765	5.4518	5.2087
1.4469	3.4836	-2.0367	-2.4089	-0.5536	-1.8553	4.1481	3.4421	3.7787
1.7918	3.4836	-1.6918	-2.0764	-0.5536	-1.5228	2.8622	2.3189	2.5763
2.0477	3.4836	-1.4359	-1.8193	-0.5536	-1.2657	2.0618	1.6020	1.8174
2.3351	3.4836	-1.1485	-1.6079	-0.5536	-1.0543	1.3191	1.1115	1.2109
2.3665	3.4836	-1.1171	-1.4271	-0.5536	-0.8735	1.2479	0.7630	0.9758
2.5580	3.4836	-0.9256	-1.2682	-0.5536	-0.7146	0.8567	0.5107	0.6614
2.5900	3.4836	-0.8936	-1.1256	-0.5536	-0.5720	0.7985	0.3272	0.5111
2.9786	3.4836	-0.5050	-0.9956	-0.5536	-0.4420	0.2550	0.1954	0.2232
2.9872	3.4836	-0.4964	-0.8755	-0.5536	-0.3219	0.2464	0.1036	0.1598
3.1281	3.4836	-0.3555	-0.7632	-0.5536	-0.2096	0.1264	0.0439	0.0745
3.3379	3.4836	-0.1457	-0.6572	-0.5536	-0.1036	0.0212	0.0107	0.0151
3.4012	3.4836	-0.0824	-0.5564	-0.5536	-0.0028	0.0068	0.0000	0.0002
3.5926	3.4836	0.1090	-0.4598	-0.5536	0.0938	0.0119	0.0088	0.0102
3.8286	3.4836	0.3450	-0.3665	-0.5536	0.1871	0.1190	0.0350	0.0645
3.8501	3.4836	0.3665	-0.2758	-0.5536	0.2778	0.1343	0.0772	0.1018
3.9703	3.4836	0.4867	-0.1870	-0.5536	0.3666	0.2369	0.1344	0.1784
4.1614	3.4836	0.6778	-0.0996	-0.5536	0.4540	0.4594	0.2061	0.3077
4.4427	3.4836	0.9591	-0.0129	-0.5536	0.5407	0.9199	0.2924	0.5186
4.4620	3.4836	0.9784	0.0738	-0.5536	0.6274	0.9573	0.3936	0.6138
4.5299	3.4836	1.0463	0.1610	-0.5536	0.7146	1.0947	0.5107	0.7477
4.5582	3.4836	1.0746	0.2496	-0.5536	0.8032	1.1548	0.6451	0.8631
4.6052	3.4836	1.1216	0.3405	-0.5536	0.8941	1.2580	0.7994	1.0028
4.6134	3.4836	1.1298	0.4348	-0.5536	0.9884	1.2764	0.9769	1.1167
4.7916	3.4836	1.3080	0.5344	-0.5536	1.0880	1.7109	1.1837	1.4231
4.8363	3.4836	1.3527	0.6415	-0.5536	1.1951	1.8298	1.4283	1.6166
4.8630	3.4836	1.3794	0.7601	-0.5536	1.3137	1.9027	1.7258	1.8121
4.9842	3.4836	1.5006	0.8975	-0.5536	1.4511	2.2518	2.1057	2.1775
5.0434	3.4836	1.5598	1.0703	-0.5536	1.6239	2.4330	2.6371	2.5330
5.0547	3.4836	1.5711	1.3359	-0.5536	1.8895	2.4684	3.5702	2.9686
107.993	107.991	0.0023	-17.164	-17.161	-0.0026	54.3488	43.0998	47.8972

Utilizando los valores de la tabla (4) se calculará a y b , usando ecuaciones (8) y (9).

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{31} (\ln T_i) y_i - (\sum_{i=1}^{31} \ln T_i)(\sum_{i=1}^{31} y_i) / 31}{\sum_{i=1}^{31} (\ln T_i)^2 - (\sum_{i=1}^{31} \ln T_i)^2 / 31} \quad \hat{b} = \frac{-11.8980 - (107.9937)(-17.1644) / 31}{430.5635 - (107.9937)^2 / 31}$$

$$\hat{b} = 0.8803$$

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^{31} y_i}{31} - \hat{b} \frac{\sum_{i=1}^{31} x_i}{31} = \bar{y} - \hat{b} \bar{x} \quad \hat{a} = \frac{-17.1644}{31} - (0.8803) \frac{107.9937}{31}$$

$$\hat{a} = -3.6203$$

$$\hat{b} = \beta = 0.8803$$

$$\eta = e^{-\frac{\hat{a}}{\hat{b}}} \rightarrow \eta = e^{-\frac{(-3.6203)}{0.8803}} \rightarrow \eta = 61.1038$$

El coeficiente de correlación puede ser estimado usando la ecuación (12).

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{31} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{31} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{31} (y_i - \bar{y})^2}} \quad \rho = \frac{(47.8972)}{\sqrt{(54.3488)(43.0998)}}$$

$$\rho = 0.9896$$

4.5 Comprobación de los cálculos utilizando un programa de computadora (Weibull++7).

Figura 12. Gráfica de probabilidad-Weibull y trazo de la línea de probabilidad

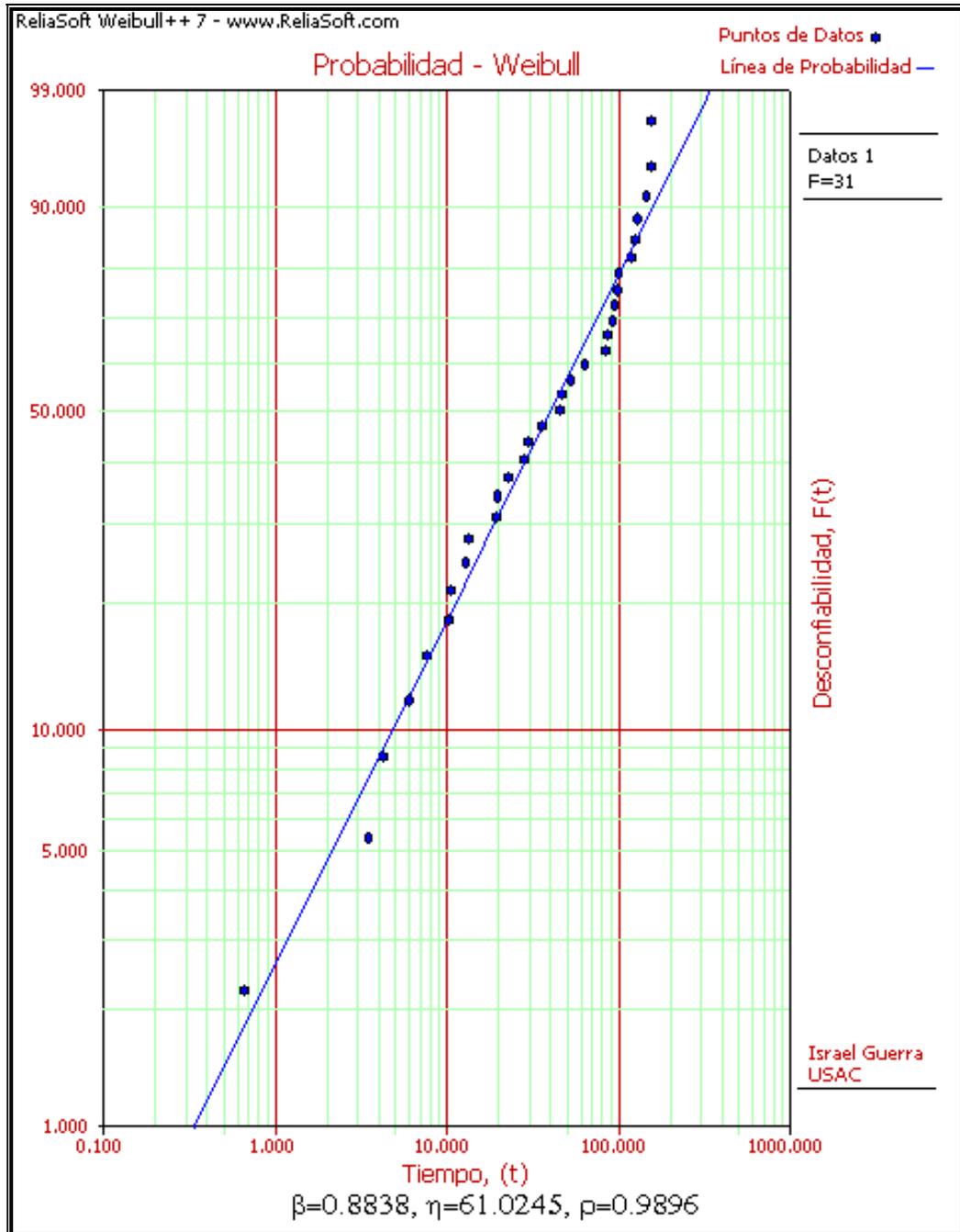


Figura 13. Gráfica Confiabilidad vs. Tiempo y trazo de la línea de confiabilidad

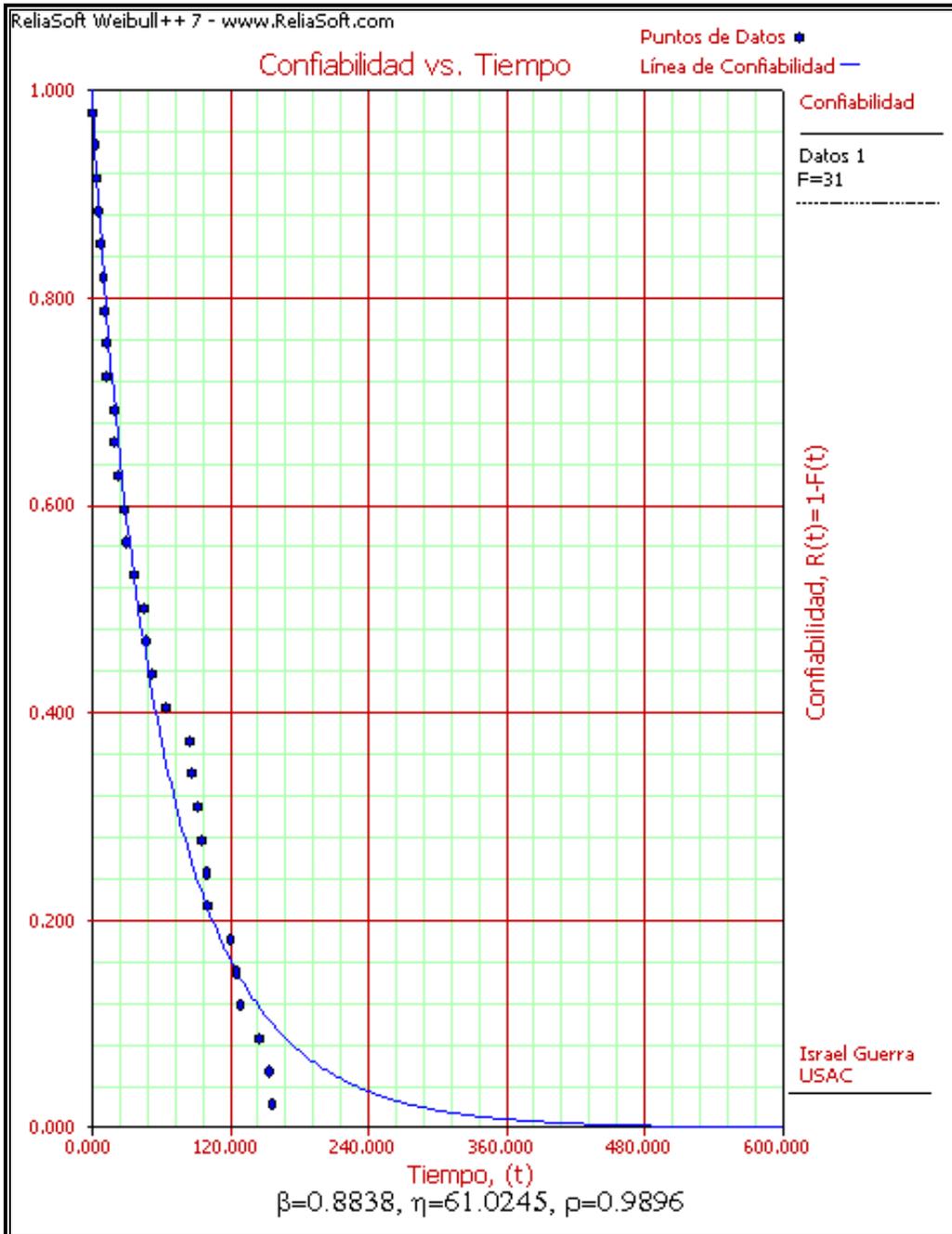


Figura 14. Desconfiabilidad vs. tiempo

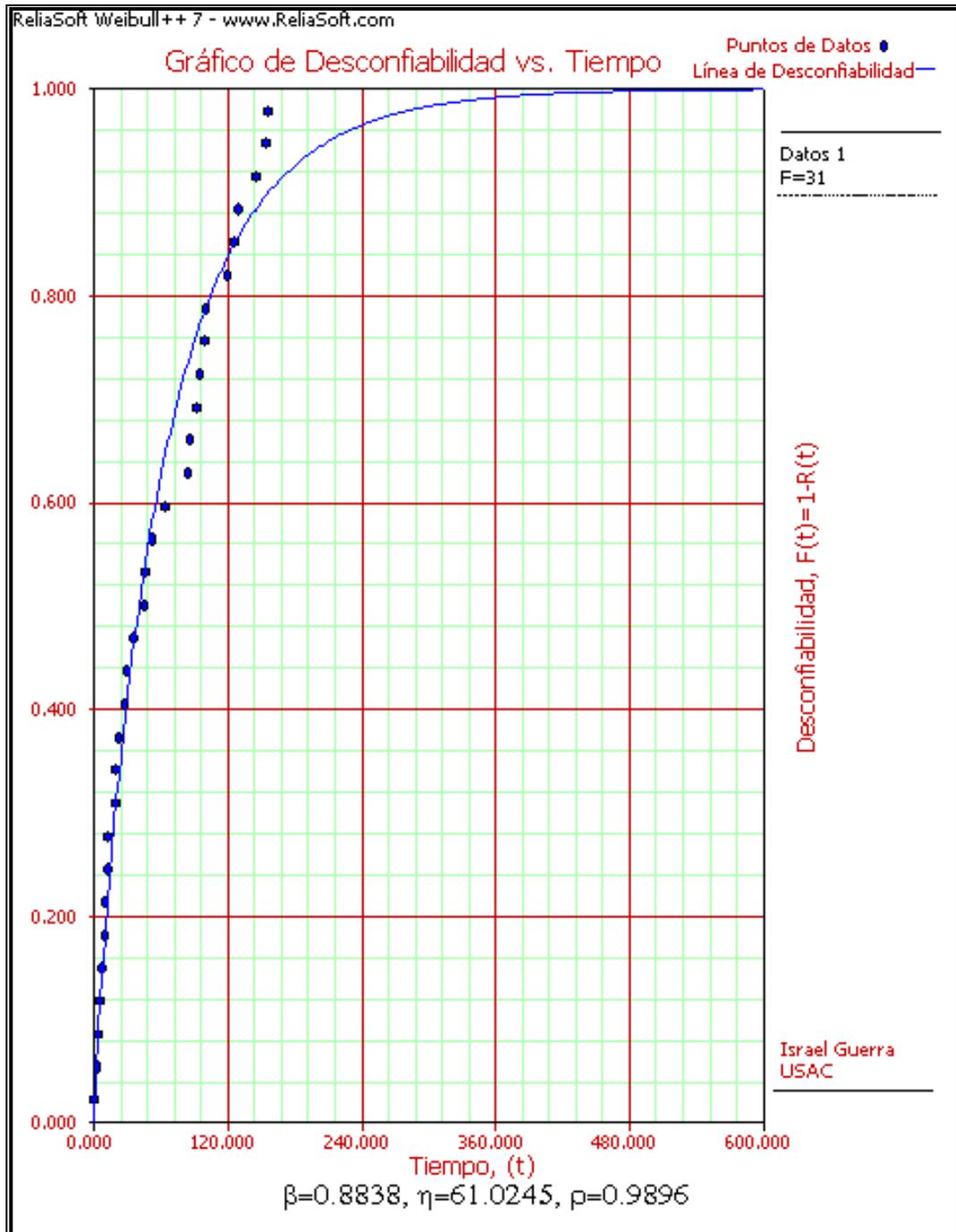


Tabla VI. Porcentajes de confiabilidad y desconfiabilidad del equipo

Tiempo en Horas – t	Función de fallas acumuladas. Suma de fallas hasta el tiempo t $P(t) = 1 - R(t) = F(t)$	Curva de confiabilidad $R(t) = 1 - F(t)$
24	35.55%	64.45%
48	55.45%	44.55%
72	68.51%	31.49%
96	77.43%	22.57%
120	83.66%	16.34%
144	88.08%	11.92%
168	91.25%	8.75%
192	93.54%	6.46%
216	95.21%	4.79%
240	96.44%	3.56%
264	97.34%	2.66%
288	98.01%	1.99%
312	98.50%	1.50%
336	98.87%	1.13%
360	99.15%	0.85%
384	99.35%	0.65%
408	99.51%	0.49%
432	99.63%	0.37%
456	99.72%	0.28%

La función de confiabilidad permite responder la pregunta: ¿Cuál es la probabilidad de que la máquina dure más de T horas sin fallas?. Conforme a la gráfica anterior de confiabilidad y la tabla ilustrada se toma un punto arbitrario en este caso será $R(48) = P(T > 48)$, bueno conforme a los registros históricos y cálculos de Beta y Eta en Weibull, que expresa que la probabilidad de que un elemento dure más de 48 horas sin fallas es del 44.55%, si se hace la lectura para múltiplos similares se expresa que después de 2 días deben funcionar

correctamente más del 44.55 % de ellos, como también se visualiza que existe una probabilidad del 98.01 % que un elemento entre en fallas en menos de 12 días.

4.6 Cálculo de disponibilidad en componentes con probabilidad de falla más recurrente.

Una mayor comprensión de las fallas de dispositivos ayuda en la identificación de las mejoras que pueden identificarse en los diseños de los productos, para aumentar su vida o por lo menos para limitar las consecuencias de las fallas.

La terminación o degeneración de la propiedad de un elemento para realizar su función se define como falla, esto incluye:

- Falla parcial, al perder disponibilidad y funcionalidad.
- Falla imparcial, sin generar la pérdida total de disponibilidad.
- Falla que se encuentra durante la realización de reparaciones, mantenimientos planeados, inspecciones o pruebas, que implique la realización de otra reparación.
- Falla en aparatos de seguridad o elementos de control y monitoreo.
- La degradación paulatina de la funcionalidad del elemento después de cierto límite establecido como referencia con antelación al hecho.

No se estiman como fallas: la realización de tareas planeadas de mantenimiento, la interrupción de la funcionalidad de un elemento o máquina por un factor externo y exógeno a la operación del mismo.

Las fallas se clasifican internacionalmente como críticas, degradantes, incipientes y desconocidas dependiendo del efecto que generan sobre el cuerpo o la función del equipo.

En la siguiente tabla se puede observar la probabilidad de ocurrencia de las fallas en los distintos elementos de la impresora, dicha probabilidad se calcula según ecuación (1).

$$P_f = \lim_{N \rightarrow \infty} (n / N)$$

Tabla VII. **Probabilidad de fallas en elementos**

<i>Elemento</i>	<i>n</i>	<i>P_f</i>
Estación	10	31.25
Barras neumáticas	5	15.625
Bomba de tinta	3	9.375
Calandria	2	6.25
Botonera	2	6.25
Lámparas	1	3.125
Piñón	1	3.125
Piñas	1	3.125
Alineador	1	3.125
Botonera	1	3.125
Barras de aire	1	3.125
Racla	1	3.125
Portamangas	1	3.125
Modulo	1	3.125
Rodillo prensador	1	3.125
N =	32	

4.7 Propuestas para mejorar el porcentaje de confiabilidad de la impresora.

Según los estudios realizados se ha podido observar que la confiabilidad del equipo no es muy seguro, por lo tanto se deberá implementar un mantenimiento preventivo para optimizar el funcionamiento del equipo. Se asume que para restaurar el nivel de confianza de funcionalidad, la reparación se hace con personal adecuado con las habilidades necesarias y las herramientas adecuadas, con los datos e información técnica pertinente, con las características específicas de la función del equipo, con el conocimiento de los factores ambientales y de entorno que requiere el equipo para funcionar normalmente, con unos periodos de tiempo normales ya conocidos para realizar las tareas específicas de mantenimiento.

4.7.1 Planes y mejoras

El mejoramiento del control de lubricación y limpieza de áreas que están en constante uso mejorará el funcionamiento del equipo, contribuyendo a optimizar la eficiencia. A continuación se muestran los elementos y partes del equipo que necesitan un mantenimiento constante.

4.7.1.1 Mantenimiento de los elementos neumáticos

En la parte superior del cuerpo impresor se encuentra el armario neumático, en el que todos los elementos neumáticos de distribución y válvulas están centralizados.

Figura 15. **Elementos neumáticos**



En los cilindros neumáticos se evitará la acumulación de polvo en los ejes, a fin de impedir la formación de una pasta que produzca el agarrotamiento.

Finalmente, para mejorar el rendimiento y reducir el desgaste y los fallos de funcionamiento, es aconsejable montar un secador de aire en la línea de admisión de aire a la máquina. Este puede ser un secador refrigerador. Se aconseja que el sistema neumático tenga las condiciones siguientes de conformidad con ISO/DIS 8573-1:

- Agua residual, máx. 6gr/m^3
- Polvo residual, máx. 0.1 mg/m^3
- Aceite residual, máx. 0.1 mg/m^3
- Tamaño de partícula, máx. $0.1\ \mu$

4.7.1.2 Mantenimiento de elementos mecánicos

A continuación se dará una descripción de las principales operaciones de mantenimiento mecánico.

4.7.1.3 Cuerpo impresor

Compuesto de bancadas de fundición, soportando el tambor central, preparadas para el acoplamiento de ocho grupos impresores.

4.7.1.3.1 Ejes portacamisas

Tener especial cuidado en limpiar los ejes neumáticos de camisa, ya que cualquier restos de tinta o suciedad podrían obstaculizar la introducción y extracción de la camisa. Se debe comprobar que no esté obstruido ninguno de los agujeros de aire. Los ejes neumáticos de camisa portacliché deben mantenerse perfectamente limpios, en especial cuando haya montado un pivote de centrado de camisa retráctil. En caso de que se llenase de tinta después de un accidente o se niegue a activarse, desmontarlo insertando una llave Allen y empujando el pivote de manera para que el dispositivo de fijación pueda ser desenroscado y, a continuación, limpiarlo. En el lado fijo, los ejes están soportados sobre rodamientos de rodillos cónicos FAG 32012XP5, que están lubricados en fábrica y no necesitan ningún mantenimiento.

En el lado de cambio de camisa los ejes son soportados durante la impresión sobre rodamientos de agujas herméticos IKO RNA 6911 W. La camisa se cambia en este lado y estos rodamientos están más expuestos a la suciedad; por otra parte, el eje se desliza a través de su interior cuando se ajusta el registro lateral. A causa de esto deben ser lubricados periódicamente según se indica en el apartado 4.8.

4.7.1.3.2 Guías lineales, husillos y tornillos

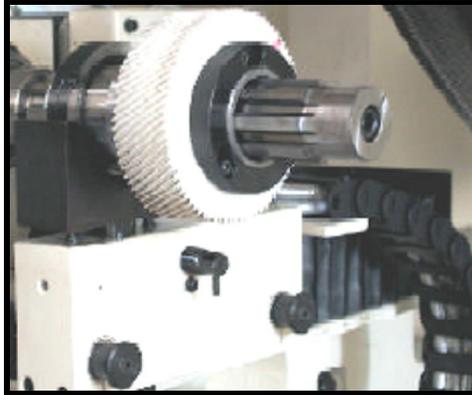
Éstos están protegidos contra la suciedad por guardas de tipo fuelle extensibles. El único mantenimiento requerido es una inspección periódica del estado de los fuelles, en particular de sus fijaciones. Los fuelles deberán sustituirse si fuese necesario. Las guías lineales, los husillos y los tornillos están lubricados de fábrica, aun así se deberá lubricar periódicamente según como se indica en el apartado 4.8.

4.7.1.3.3 Rodamientos de registro longitudinal

El registro longitudinal se ajusta desplazando el cubo que soporta la rueda dentada. Este cubo tiene un disco de rodamientos (con dos rodamientos de bolas de contacto angular precargados) que se mueve por medio de una horquilla ajustada al mismo sin ningún juego axial.

Estos rodamientos están lubricados de fábrica. Si se observa que funcionan de manera deficiente, pueden ser desmontados y sustituidos. La referencia de los rodamientos es INA 71811.

Figura 16. **Rodamientos de registro longitudinal**



4.7.1.3.4 Ruedas dentadas portacliché y rodillo tramado

Las ruedas dentadas están hechas de ERTALYTE, un material ligero de gran resistencia que, no obstante, es frágil a los impactos. Por consiguiente, deben ser almacenadas con cuidado y su estado debe ser comprobado periódicamente. Las ruedas dentadas para el rodillo tramado no deberán ser cambiadas nunca: el único mantenimiento que requieren es la lubricación periódica de sus superficies.

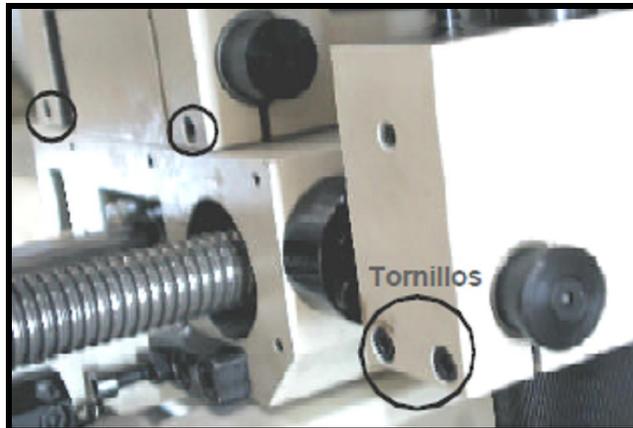
4.7.1.3.5 Casquillos de registro longitudinal y lateral

Las piezas que permiten el movimiento lateral del rodillo y la rueda dentada se deslizan sobre casquillos de fricción autolubricantes libres de mantenimiento (INA PERMAGLIDE PAP 2415 P10 para el registro longitudinal y PAP 3030 P10 para el registro lateral).

Estos casquillos están precargados previamente para eliminar cualquier juego en su alojamiento, y pueden ser apretados adicionalmente mediante los tornillos (véanse las fotografías). Cualquier juego que aparezca en los registros

durante el funcionamiento podría deberse al desgaste de estos casquillos: apriétenlos hasta que desaparezca el juego.

Figura 17. **Casquillos de registro longitudinal y lateral**



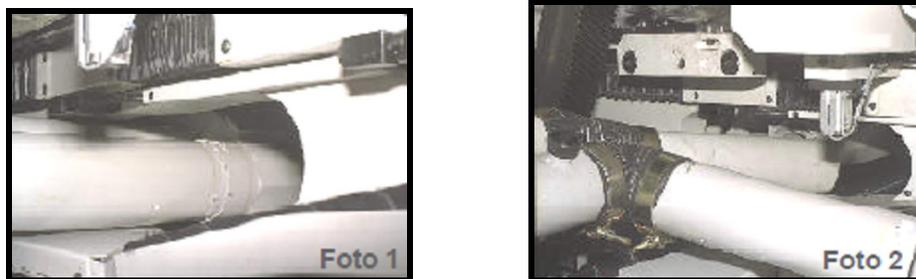
4.7.1.3.6 Correas dentadas

Varios movimientos de la unidad impresora se llevan a cabo por medio de correas dentadas. Todas estas correas están protegidas para impedir accidentes y mantenerlas limpias. No requieren ningún mantenimiento. Si se rompe una correa, se desmontan las protecciones necesarias para sustituirla. Se tensa la correa nueva correctamente antes de volver a colocar las protecciones.

4.7.1.3.7 Pantallas de secado

No requieren ningún mantenimiento especial. Sencillamente deberán limpiarse de la manera siguiente a intervalos periódicos o siempre que sea necesario: en primer lugar se desacoplan las tuberías de impulsión y aspiración del lado de transmisión de la máquina girándolas ligeramente y tirando de ellas (NO es necesario desconectar las mangueras) según se muestra en las fotografías 1 y 2.

Figura 18. Tuberías de impulsión y aspiración

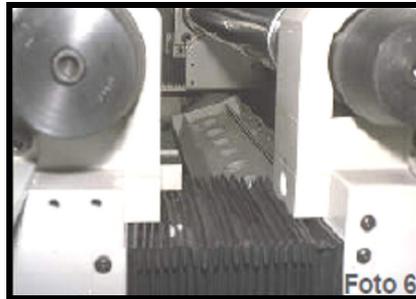


Una vez que las tuberías estén desacopladas, se sacan los tornillos que sujetan la pantalla en su sitio (véanse las fotografías 3, 4 y 5) de manera que se puede bascular sobre su eje e inclínenla hacia atrás cuidadosamente de forma que se sujete según se muestra en la foto 3,4,5 y 6.

Figura 19. Pantalla de secado

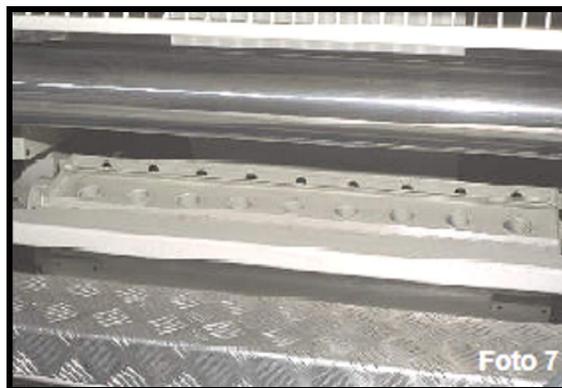


Continúa: figura 19.



Una vez que la pantalla esté plegada hacia atrás será accesible desde la parte delantera del tintero para su limpieza (véase la foto 7).

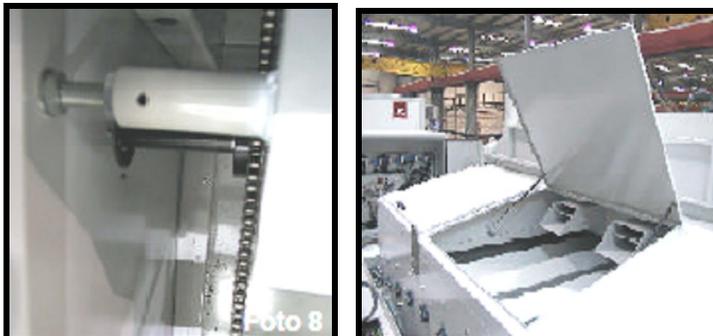
Figura 20. **Tintero**



4.7.3.1.8 Túnel de secado

Se deberá aplicar lubricación periódica en el túnel de secado en los puntos descritos en puntos de engrase. También se deberán limpiar ocasionalmente las pantallas de secado interiores.

Figura 21. Túnel de secado



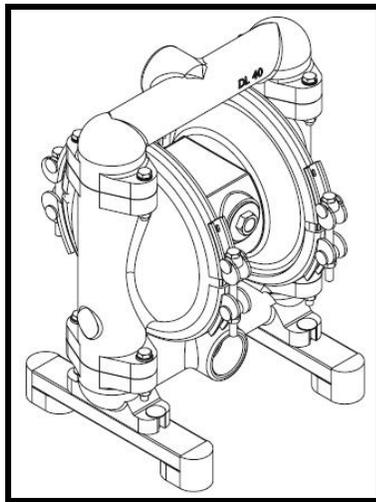
4.7.3.1.9 Bombas de membrana neumática

Las bombas neumáticas de membrana son especialmente delicadas en cuanto al mantenimiento de la membrana que impulsa la tinta. Dicha membrana debe ser resistente a la fatiga mecánica (puesto que está actuando constantemente, y muchas veces en vacío) y también debe ser resistente a los ataques químicos de los disolventes de limpieza y de los disolventes contenidos en la tinta. Las bombas que se sirven vienen equipadas con unas membranas y válvulas de bola de Santoprene, que es un elastómero igualmente resistente a los ataques químicos que el teflón, pero con mucha mayor resistencia mecánica. Es especialmente importante un correcto mantenimiento preventivo de dichas membranas consistente en su sustitución antes de su rotura. En caso de rotura de las membranas es necesario sustituir no solamente las membranas sino también todas las juntas tóricas de la parte neumática, las cuales al romperse la membrana quedan bañadas por disolventes y se degradan rápidamente.

Para estas bombas con membrana de Santoprene (modelo 66605J-3EB) se aconseja sustituir las membranas aproximadamente cada 8.500 horas (aproximadamente 12 meses si funcionan 24 horas/día).

Es importante que al realizar el cambio de membranas se sustituyan también todas las juntas tóricas de la parte hidráulica (se comercializan con el mismo equipo. de reparación de membranas) y/o de *Fluid Section* y que al montar se aplique la grasa que viene con el mismo equipo.

Figura 22. **Bomba Neumática**



Fuente: DEPA. **Bombas neumáticas de membrana. Manual de operación.** Pág. 1

4.7.3.1.10 Desbobinador, rebobinador, y resto de la máquina

El desbobinador y el rebobinador se deberán lubricar en los puntos indicados según apartado 4.8. Las correas de transmisión deberán ser inspeccionadas periódicamente y sustituidas si es necesario. En el resto de la máquina, todos los rodillos deberán mantenerse limpios y en buen estado.

4.7.3.1.10.1 Mantenimiento del desbobinador

Este elemento es uno de los más problema presenta debido a que necesita una lubricación más frecuente.

4.7.3.1.10.1.1 Cierres rápidos

Con los ejes fuera de los cierre, se aplica con un pincel una grasa consistente en el interior de los cierres tal como se indica en la figura. Además se engrasará el exterior de los cierres para el buen deslizamiento del sistema de cierre.

La grasa utilizada por comexi es: grasa normalizada Comexi Debido al continuo cambio de ejes que estará sometido el desbobinador, los cierres se engrasarán semanalmente.

Figura 23. **Cierres del desbobinador**



4.8 Puntos de engrase

Es necesario lubricar los elementos del equipo de forma periódica para evitar desgaste y agarrotamientos que provocan paros inesperados.

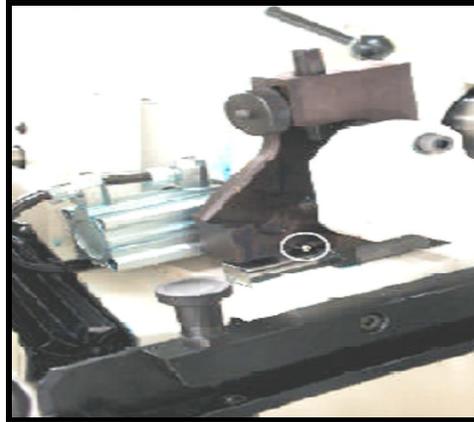
4.8.1 Cuerpo impresor

Se deberá aplicar de forma periódica los aceites y grasas en los puntos específicos descritos a continuación en el cuerpo impresor.

4.8.1.1 Guías lineales de la rasqueta

Grasa: Isoflex NBU - 15 – Anualmente

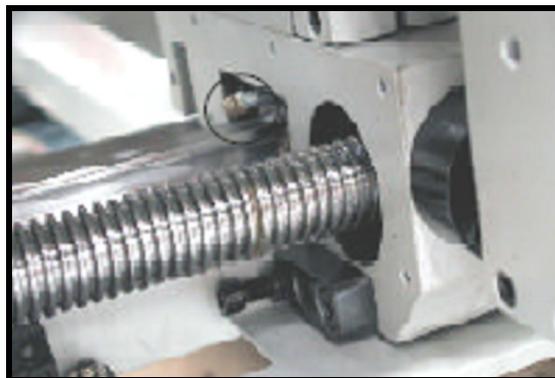
Figura 24. **Guías lineales de la rasqueta**



4.8.1.2 Carros de guías lineales

Grasa: Isoflex NBU 15 – Anualmente

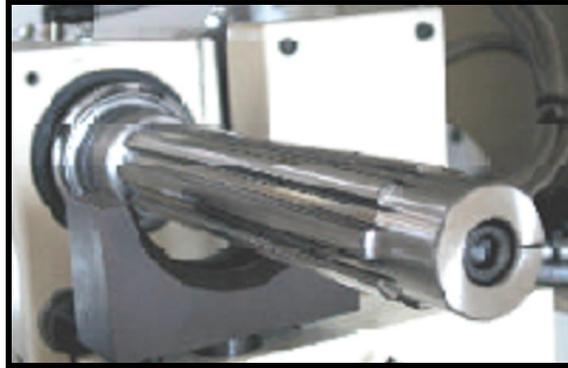
Figura 25. **Carros de guías lineales**



4.8.1.3 Chavetero corredizo y cubo de registro longitudinal

Verifiquen durante cada cambio de tarea. Engrasen si es necesario con aceite 150 VG-G8.

Figura 26. **Chavetero corredizo**

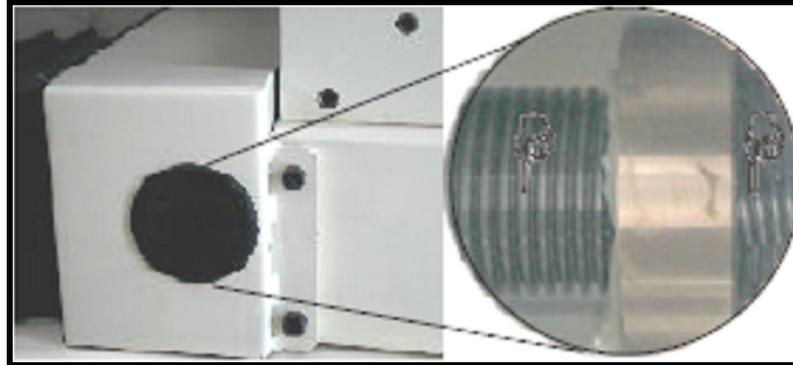


4.8.1.4 **Husillos**

Grasa: Isoflex NBU 15 – Anualmente

Figura 27. **Husillos**



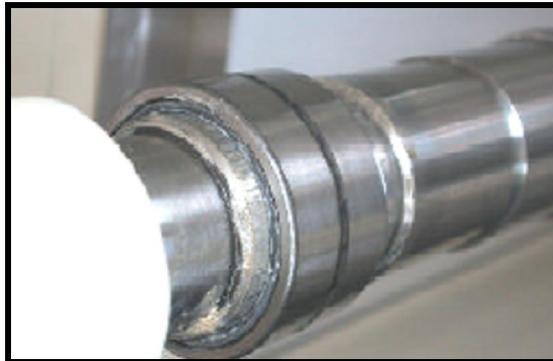


Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.8.1.5 Rodamientos de agujas del rodillo portaclichés

Grasa: Isoflex NBU 15 – Mensualmente

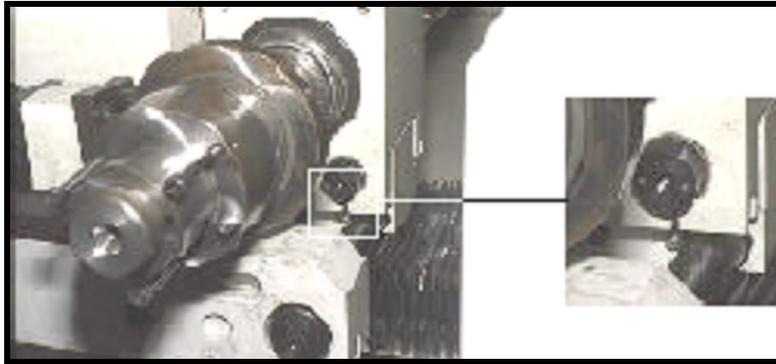
Figura 28. **Rodamientos de agujas**



4.8.1.6 Carros de guías lineales

Grasa: Isoflex NBU 15- Anualmente

Figura 29. **Carros de guías lineales**



4.8.1.7 **Corona principal**

Grasa: Chemsearch Gex aerosol – Mensual

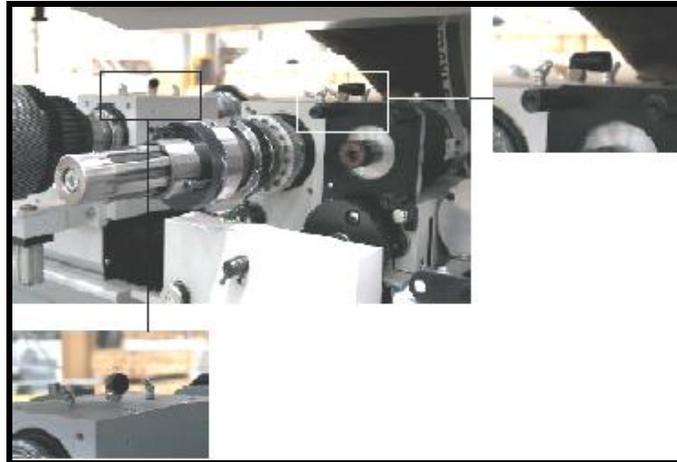
Figura 30. **Corona principal**



4.8.1.8 **Rodamientos eje porta-camisas**

Grasa: Isoflex NBU 15 – Anualmente

Figura 31. **Rodamientos eje porta-camisas**



Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.8.1.9 FJ CNC Husillos

Grasa: Isoflex NBU 15- Anualmente

Figura 32. **FJ CNC Husillos**



Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.8.2 Grupos compensadores y refrigeradores

Estas áreas requieren una lubricación más continua y se recomienda siempre utilizar el lubricante especificado.

4.8.2.1 Juntas rotativas rodillos refrigeradores

Grasa: Petamo GHY 133N – Trimestralmente

Figura 33. **Juntas rotativas**



4.8.2.2 Rodamientos de rodillos

(Grasa: Isoflex NBU 15- Mensualmente)

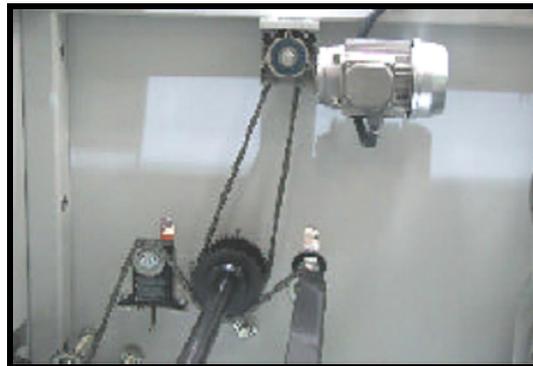
Figura 34. **Rodamientos de rodillos**



4.8.2.3 Cadena del enfilador de material

Grasa: Chemsearch Gex aerosol – Mensualmente

Figura 35. **Cadena del enfilador de material**

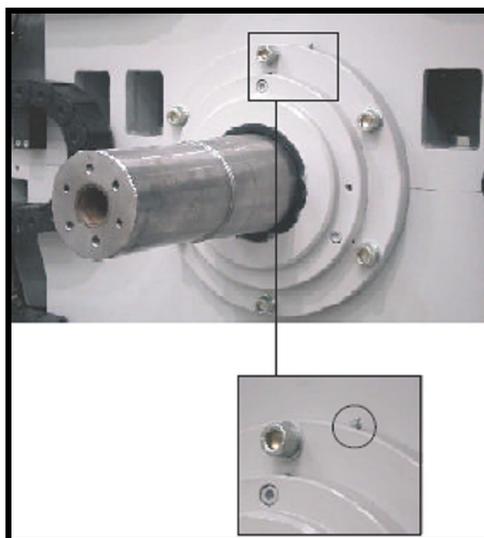


4.8.2.4 Rodamientos del tambor central

La grasa ISO FELX TOPAS NB 152 de KLUBER es una grasa duradera especial para mecanismos de precisión. Ofrece una buena protección y estanqueidad y es una grasa de por vida, es decir, no requiere sustitución ni relleno salvo cuando se lleve a cabo el mantenimiento mecánico del mecanismo (4, 5, 6 años).

Es aconsejable cambiar toda la grasa después de un fallo de funcionamiento y después de la sustitución o el trabajo sobre partes mecánicas de los rodamientos.

Figura 36. **Rodamientos del tambor central**



Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.8.3 Rebobinador Dúplex

El rebobinador Dúplex 800 tienen como función principal recoger todo el material impreso, en una bobina de un diámetro máximo de 800 mm.

4.8.3.1 Mantenimiento

Se cuidará la limpieza de todos los rodillos y el estado de los mismos. Se revisarán periódicamente las correas de los motores y se cambiarán en caso necesario.

4.8.3.1.1 Puntos de engrase

Se efectuarán los engrases en los puntos descritos a continuación y se revisarán periódicamente las correas que transmiten el movimiento, cambiándolas en caso necesario.

4.8.3.1.1.1 Sistema de transmisión del giro de la torreta

Con un pulverizador (*spray*) lubricante para engranajes abiertos, se engrasaran los engranajes que hacen girar la torreta. Se aplicará el pulverizador en la rueda dentada intermedia, como se indica en la figura siguiente si es posible se pulveriza entre la corona de la torreta y la rueda dentada intermedia). Se aplicará el lubricante en toda la superficie de dentado, obligando ha girar la torreta una vuelta como mínimo. Se recomienda máxima precaución al hacer girar la torreta y engrasar los engranajes. Quitando los ejes del desbobinador se facilitará el engrase. Se requiere un operario para hacer avanzar la torreta (el avance debe ser en modo impulsos) y otro para aplicar el spray. El pulverizador utilizado por Comexi es: Gex, Comercial Chemsearch, S.A.

Figura 37. **Sistema de transmisión del giro de la torrea**



Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.8.3.1.1.2 Cierres rápidos

Con los ejes fuera de los cierres, se aplica con un pincel una grasa consistente en el interior de los cierres, tal como se indica en la figura. Además se engrasará el exterior de los cierres para el buen deslizamiento del sistema de cierre. La grasa utilizada por Comexi es: grasa normalizada Comexi. Debido al continuo cambio de ejes a que estará sometido el desbobinador, los ejes se engrasarán semanalmente.

Figura 38. **Cierres rápidos**



4.8.3.1.1.3 Sistema de corte y empalme

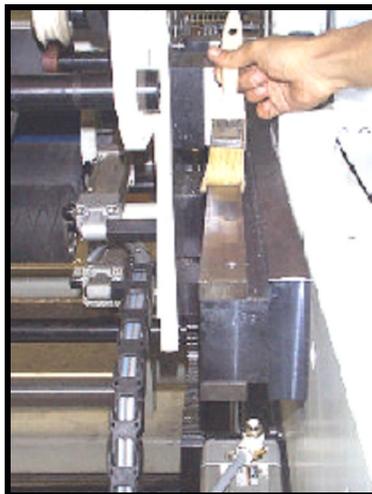
Las guías lineales del sistema de empalme y corte deben ser limpiadas mensualmente con un trapo limpio.

Figura 39. Limpieza de guías lineales



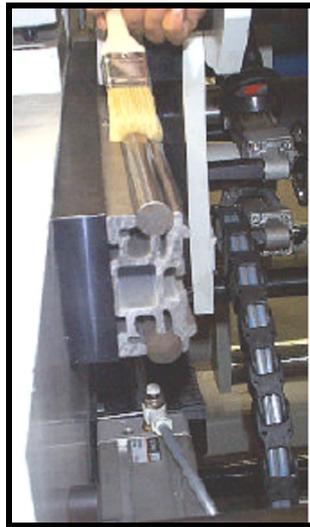
Una vez limpiadas, se aplica aceite o grasa con un pincel sobre las guías lineales.

Figura 40. Lubricación de guías lineales



Los lubricantes que se pueden utilizar deben ser grasas basadas en litios según DIN 51825 o similar. Algunos ejemplos son: Shell Alvania R.S., Aceite SAE 30 o similares

Figura 41. **Aplicación dl lubricante en guías lineales**



También se debe engrasar mensualmente la cremallera del sistema de guiase con el mismo tipo de grasa y con la misma frecuencia

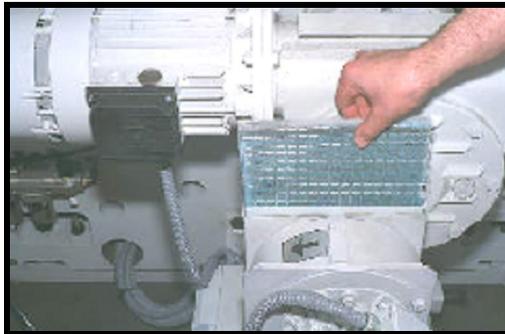
Figura 42. **Lubricación de cremallera**



4.8.3.1.1.4 Motores de corriente continua

Según el ambiente donde están emplazados los motores, los filtros de aire de estos quedarán sucios con más rapidez. Comprobar mensualmente el estado de los filtros.

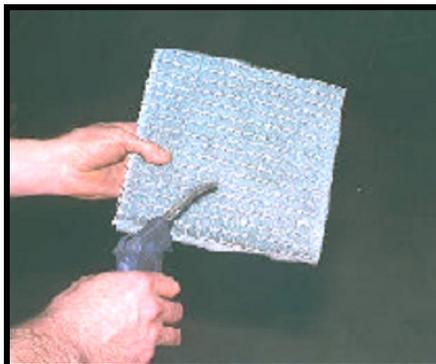
Figura 43. **Extracción del filtro de los motores de corriente continua**



Si se cree oportuno se limpiará los filtros mediante aire a presión como se indica en la figura. El filtro deberá sustituirse después de dos o tres limpiezas.

El filtro es del tipo NGB 290/4 o equivalente.

Figura 44. **Limpieza de filtro**



4.8.3.2 Motoreductor de la torreta

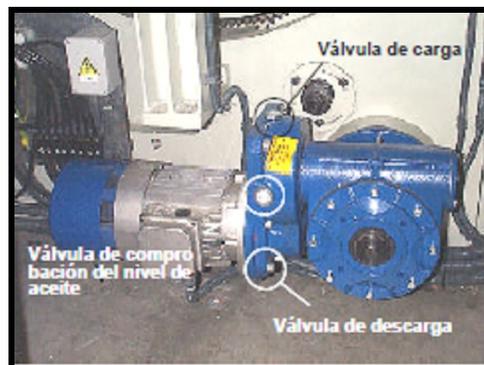
El motoreductor SITI MP-96 / i-90 dispone de unos tapones para el llenado, vaciado y la comprobación del nivel del aceite. El nivel de aceite ha de ser de 1 litro.

Los aceites recomendados para este motoreductor son:

- IP TELIUM OIL VSF
- SHELL TIVELA OIL SC 320
- KLÜBER SYNTHESO D 200 EP
- FINA GIRAN 320
- ESSO GLYCOLUBE RANGE 220

Debido a que el motoreductor trabaja de forma discontinua y que estos aceites son de por vida, el mantenimiento del motoreductor se basará solamente en la comprobación de su nivel de aceite que sea el indicado anteriormente, mediante el tapón de comprobación del nivel.

Figura 45. **Comprobación del nivel de aceite en el motoreductor**



Fuente: COMEXI. **Manual de la impresora**

4.9 Ruta de lubricación

Se desarrolla con el personal de mantenimiento un plan de lubricación, con el fin de lubricar los puntos vistos anteriormente es necesario conocer el equipo que se lubrica, el plan de lubricación que se tiene, el conocimiento de lubricantes, el manejo de desechos, el inventario y sitio asignado para el manejo de lubricantes.

4.9.1 Ficha técnica de lubricación y limpieza

Los puntos de lubricación del equipo se lubrican a criterio del lubricador o sugerencias del proveedor de lubricantes. A continuación se desarrolla una orden de trabajo para la lubricación del equipo como se observa en el siguiente formato:

Inserte el logo
de la empresa

NOMBRE DE LA EMPRESA
PLAN DE LUBRICACIÓN Y ASEO

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Orden de trabajo No.	
Máq. No.	

Fecha de inicio	
Fecha de finalización	

Área	Aseo/lubric	Método	Lubricante	Tiempo	Frecuencia	Nota	Quien
					LT ▼		
					Lxh ▼		
					LD ▼		
					LS ▼		
					LXS ▼		
					LM ▼		
					LXM ▼		
					LA ▼		
					LXK ▼		

Vo.Bo. Ingeniero de Mantenimiento

Técnico

Supervisor

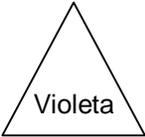
Aprobado

1°. Copia a mantenimiento
2°. Copia-Archivar en el equipo

4.9.1.1 Códigos de frecuencia para fichas de lubricación

LT	Lubricar en cada turno
Lxh	Lubricar cada X horas
LD	Lubricar diariamente
LS	Lubricar Semanalmente
LXS	Lubricar cada X semanas
LM	Lubricar mensualmente
LXM	Lubricar cada X meses
LA	Lubricar anualmente
LXK	Lubricar cada X kilómetros

4.9.1.2 Símbolos de frecuencia de lubricación

 Amarillo	CADA TURNO
 Rojo	DIARIAMENTE
 Violeta	SEMANAL
 Verde	MENSUAL
 Azul	ANUAL

4.10 Miscibilidad de los lubricantes

4.10.1 Aceites

Debe evitarse en la medida de lo posible la mezcla de aceites. Si por cualquier circunstancia fuera necesario hacer una mezcla (fuga debido a una rotura en el circuito, etc.) se utilizará un aceite de características similares como solución de emergencia, pero teniendo en cuenta que debe procederse en un espacio de tiempo lo más corto posible al vaciado del cárter central, etc., cambiando totalmente el aceite por el original o uno equivalente.

4.10.2 Grasas

Las grasas con el mismo espesante y aceite de base idéntico pueden mezclarse entre sí en la mayoría de los casos sin consecuencias negativas. Algunos espesantes y aceites base, sin embargo, no pueden ser mezclados entre sí. Se forma entonces una mezcla no homogénea. En estos casos no se puede descartar una tendencia al endurecimiento o un fuerte reblandecimiento con caída del punto de goteo de la mezcla de grasa.

Deben evitarse en la medida de lo posible las mezclas de grasas.

A menudo la mejor solución es la limpieza del cojinete y un nuevo engrase. En caso de poder mezclarse diferentes grasas lubricantes, puede efectuarse un cambio de la grasa mediante una relubricación intensiva.

La compatibilidad de los aceites base es imprescindible para la miscibilidad de los espesantes. Las grasas deben ser estables al amasado y a la rodadura y de NGLI similar.

4.11 Inspección visual, acústica y al tacto de los componentes

La permanente vigilancia durante la operación o el mantenimiento de maquinas, juega un rol importante en los instrumentos avanzados para detectar fallas o condiciones fuera del estándar. La presencia visual de desgaste, situaciones anormales y ruidos indican que se está ante la presencia de un generador de falla, que puede evitarse al tomarse las acciones correspondientes.

4.12 Control de la corrosión cuando la máquina está fuera de servicio

Si la unidad va a estar fuera de servicio durante un periodo de tiempo prolongado, se deben adoptar las precauciones siguientes para asegurar que se conserve correctamente.

- Lubricar completamente la máquina en todos los puntos indicados anteriormente.
- Limpiar la máquina a fondo y eliminan cualesquiera restos de tinta de las piezas en contacto con ella.
- Después de la limpieza, añadir una capa de antioxidante al tambor central y recubrirlo con papel parafinado o papel de envolver que no oxida el metal.

- Todas las superficies de rodadura y deslizamientos (que no estén pintadas) deben protegerse con una capa de antioxidante. Los rodillos guía de la maquina deben protegerse contra la humedad y recubrirse con película plástica.
- Los ejes portacliché y tramado deberán protegerse con una capa de antioxidante.
- Durante las paradas prolongadas, en general, es mejor cubrir la máquina con plástico o una funda para protegerla contra el polvo y la humedad.
- Si se debe llevar a cabo cualquier trabajo sobre la unidad impresora durante la parada, la parte superior de la unidad debe protegerse para impedir que cualquier cosa golpee el tambor: cubrirla con madera u otros protectores rígidos

CONCLUSIONES

1. En la industria ocurre el error frecuente o habitual de esperar a que un equipo falle para arreglarlo. La falta de tiempo y el coste percibido son las excusas más comunes, pero a la larga, es más barato prevenir que curar. Los jefes de mantenimiento tienen que hacer prodigios con sus recursos para solucionar las reparaciones urgentes y al mismo tiempo encuentran dificultades para implementar un programa de mantenimiento preventivo que una vez aplicado, limitaría enormemente dichas reparaciones.
2. Los resultados obtenidos al utilizar la distribución de Weibull muestran el porcentaje de disponibilidad del equipo, observó que dicha disponibilidad es demasiado baja para una máquina que labora 24 horas. Debido a esto es necesario adoptar medidas preventivas que ayuden a mejorar la confiabilidad del equipo, lo cual se consigue siguiendo una serie de pasos hasta obtener un mejor resultado en la eficiencia.
3. Uno de los problemas más frecuentes que observó en el área de mantenimiento fue que no cuentan con las herramientas necesarias para elaborar las reparaciones. Esto hace que el trabajo no sea calificado y al momento de laborar de nuevo, es inseguro.

4. La mala lubricación de los elementos y la falta de un estricto control de las fichas de lubricación incrementan la inseguridad en el momento de laborar.

5. Se tiene la confianza de que la metodología desarrollada proporciona una herramienta útil para apoyar al área de mantenimiento y al área de producción en el proceso de estimar en forma más precisa el desempeño de la máquina, los resultados obtenidos reflejan con exactitud el tiempo preciso cuando se presentará una falla

6. Otro de los problemas frecuentes en la impresora se da en las bombas neumáticas debido a su uso constante, ya que el solvente que se utiliza para diluir la tinta fatiga la membrana. Por lo que es necesario llevar un control del cambio de repuestos, para que cuando su tiempo caduque se pueda programar la reposición de las partes dañadas.

RECOMENDACIONES

Al Asistente de Gerencia y/o Jefe de Mantenimiento

1. Revisar el inventario de repuestos de existencias, para tener siempre a la disposición todos los materiales necesarios al elaborar la reparación y así evitar pérdidas de tiempo.
2. Seguir realizando los cálculos de probabilidad de falla con la distribución de Weibull, para conocer su desconfiabilidad y aumentar así la fiabilidad del equipo.

A los supervisores de mantenimiento

1. Evaluar diariamente los trabajos de mantenimiento, con el objeto de aumentar la confiabilidad del equipo.
2. Revisar el trabajo después de haber realizado la reparación para tener una completa seguridad del desempeño de la máquina.
3. Procurar que los operarios de mantenimiento utilicen las herramientas idóneas en la reparación de las fallas, así como proporcionarles toda herramienta necesaria para efectuar un buen trabajo.

A los operarios de la máquina

1. Tener un estricto control de la lubricación de la máquina, utilizando las fichas de lubricación para evitar fallas imprevistas debido a la mala lubricación.
2. Purgar el filtro de admisión de aire de la máquina una vez al mes para impedir cualquier acumulación de agua que pudiera dañar los mecanismos neumáticos y dar lugar a un agarrotamiento.
3. Evitar el mal manejo de las ruedas dentadas, cuando se realice el montaje, desmontaje y almacenamiento, ya que estas son frágiles y pueden sufrir daños por impacto.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

1. **Administración del mantenimiento industrial**- 6ª ed. México; Diana, 1992. 258 paginas.
2. Manual de Impresora Comexi FJ-2108
3. Mora Gutiérrez, Alberto. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios**. 2ª ed. Colombia: Ultragráficas, 2007. 305 paginas.
4. Prando, Raúl R. **Manual de Gestión de mantenimiento a la medida**. Guatemala: Piedra Santa, 1996. 223 paginas.
5. Walpole, Ronald E. **Probabilidad y Estadística para Ingenieros**. 6ª ed. Mexico: 1999. 739 paginas.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

6. Análisis de fallas (julio 2009)
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/amef.htm>
7. *Relia soft Life Data Analysis On-Line Reference - Sistem reliability On-Line Reference*. <http://www.weibull.com/lifedatawebcontents.htm> (septiembre 2009)
8. http://www.weibull.com/lifedataweb/characterustucs_of_the_weibull_distribution.htm (agosto 2009)

ANEXOS

AGUILA 80

DESCRIPCIÓN:

Grasa multifuncional de base lítica para altas presiones, excelentes propiedades antioxidantes y anticorrosivas, lubricación de rodamientos y mecanismos en general. Homologada por SKF (TSP 6030). FV=5x10(5). Cumple norma DIN 51825 K2P-50 y norma VW-778 tipo A.

FABRICANTE: BRUGAROLAS S.A.

Polígono Cova Solera – Camino de la Riera, 36-44
08191 – Rubí (Barcelona) T.93 588 31 00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Marrón claro
- Punto de gota	>180°C
- Temperatura de aplicación	-30 a 120°C
- Penetración trabajada (0.1 mm)	265 – 295
- Consistencia NLGI	2

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
SHELL	ALVANIA R2
KLUBER	CENTOPLEX 2
HOUGHTON	COSMOLUBE LI EP-2
MOBIL	MOBILUX 2
BP	ENERGREASE LS-2

ISOFLEX TOPAS NB 152

DESCRIPCIÓN:

Grasa para rodamientos, altas temperaturas y altas presiones. Adecuada también para número de revoluciones elevadas.

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA

Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Beige claro
- Espesante aceite	Complejo de bario/SK
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>240°C
- Temperatura de aplicación	-45 a 150°C
- Viscosidad dinámica a 25°C	7000 mPa.s
- Factor de velocidad (nxdm)	6x10(8)
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	265 – 295
- Consistencia NLGI (DIN-51818)	2

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
FAG	FAG Arcanol L178
FAG	FAG Arcanol L19
SKF	SKF VT162
ESSO	ESSO Beacon 325
MOBIL	MOBILTEMP SHC 32
SHELL	SHELL Aeroshell 16 o 7

POLYLUB KR 365 AAF

DESCRIPCIÓN:

Grasa sintética especial, infusible, desarrollada para lubricación de rodamientos y cojinetes lisos en condiciones de trabajo de alta temperatura y baja velocidad. Posee una elevada viscosidad dinámica, adherencia, untuosidad y capacidad de carga.

Incorpora grafito como lubricante sólido de estructura laminar, pudiendo así alcanzar temperaturas punta de utilización de 400°C. (corta duración)

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA

Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Negro
- Aceite base	Aceite de hidrocarburo sintético, aceite de éster. Inorgánico
- Espesante aceite	contiene
- Grafito	>250°C
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	-10 a 150°C
- Temperatura de servicio	Homogénea
- Estructura	10000-15000 mPa.s
- Viscosidad dinámica a 25°C	Aprox. 0,95 g/cm3
- Densidad a 20°C	
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	330 – 370 (x0,1 mm)
- Viscosidad aceite base (DIN 51561)	a 40°C Aprox. 1750 mm2/s
	a 100°C Aprox. 90 mm2/s

POLYLUB KR 380 AAF

DESCRIPCIÓN:

Grasa especial a base de aceites sintéticos, especialmente desarrollada para la lubricación de cojinetes y rodamientos sometidos a cargas y temperaturas elevadas

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA

Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Gris-Negro
- Composición	Aceite de hidrocarburo sintético, lubricante sólido, silicato.
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>250°C
- Temperatura de servicio	hasta 180°C
- Estructura	Homogénea
- Viscosidad dinámica Klüber	ES
- Densidad a 20°C	Aprox. 0,93 g/cm3
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	335 – 375 (x0,1 mm)
- Viscosidad aceite base (DIN 51561)	a 40°C Aprox. 6300 mm2/s
	a 100°C Aprox. 190 mm2/s

POLYLUB KR 365 AAF

DESCRIPCIÓN:

Grasa sintética especial, infusible, desarrollada para lubricación de rodamientos y cojinetes lisos en condiciones de trabajo de alta temperatura y baja velocidad.

Posee una elevada viscosidad dinámica, adherencia, untuosidad y capacidad de carga.

Incorpora grafito como lubricante sólido de estructura laminar, pudiendo así alcanzar temperaturas punta de utilización de 400°C. (corta duración)

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA
Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Negro
- Aceite base	Aceite de hidrocarburo sintético, aceite de éster.
- Espesante aceite	Inorgánico
- Grafito	contiene
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>250°C
- Temperatura de servicio	-10 a 150°C
- Estructura	Homogénea
- Viscosidad dinámica a 25°C	10000-15000 mPa.s
- Densidad a 20°C	Aprox. 0,95 g/cm ³
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	330 – 370 (x0,1 mm)
- Viscosidad aceite base (DIN 51561)	a 40°C Aprox. 1750 mm ² /s a 100° C Aprox. 90 mm ² /s

POLYLUB KR 380 AAF

DESCRIPCIÓN:

Grasa especial a base de aceites sintéticos, especialmente desarrollada para la lubricación de cojinetes y rodamientos sometidos a cargas y temperaturas elevadas

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA
Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Gris-Negro
- Composición	Aceite de hidrocarburo sintético, lubricante sólido, silicato.
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>250°C
- Temperatura de servicio	hasta 180°C
- Estructura	Homogénea
- Viscosidad dinámica Kluber	ES
- Densidad a 20°C	Aprox. 0,93 g/cm ³
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	335 – 375 (x0,1 mm)
- Viscosidad aceite base (DIN 51561)	a 40°C Aprox. 6300 mm ² /s a 100° C Aprox. 190 mm ² /s

ISOFLEX NBU 15

DESCRIPCIÓN:

Grasa semi-sintética especialmente formulada para lubricación de rodamientos que trabajan en condiciones de media y alta velocidad, y/o bajas temperaturas.

En virtud de su espesante complejo de bario, presenta una extraordinaria resistencia al agua, emulsiones acuosas, vapor, condensados y medios externos de similar naturaleza.

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA
Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Beige
- Estructura:	Homogénea
- Densidad a 20° C	0,99 gr/cm ³
- Aceite base	Semisintético
- Jabón	Complejo de bario
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>220°C
- Temperatura de aplicación	-30 a 130°C
- Viscosidad dinámica a 25°C	5500 mPa.s
- Factor de velocidad (nxdm)	1.000.000
- Penetración trabajada a 25°C (DIN-ISO 2137 / ASTM-D-217)	265 – 295 (x0,1 mm)
- Consistencia NLGI (DIN-51818)	2
- Resistencia al agua (DIN-51807, 3h. A 90°C)	0/1-90
- Corrosión al cobre (DIN-51811, 24h. A 100°C)	1b-100

- Corrosión al acero (Ensayo EMCOR DIN-51802)	0/1
- Carga de soldadura (DIN-51350, Ensayo VKA 4ª parte)	>3000 N.
- Desgaste Ensayo VKA (ASTM-D-2266, 1h/40kg a 75°C)	0,6 m/m
- Presión de fluencia a 30°C (DIN-51805)	<1400 mbar
- Separación de aceite (7 días a 40°C DIN-51817)	<3%
- Separación de aceite (30h a 100°C FTMS-791)	<3%

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
FAG	FAG Arcanol L74
NA	INA SM14
SKF	SKF VT105

GRAFLOSCON CA 901 ULTRA-Spray

DESCRIPCIÓN:

Grasa adherente pulverizable a base de aceite mineral con un alto porcentaje en lubricantes sólidos
Exento de betún, metales pesados i cloro. Muy adherente. Soporta elevadas cargas. Fácil aplicación. Exento de CFC. Se utiliza para la lubricación de engranajes abiertos.

FABRICANTE: KLUBER LUBRICATION IBERICA

Ctra. Nacional 152, km 22
E-08150 Parets del Vallés – Barcelona
Tel. 34 93 573 07 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color:	Negro
- Densidad	DIN 51757 a 20°C, g/cm3 aprox. 1,05
- Punto de gota (DIN-ISO 2176)	>180°C
- Penetración trabajada a 40°C (DIN-ISO 2137 a 40°C; 0.1 mm)	330+- 20
- Carga de soldadura, aparato de 4 bolas DIN 51530	>4800
- Efectividad de la película lubricante	hasta aprox. -20°C
- Resistencia térmica de la película lubricante	hasta aprox. 180°C

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
CHEMSEARCH	GEX AEROSOL

CENTOPLEX HO

DESCRIPCIÓN:

Grasa semifluida, a base de aceite mineral, con reducida viscosidad dinámica y muy buen comportamiento anticorrosivo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Color	Beig, casi transparente
- Estructura	homogénea
- Espesante	jabón de litio
- Aceite base	mineral
- Densidad a 20° C	aprox. 0,88 g/cm3
- Punto de gota (DIN ISO 2176)	> 170 °C
- Temperatura de servicio	-35 ... 100°C
- Penetración trabajada a 25 °C (DIN ISO 2137 /ASTM-D 217)	> 370-380 (x 0,1 mm)
- Viscosidad dinámica a 25°C y 300 s ⁻¹	aprox. 1500 mPa.s
- Presión de fluencia a -30°C (DIN 51805)	aprox. 1000 mbar
- Corrosión al cobre (DIN 51811) 24 h. a 100°C	1-100
- Separación de aceite (7 días 40°C) (Adaptación DIN 51817)	aprox. 7%
- Viscosidad aceite base (DIN 51561) a 40°C	aprox. 110 mm²/s
a 100° C	aprox. 11,5 mm²/s
- Factor de velocidad (n.dm) min.	aprox. 500.000 mm/

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
	
	

SHELL TIVELA COMPOUND A

DESCRIPCIÓN:

Grasa sintética especialmente formulada para lubricación de engranajes industriales del tipo sin-fin.

- Alta estabilidad a la oxidación.
- Gran estabilidad térmica.
- Altísimo índice de viscosidad.
- Bajo punto de congelación.
- Reducción de la fricción en engranajes acero/bronce-fosforo.

FABRICANTE: Sociedad Petrolífera Española Shell, S.A.
C/Barquillo 17 – Tel. 91-221 47 41 - Madrid

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Consistencia NGLI	00
- Jabón base	Litio
- Aceite base	Sintético
- Penetración trabajada ISO 21 37	400/420
- Cenizas sulfatadas	0.5%
- Viscosidad cinemática del aceite base en cSt a 40°C ISO 3104	126
- Índice de viscosidad aceite base ISO 2909	140
- Temperatura de aplicación	-20 a 130°C

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
KLUBER	KLUBERSYNTH GE-46-1200
MOBIL	GLYCOYLE GREASE 00
ESSO	FLIBFETT S420
BP	ENERGREASE GSF
AGIP	AGIP GR SLL

ARIES 15

DESCRIPCIÓN:

Aceite obtenido a partir de bases parafínicas seleccionadas, a las que se incorporan aditivos inhibidores de la oxidación, de la herrumbre y antiespumantes.

Presentan:

- Gran resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.
- Excelentes propiedades antiespuma y capacidad de eliminación de aire.
- Gran facilidad de separación de agua y resistencia a la herrumbre.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: ARIES 35

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo	15
- Grado ISO	15
- Viscosidad cSt a 40°C	13,8
- Viscosidad °E a 50°C	1,9
- Índice de viscosidad	95
- Punto de congelación °C	-9
- Punto de inflamación °C	170
- No.Neutralización, 2000 h	<2

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
SHELL	TELLUS R-15
KLUBER	CRUCOLAN 15
HOUGHTON	HIDROLUBRIC HL-15
MOBIL	MOBIL DTE-11
ESSO	NUTO H-15
BP	ENERGOL HLP-15

ARIES 15

DESCRIPCIÓN:

Aceite obtenido a partir de bases parafínicas seleccionadas, a las que se incorporan aditivos inhibidores de la oxidación, de la herrumbre y antiespumantes.

Presentan:

Gran resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.
Excelentes propiedades antiespuma y capacidad de eliminación de aire.
Gran facilidad de separación de agua y resistencia a la herrumbre.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: ARIES 35

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo	15
- Grado ISO	15
- Viscosidad cSt a 40°C	13,8
- Viscosidad °E a 50°C	1,9
- Índice de viscosidad	95
- Punto de congelación °C	-9
- Punto de inflamación °C	170
- No.Neutralización, 2000 h	<2

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
SHELL	TELLUS R-15
KLUBER	CRUCOLAN 15
HOUGHTON	HIDROLUBRIC HL-15
MOBIL	MOBIL DTE-11
ESSO	NUTO H-15
BP	ENERGOL HLP-15

PRODUCTOS EQUIVALENTES

FABRICANTE	NOMBRE DEL PRODUCTO
SHELL	TELLUS 32
KLUBER	CRUCOLAN 32
HOUGHTON	HIDROLUBRIC HL-32
MOBIL	MOBIL DTE-24
ESSO	NUTO H-32
BP	ENERGOL HLP-32

ARIES 32

DESCRIPCIÓN:

Aceite obtenido a partir de bases parafínicas seleccionadas, a las que se incorporan aditivos inhibidores de la oxidación, de la herrumbre y antiespumantes.

Presentan:

Gran resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.
Excelentes propiedades antiespuma y capacidad de eliminación de aire.
Gran facilidad de separación de agua y resistencia a la herrumbre.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: ARIES LIGERO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo	32
- Grado ISO	32
- Viscosidad cSt a 40°C	32
- Viscosidad °E a 50°C	3
- Índice de viscosidad	95
- Punto de congelación °C	-9
- Punto de inflamación °C	190
- No.Neutralización, 2000 h	<2
- Supera la calidad exigida para los fluidos L-TD por la norma DIN-51515 parte 1.	
- Supera en algunos aspectos lo exigido para los fluidos CL por la norma DIN-51517 parte 2.	
- Es un aceite VBL i VCL según la norma DIN-51506	
- Es un fluido CL según la norma DIN-8659 parte 2.	
- Es un fluido CKB según la norma ISO-3498.	

ARIES 68

DESCRIPCIÓN:

Aceite obtenido a partir de bases parafínicas seleccionadas, a las que se incorporan aditivos inhibidores de la oxidación, de la herrumbre y antiespumantes.

Presentan:

Gran resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos.
Excelentes propiedades antiespuma y capacidad de eliminación de aire.
Gran facilidad de separación de agua y resistencia a la herrumbre.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: ARIES MEDIO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo	68
- Grado ISO	68
- Viscosidad cSt a 40°C	68
- Viscosidad °E a 50°C	5,6
- Índice de viscosidad	95
- Punto de congelación °C	-9
- Punto de inflamación °C	215
- No.Neutralización, 2000 h	<2
- Supera la calidad exigida para los fluidos L-TD por la norma DIN-51515 parte 1.	
- Supera en algunos aspectos lo exigido para los fluidos CL por la norma DIN-51517 parte 2.	
- Es un aceite VBL i VCL según la norma DIN-51506	
- Es un fluido CL según la norma DIN-8659 parte 2.	
- Es un fluido AN según ISO-3498 e ISO-6743/1	
- Es un fluido CKB según la norma ISO-3498.	

PRODUCTOS EQUIVALENTES

<u>FABRICANTE</u>	<u>NOMBRE DEL PRODUCTO</u>
SHELL	TELLUS 68
KLUBER	KLUBEROIL GEM 1-68
HOUGHTON	HIDROLUBRIC HL-68
MOBIL	MOBIL DTE-26
ESSO	NUTO H-68
BP	ENERGOL HLP-68

NIVEL DE CALIDAD: DIN 51517 parte 3 – CLP; ISO 3498 – CKC;
ISO 6743/6- CKC; USS-STEEL- 224; AGMA 250.04; CINCINNATI
MILACRON P-59, P63.

PRODUCTOS EQUIVALENTES

<u>FABRICANTE</u>	<u>NOMBRE DEL PRODUCTO</u>
SHELL	OMALA 100
KLUBER	KLUBEROIL GEM 1-100
HOUGHTON	COSMOLUBRIK CKC-100
MOBIL	MOBILGEAR 627
ESSO	SPARTAN EP-100
BP	ENERGOL GR-XP-100

SUPER TAURO 100

DESCRIPCIÓN:

Aceite preparado para la lubricación de engranajes industriales de todo tipo incluidos los fuertemente cargados y que trabajan en severas condiciones. Se obtiene a partir de bases seleccionadas, con altos índices de viscosidad, a las que se añaden aditivos para mejorar propiedades como resistencia a la oxidación, a la formación de espumas, antiherrumbre, etc., se incluyen aditivos a base de azufre-fósforo que le proporcionan excelentes propiedades de extrema presión.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: SUPER TAURO 1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo 100
- Grado ISO 1 00
- Viscosidad cSt a 40°C 100
- Viscosidad °E a 50°C 8,5
- Índice de viscosidad 96
- Punto de congelación °C -9
- Punto de inflamación °C 185
- FZG, Escalón 12
- Carga Timken, lbs. 60
- No corrosivo frente al cobre o sus aleaciones.
- Gran facilidad para separarse del agua.
- Magnífica estabilidad a la oxidación.
- Muy buena protección anti herrumbre.
- Gran poder antiespumante.
- Elevada capacidad de carga.
- Resistencia a la rotura de la película lubricante.

SUPER TAURO 150

DESCRIPCIÓN:

Aceite preparado para la lubricación de engranajes industriales de todo tipo incluidos los fuertemente cargados y que trabajan en severas condiciones. Se obtiene a partir de bases seleccionadas, con altos índices de viscosidad, a las que se añaden aditivos para mejorar propiedades como resistencia a la oxidación, a la formación de espumas, antiherrumbre, etc., se incluyen aditivos a base de azufre-fósforo que le proporcionan excelentes propiedades de extrema presión.

FABRICANTE: REPSOL

DENOMINACIÓN ANTIGUA: SUPER TAURO 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo 150
- Grado ISO 150
- Viscosidad cSt a 40°C 150
- Viscosidad °E a 50°C 11,5
- Índice de viscosidad 95
- Punto de congelación °C -9
- Punto de inflamación °C 200
- FZG, Escalón 12
- Carga Timken, lbs. 65
- No corrosivo frente al cobre o sus aleaciones.
- Gran facilidad para separarse del agua.
- Magnífica estabilidad a la oxidación.
- Muy buena protección anti herrumbre.
- Gran poder antiespumante.
- Elevada capacidad de carga.
- Resistencia a la rotura de la película lubricante.

NIVEL DE CALIDAD: DIN 51517 parte 3 – CLP; ISO 3498 – CKC; ISO 6743/6- CKC; USS-STEEL- 224; AGMA 250.04; CINCINNATI MILACRON P-59, P63.

PRODUCTOS EQUIVALENTES

<u>FABRICANTE</u>	<u>NOMBRE DEL PRODUCTO</u>
SHELL	OMALA 150
KLUBER	KLUBEROIL GEM 1-150
HOUGHTON	COSMOLUBRIK CKC-150
MOBIL	MOBILGEAR 629
ESSO	SPARTAN EP-150
BP	ENERGOL GR-XP-150

NIVEL DE CALIDAD: DIN 51517 parte 3 – CLP; ISO 3498 – CKC; ISO 6743/6- CKC; USS-STEEL- 224; AGMA 250.04; CINCINNATI MILACRON P-59, P63.

PRODUCTOS EQUIVALENTES

<u>FABRICANTE</u>	<u>NOMBRE DEL PRODUCTO</u>
SHELL	OMALA 220
KLUBER	KLUBEROIL GEM 1-220
HOUGHTON	COSMOLUBRIK CKC-220
MOBIL	MOBILGEAR 630
ESSO	SPARTAN EP-220
BP	ENERGOL GR-XP-220

SUPER TAURO 220

DESCRIPCIÓN:

Aceite preparado para la lubricación de engranajes industriales de todo tipo incluidos los fuertemente cargados y que trabajan en severas condiciones.

Se obtiene a partir de bases seleccionadas, con altos índices de viscosidad, a las que se añaden aditivos para mejorar propiedades como resistencia a la oxidación, a la formación de espumas, antiherrumbre, etc., se incluyen aditivos a base de azufre-fósforo que le proporcionan excelentes propiedades de extrema presión.

FABRICANTE: REPSOL
DENOMINACIÓN ANTIGUA: SUPER TAURO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo 220
- Grado ISO 220
- Viscosidad cSt a 40°C 220
- Viscosidad °E a 50°C 17,5
- Índice de viscosidad 93
- Punto de congelación °C -9
- Punto de inflamación °C 205
- FZG, Escalón 12
- Carga Timken, lbs. 70
- No corrosivo frente al cobre o sus aleaciones.
- Gran facilidad para separarse del agua.
- Magnífica estabilidad a la oxidación.
- Muy buena protección anti herrumbre.
- Gran poder antiespumante.
- Elevada capacidad de carga.
- Resistencia a la rotura de la película lubricante.

SUPER TAURO 460

DESCRIPCIÓN:

Aceite preparado para la lubricación de engranajes industriales de todo tipo incluidos los fuertemente cargados y que trabajan en severas condiciones.

Se obtiene a partir de bases seleccionadas, con altos índices de viscosidad, a las que se añaden aditivos para mejorar propiedades como resistencia a la oxidación, a la formación de espumas, antiherrumbre, etc., se incluyen aditivos a base de azufre-fósforo que le proporcionan excelentes propiedades de extrema presión.

FABRICANTE: REPSOL
DENOMINACIÓN ANTIGUA: SUPER TAURO 4

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Tipo 460
- Grado ISO 460
- Viscosidad cSt a 40°C 460
- Viscosidad °E a 50°C 32
- Índice de viscosidad 91
- Punto de congelación °C -9
- Punto de inflamación °C 215
- FZG, Escalón 12
- Carga Timken, lbs. 70
- No corrosivo frente al cobre o sus aleaciones.
- Gran facilidad para separarse del agua.
- Magnífica estabilidad a la oxidación.
- Muy buena protección anti herrumbre.
- Gran poder antiespumante.
- Elevada capacidad de carga.
- Resistencia a la rotura de la película lubricante.

TABLA DE CONVERSION DE VISCOSIDADES.



40°C cSt mm ² /s	ISO VG	AGMA	SAE engranaje	SAE motor	COMMON BASE OIL	DIN	ASTM ASLE	SSU	R ⁺	*E	100°C cSt mm ² /s	40°C cSt mm ² /s	
3200								10000	10000				
1000	1000	1000	750			DIN 224	3000	5000	5000	100	6.15	2000	
600	680	8	140			DIN 225	3500	3000	2000	100	18.85	1000	
200	320	7	90	50		DIN 169	2500	2000	2000	70	30.25	500	
100	150	5	85W	40	150 N	DIN 144	1500	1000	1000	60	75.0	200	
50	68	3	80W	30	100 N	DIN 97	700	500	500	20	16.25	100	
30	32	1	75W70	20	300 N	DIN 58	445	300	300	30	11.06	50	
20	22			10	200 N	DIN 49	315	200	200	60	8.53	30	
15	15			5W	150 N	DIN 25	215	150	150	150	6.0	5.29	20
10	10				100 N	DIN 16	105	100	100	100	2.0	4.25	15
8	7						75	70	60	80	2.5	3.38	10
6	5						60	50	45	60	2.0	2.61	8
5	4						50	45	40	45	1.8	2.07	6
4	3						40	40	35	40	1.5	1.4	5
3	2						36	38	34	34	1.25	1.1	4
2							32	30	28	28	1.0	0.8	3
											0.7	0.6	2

ISO: INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION.
 AGMA: AMERICAN GEAR MANUFACTURERS ASSOCIATION.
 SAE: SOCIETY OF AUTOMATIVE ENGINEERS (USA).
 DIN: DEUTSCHE INDUSTRIE NORM.
 ASTM: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.
 ASLE: AMERICAN SOCIETY OF LUBRICATION ENGINEERS.
 SSU: SEGUNDOS SAYBOLT-UNIVERSAL (USA).
 R: REDWOOD (INGLATERRA).
 E: GRADOS ENGLER.
 cSt: CENTISTOKES mm²/s.