Tesis
IID2005
L6

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN UN ESTUDIO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE UNA IMPRENTA ROTATIVA TIPO OFFSET

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR: Ivonne E. Lozada P. 14203405
María Regina Rojas P. 15367770

PROFESOR GUIA: Ing. Carlos A. Mella

FECHA: Mayo de 2005.

ÍNDICE GENERAL

pp.

Sinopsis..... 1

Introducción..... 3

CAPÍTULO

I. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA..... 7

A. La Cadena Capriles..... 7

B. Operadora la Urbina..... 9

II. EL PROBLEMA..... 12

A. Planteamiento del problema..... 12

B. Formulación del problema..... 14

C. Objetivos de la investigación..... 15

D. Justificación e importancia de la investigación..... 16

E. Delimitación de la investigación..... 17

F. Limitaciones de la investigación..... 17

III. MARCO TEÓRICO..... 19

A. Antecedentes de la investigación..... 19

B. Teoría de plan y programa..... 20

C. Bases teóricas del mantenimiento..... 21

D. Descripción del sistema neumático..... 36

E. La imprenta rotativa..... 36

F. Teoría de administración..... 37

IV. MARCO METODOLÓGICO..... 39

A. Tipo de investigación..... 39

B. Diseño de la investigación..... 40

C. Fases de la investigación..... 41

D. Selección de la población y muestra..... 42

E. Variables y operacionalización..... 43

F. Instrumentos de recolección de datos..... 45

G. Análisis de los datos..... 45

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... 47
A. Comportamiento estadístico de los componentes..... 47
B. Determinación de la criticidad de los equipos..... 49
VI. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO..... 55
A. Inventario de equipos e instalaciones..... 55
B. Rutinas de Mantenimiento..... 57
C. Orden de trabajo..... 58
D. Personal de Mantenimiento..... 60
E. Herramientas y repuestos..... 61
F. Indicadores de gestión..... 63
G. Costo del Mantenimiento..... 66
CONCLUSIONES..... 68
RECOMENDACIONES..... 69
BIBLIOGRAFÍA..... 71
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

pp.

TABLAS

Tabla 1. Consecuencias generadas y pronósticos a mediano y largo plazo de mantenerse como en la actualidad..... 13
Tabla 2. Variables y operacionalización..... 44
Tabla 3. Estimadores Anderson –Darling..... 49
Tabla 4. Distribuciones y parámetros poblacionales..... 49
Tabla 5. Confiabilidad de componentes..... 50
Tabla 6. Intervalos de Criticidad..... 51
Tabla 7. Criticidad de los componentes..... 53
Tabla 8. Tiempo medio entre fallas 54
Tabla 9. Códigos asignados para el área de trabajo..... 56
Tabla 10. Inventario de equipos e instalaciones..... 57
Tabla 11. Costos Horas-Hombre..... 61
Tabla 12. Costo del Plan de Mantenimiento actual..... 66
Tabla 13. Costo del Plan de Mantenimiento propuesto..... 67

FIGURAS

Fig. 1. Organigrama de la Operadora La Urbina C.A..... 11
Fig. 2. Curva de la bañera..... 27
Fig. 3. Curva de costos..... 28
Fig. 4. Relación entre confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad..... 30
Fig. 5. Diagrama de bloque..... 32
Fig. 6. Promedios ponderados..... 52

SINOPSIS

El presente trabajo trata del diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo basado en el estudio estadístico del sistema neumático de la imprenta rotativa de la empresa Operadora la Urbina C.A.

Operadora La Urbina C.A es una empresa privada que se dedica a la impresión de periódicos, cuenta con equipos de producción con tecnología de punta en su área, el más avanzado en el mercado nacional. Estos equipos están diseñados y adaptados al producto y son altamente automatizados, debido a esto el producto satisface las expectativas de los clientes actuales.

Su objetivo, como lo indica el título, es diseñar un Plan de Mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático de la imprenta rotativa tipo offset.

Para que el objetivo logre los resultados esperados, se procedió a realizar actividades tales como:

a. Realizar el levantamiento del sistema para determinar cuales son los elementos que actúan en el sistema y cual es la disposición de dichos elementos (serie y paralelo).

b. Levantar un registro histórico de fallas.

c. Analizar el tiempo medio entre fallas (confiabilidad), tiempo de reposición (mantenibilidad), políticas de mantenimiento y todas las variables que puedan afectar al modelo, para así garantizar una alta disponibilidad.

d. Determinar la confiabilidad actual estudiando el comportamiento del sistema basado en datos estadísticos de la máquina, empleando técnicas de ajuste de distribuciones estadísticas a dichos datos.

e. Establecer la ruta crítica del sistema, dada la situación y características de la planta.

f. Diseñar un plan de rutinas de mantenimiento preventivo.

g. Proponer mejoras al sistema que cumplan con la disponibilidad requerida por la empresa, con una gestión de mantenimiento basada en las normas internacionales, y la mejora de la calidad del producto final, tomando en cuenta la optimización de los costos y la reducción de desperdicios.

Con los resultados obtenidos se puede observar el comportamiento estadístico particular de los sistemas y equipos que conforman el sistema neumático de la prensa rotativa.

INTRODUCCIÓN

La comunicación es muy importante en la vida de los seres humanos, a lo largo de la historia de la humanidad el hombre ha creado diversos medios de comunicación, los cuales son muy variados y útiles. Con los avances tecnológicos se ha logrado contar con sistemas de comunicación más eficaces, de mayor alcance, más potentes y prácticos.

Hoy en día, los medios de comunicación constituyen una herramienta persuasiva que permiten mantenernos en continua comunicación con los distintos sucesos sociales, políticos y económicos tanto a escala nacional como internacional. Los principales medios de comunicación en la actualidad son: el periódico, los libros, el teléfono, la radio, la televisión e internet.

Los medios impresos como las revistas, los periódicos, los magazines, los folletos y, en general, todas las publicaciones impresas en papel que tengan como objetivo informar, son altamente influyentes en la sociedad, ya que además de contar con una información más completa y elaborada por su proceso de producción, contienen análisis elaborados por personajes influyentes y conocidos que gustan de las letras para expresarse por considerarlas más fieles y transparentes, pues a menudo se dice y se piensa que la televisión no muestra la realidad tal como es, sino que la construye a su conveniencia. El efecto de los medios impresos es más duradero, se puede volver a la publicación una y otra vez para analizarla, citarla, compararla. Hay medios impresos dirigidos a todo tipo de público, no sólo para el que se quiere informar acerca de la realidad, sino que también los hay para los jóvenes, los aficionados a la moda, a la música, a los deportes, entre otros; es decir, hay tantos medios impresos como grupos en la sociedad. Además, es uno de medios más utilizado por el público en nuestro país.

En los periódicos, la impresión se hace con gran rapidez por la premura que implica su edición, pues generalmente ésta se hace con unas horas antes de su distribución, en previsión de cualquier noticia de última hora. Es por ello que se debe

garantizar una alta disponibilidad de los equipos que se requieren para su elaboración y, como consecuencia un aumento de la mantenibilidad.

Operadora La Urbina C.A es una empresa privada que se dedica a la impresión de periódicos; cuenta con equipos de producción con tecnología de punta en su área. Estos equipos están diseñados y adaptados al producto y son altamente automatizados; debido a esto se satisfacen las expectativas de los clientes actuales.

Por la naturaleza del producto que ofrece esta empresa, se requiere una alta disponibilidad de los equipos necesarios para su producción, por ende se propone un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático de la imprenta rotativa, el cual permitirá conocer todas las estadísticas de trabajos realizados en el pasado con el fin de ayudar a mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa, brindándole las herramientas necesarias para evaluar, determinar y tomar decisiones acerca de correctivos, recoger datos significativos, medir los efectos de sus correcciones y evaluar su desempeño, para así tomar las *decisiones correctas en los momentos que se necesitan.*

En este trabajo se desarrollan los siguientes capítulos donde se describen cada una de las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos:

1. *CAPÍTULO I: en este capítulo se hace una reseña de la organización y de las* empresas que la conforman, se da a conocer el surgimiento de la Cadena Capriles, desde sus inicios hasta la actualidad, sus productos, las personas que la conforman, los valores de la empresa, misión y visión; luego nos enfocamos en la Operadora La Urbina C.A. donde se realizó el estudio, tomando en cuenta desde sus inicios hasta el funcionamiento actual, se hace una breve descripción de su misión, visión objetivos y organigrama.

2. CAPÍTULO II: aquí se define cual es la situación actual con respecto al mantenimiento de la empresa y cuales son las consecuencias que trae dicha situación, de aquí surge la formulación del problema, y el análisis de la importancia del estudio,

tanto teórica, como metodológica y práctica, se presentan los objetivos, delimitación y limitaciones de la investigación. Por último se hace una breve descripción del sistema neumático que es donde se concentra el trabajo.

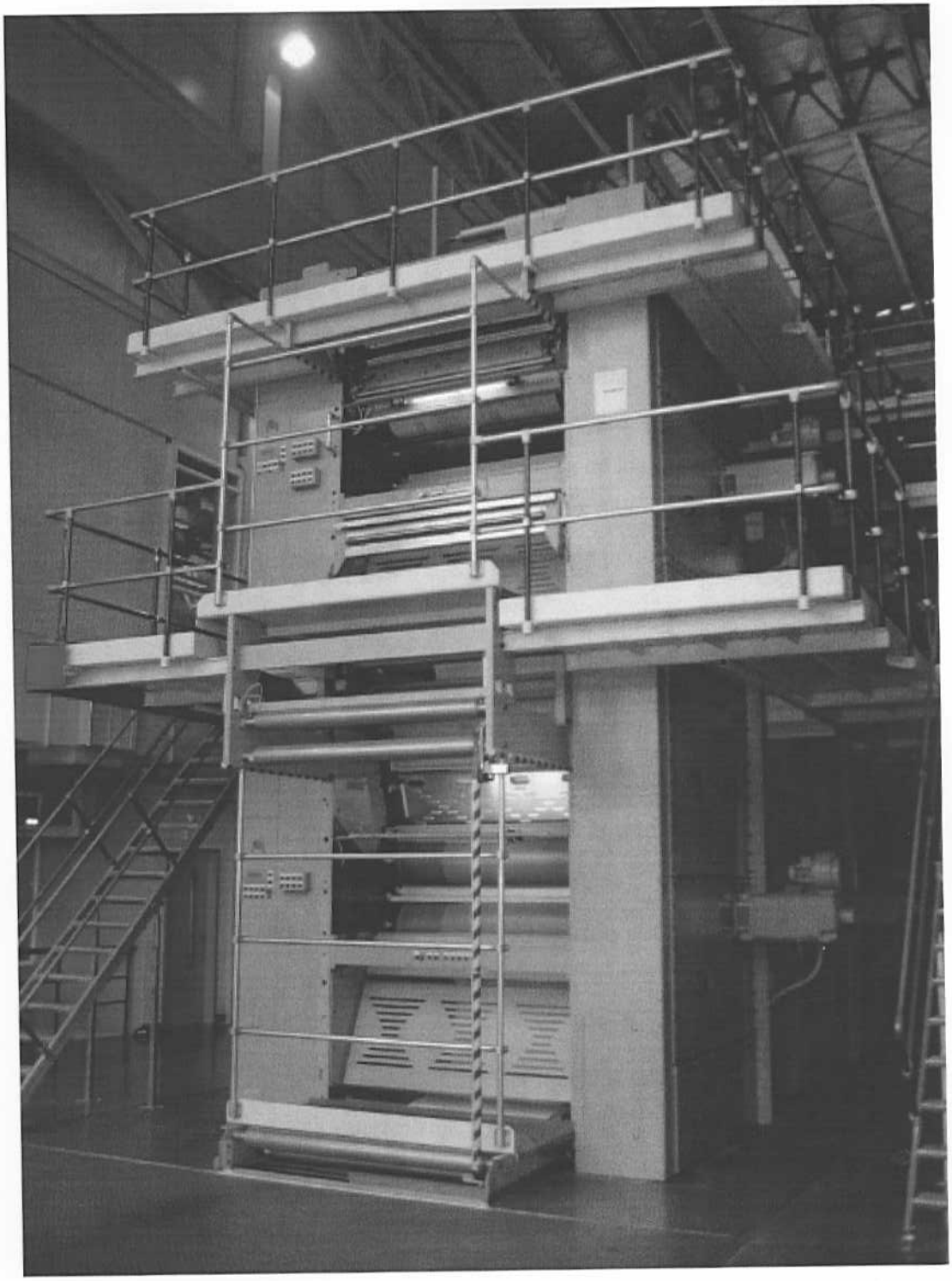
3. CAPÍTULO III: en este capítulo se fijan las bases teóricas que debemos conocer para realizar un trabajo más claro y detallado, se habla de la teoría del mantenimiento incluyendo sus objetivos, funciones, políticas, filosofía y tipos de mantenimientos, se define lo que es mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y sus beneficios, que como su nombre lo dice, se basa en la confiabilidad de los equipos o componentes. Como es de suponerse, se define confiabilidad y una serie de conceptos que van íntimamente relacionados con éste último. Se hace una breve reseña sobre teoría administrativa, de plan y programa, y una introducción a lo que es la imprenta rotativa.

4. CAPÍTULO IV: se describe la metodología que se va a seguir para la resolución del problema planteado, para empezar se plantea el tipo de investigación a abarcar, se habla del diseño de la investigación, definiendo variables, población, muestra, instrumento de recolección de datos, y se plantea el procedimiento que se lleva a cabo para la resolución de la problemática planteada, mediante el análisis de los datos.

5. CAPÍTULO V: este se refiere a la interpretación de los resultados estadísticos obtenidos que servirán de base para el diseño del Plan de Mantenimiento. Este capítulo está dividido en dos partes, la primera parte, es el estudio del comportamiento estadístico de los componentes del sistema, en donde se realiza el cálculo de la confiabilidad de cada uno y sus respectivos tiempos medios entre fallas. La segunda parte es la determinación de la criticidad de los equipos, que servirá de base para el diseño de las rutinas de mantenimiento.

6. CAPÍTULO VI: en este capítulo se hace el diseño del Plan de Mantenimiento tomando en cuenta los resultados del análisis estadístico, se habla sobre inventario de equipos e instalaciones, las respectivas rutinas de mantenimiento basadas en los

tiempos medios entre fallas y en la criticidad de los componentes, ordenes de trabajo, personal, herramientas y repuestos requeridos, indicadores para evaluar la gestión de la Gerencia de Mantenimiento, y por último, un análisis de costos.



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

A. La Cadena Capriles

Es una empresa dedicada a la producción de medios de comunicación impresos dirigidos a todos los sectores de la sociedad venezolana. Por la naturaleza de sus operaciones, tiene un fuerte compromiso con la sociedad a la que sirve. Por ello, procura desde su campo de acción, contribuir con sus productos y ejemplo al complejo proceso de información a la opinión pública de los venezolanos. Operadora la Urbina representa una empresa de la corporación, es una planta moderna, eficiente y de tecnología de vanguardia, en lo que a impresión de periódicos se refiere.

1. Sus Productos

Dentro de los productos de la cadena capriles se encuentran: *Las revistas ÉLITE y CÁBALA, Hipódromo* y *la Guía Hípica.*

Operadora La Urbina C.A. es la responsable de la impresión de los siguientes productos:

Últimas Noticias, es el matutino de mayo aceptación por parte del público lector venezolano. Desde 1941, año de su fundación, mantiene el lugar de preferencia de los sectores medio y popular.

El Mundo, abarca cada vez más lectores del mercado nacional. Se ha convertido en referencia obligada de los venezolanos.

2. Evolución

La Cadena Capriles empezó en 1948 con un solo producto: el periódico matutino Últimas Noticias. Pronto, considerando las necesidades y tendencias de distintos momentos de la historia se crearon nuevas publicaciones. Hoy, algunas siguen su rumbo; otras quedaron como registro testimonial y gráfico de la Venezuela de ayer.

Cronología (1941-2001)

a. Siete años después de haber sido fundado el diario *Últimas Noticias*, Miguel Ángel Capriles Ayala adquiere la totalidad de las acciones en 1948.

b. En 1955 el editor adquiere las revistas *Élite, Páginas y Venezuela Gráfica*, y la empresa Grabados Nacionales.

c. El 3 de febrero de 1958, Miguel Ángel Capriles Ayala funda el vespertino *El Mundo*.

d. En 1966 funda en Maracaibo el diario *Crítica* y luego en 1974, también en tierras zulianas, *El Vespertino*.

e. En 1970 se crea *Dominical,* la revista de los domingos de *Últimas Noticias* y se adquiere la revista *Hipódromo.* Ya empieza a consolidarse la empresa de publicaciones Cadena Capriles.

f. Entre 1976 y 1978 se adquiere la revista *Kena* y se funda *Cábala, Deportes y Alarma.*

g. En 1998, se concentra el negocio con nuevos modelos editoriales para *Ultimas Noticias* y *El Mundo*, se implementan nuevas herramientas tecnológicas y se emprenden cambios en la cultura organizacional.

h. En 1999 se crea la revista *La Cadena Tricolor*, publicación dirigida a apoyar el proceso de enseñanza de la educación básica.

i. Ese mismo año *El Mundo* adquiere mayor penetración de mercado con su impresión remota en Barquisimeto y Puerto La Cruz, simultáneamente con Caracas.

j. En el año 2000 se crea el portal informativo y de entretenimiento *CadenaGlobal.com* y las versiones digitales de *Ultimas Noticias* y *El Mundo*.

k. En 2001, la Cadena Capriles certifica la circulación de sus periódicos *Ultimas Noticias* y *El Mundo*, a través de la auditoria de la Asociación Nacional de Anunciantes (ANDA) y la Federación Venezolana de Anunciantes de la Prensa (FEVAP).

B. Operadora la Urbina

1. Reseña Histórica

Operadora la Urbina (OLUCA)[1], nace como proyecto a finales del año de 1999. Para ese entonces se había planteado la necesidad de operar en Venezuela una planta moderna, eficiente y de tecnología de vanguardia, en lo que a impresión de periódicos se refiere. Después de un largo proceso con consultores nacionales y extranjeros, el proyecto se inicia en firme para el año 2000.

2. Instalaciones

Cubriendo un área de aproximadamente 12500 m cuadrados y una edificación de 5000 m cuadrados, OLUCA se ubica al final de la Av. Rómulo Gallegos entre la calle 7 y 4 de La Urbina. Las obras de construcción civil comenzaron a mediados del 2000.

3. Instalación

Para mediados del año 2001 la construcción de la planta se había finalizado en casi un 90%, y se había comenzado la instalación de los equipos que conformarían el grupo de producción de la planta. Para marzo de 2002 se llegó a la total instalación de los equipos de producción.

4. Puesta en Marcha

Para finales del año 2001 y comienzo del 2002, prácticamente se habían instalado todos los equipos que conforman la planta. Entre enero y marzo del 2002 se realizaron pruebas de los equipos y se afinaron detalles para la entrada en producción de toda la planta. La construcción total del edificio finalizó a comienzos del 2002. Es así como para el mes de abril de 2002, con una inversión que supera los 30 millones de dólares, entra en operación, aproximadamente a un 40% de su capacidad, Operadora La Urbina CA.

[1] OLUCA. Nombre abreviado de Operadora La Urbina C.A.

5. Tipo de Empresa

Es una empresa que se dedica a la impresión de publicaciones; cuenta con un capital privado y es una compañía anónima.

6. Misión

Operadora La Urbina es una empresa venezolana dedicada a la impresión de periódicos. La empresa desarrolla sus actividades dentro del mayor apego y respeto por los valores éticos, siendo útil a la comunidad, con una elevada conciencia de costos y calidad, generando beneficios para sus accionistas y su personal.

7. Visión

Se quiere ser una empresa venezolana de vanguardia, con sentido global, líder en prestación de servicios impresos a medios de comunicación, reconocida por su elevado profesionalismo, valor agregado, excelencia de su gente y eficiente contribución al mejoramiento de la comunidad.

8. Objetivos de la Empresa

a. General:

Ofrecer un servicio de impresión de periódicos de alta calidad, implantando una nueva tecnología.

b. Específicos:

1) Implementación de insumos de nuevos diseños, capaces de soportar la alta velocidad de la rotativa.

2) Obtención de un producto, que refleje las nuevas tecnologías en el área de impresión de periódicos, y conocimiento y actualización de las mismas.

3) El entrenamiento continuo de todo el personal del área de producción, en nuevas técnicas para la obtención del producto final.

4) Se cuenta con las mejores maquinas (CTP) en el Departamento de Pre-Prensa para la elaboración de planchas para imprenta de periódicos.

9. Organigrama de la Empresa

La presente figura muestra la estructura organizacional de La Operadora La Urbina C.A. El presente proyecto industrial se desarrolla dentro de la Gerencia de Mantenimiento, siendo esta una dependencia directa a la Gerencia General, al igual que la Gerencia de Impresión y de Logística.

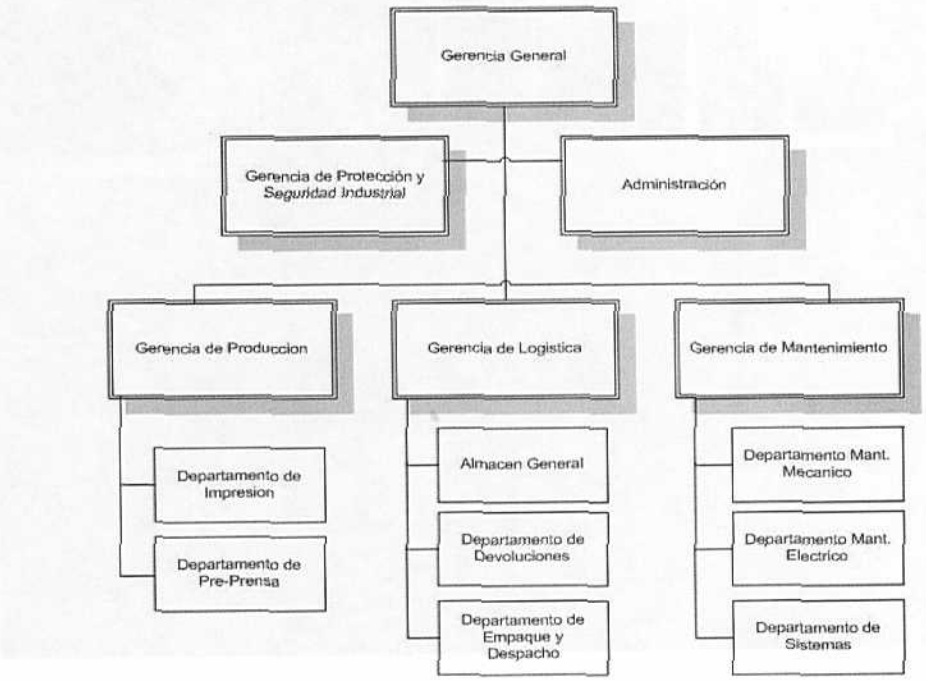


Fig. 1. **Organigrama de la Operadora La Urbina C.A.** Tomado de OLUCA

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II
EL PROBLEMA

A. Planteamiento del problema

Operadora La Urbina C.A (OLUCA) es una empresa dedicada a la producción de medios de comunicación impresos dirigidos a todos los sectores de la sociedad venezolana. Por la naturaleza de las operaciones, la empresa tiene un fuerte compromiso con la sociedad a la que sirven. Por ello, procuran desde su campo de acción, contribuir con sus productos y su ejemplo al complejo proceso de formación de opinión pública de los venezolanos.

La empresa actualmente no cuenta con un Plan de Mantenimiento preventivo que le ayude a disminuir las probabilidades de fallas en los equipos, por ello se le suministrará información sobre el desempeño del sistema neumático de la rotativa que le permita la reorganización y reestructuración en términos de mayor eficiencia y economía en los procesos del área de mantenimiento. Le permitirá a la empresa desarrollar un plan integral de mantenimiento, y conocer todas las estadísticas de trabajos realizados en el pasado. Así mismo, pretende ayudar a mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa, brindándole las herramientas necesarias para evaluar, determinar y tomar decisiones acerca de correctivos, recoger datos significativos, medir los efectos de sus correcciones y evaluar su desempeño para así tomar las decisiones correctas en los momentos que se necesitan.

La falta de organización de un sistema documental, ni de registros, que permita normalizar las actividades y unificar los criterios de los distintos procesos en el área de Mantenimiento no le ha permitido a la empresa llevar un control organizado de las actividades que se realizan, ni la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo. Así mismo, no se tienen herramientas cuando se quiere evaluar la administración de recursos, destreza del personal (profesional, técnico y obrero), desempeño de grupos de trabajo (tres turnos rotativos), eficiencia de procesos, etc.

Como tampoco se tiene ningún tipo de herramientas o indicadores que permitan cuantificar y calificar lo anterior.

Estas deficiencias, generan una serie de problemas en la productividad al aumentar los costos de operación, disminuir la confiabilidad y disponibilidad de los equipos e instalaciones así como la motivación del personal. Son estas carencias relacionadas las que desean evitar en una empresa que esta presente en un mercado competitivo.

De mantenerse estas carencias, la empresa presentara una progresiva disminución de la operatividad de sus equipos e instalaciones, hasta llegar a una posible paralización de actividades. De no concretarse medidas que mejoren la situación del mantenimiento se generarán problemas a mediano y largo plazo como los presentados en la tabla 1. Estos pondrían en serio riesgo la estabilidad técnica y por ende su futuro económico.

Consecuencias generadas dentro de la organización	Pronóstico de problemas a mediano y largo plazo
1. Baja confiabilidad de los equipos e instalaciones	1. Pérdida de la competitividad en el mercado de trabajo
2. Se ve afectada la mantenibilidad	2. Incremento sustancial de costos
3. Se incrementan los costos de mantenimiento	3. Baja asimilación de nuevas tecnologías
4. Baja disponibilidad de los equipos	4. Pérdida de credibilidad de la compañía

Tabla 1. **Consecuencias generadas y pronósticos a mediano y largo plazo de mantenerse como en la actualidad.** *Fuente: Los autores.*

Las posibles soluciones alternativas a los problemas presentados anteriormente, serían provistas por la vía del diseño de un Plan de Mantenimiento y con base en la recolección de información, análisis de estrategias y de costos, proponer la mejor alternativa para el cumplimiento de los requerimientos de la empresa y evaluar la

cantidad de mantenimiento para optimizar los recursos monetarios garantizando una alta disponibilidad.

Ninguna gerencia de mantenimiento puede trabajar eficientemente sin las herramientas que le permitan recoger datos idóneos, proponer acciones correctivas, medir los efectos de sus correcciones y evaluar su desempeño, para así tomar las decisiones correctas en los momentos en que se necesitan.

B. Formulación del problema

Operadora La Urbina C.A. está plenamente conciente de las realidades que arrojan las consecuencias antes descritas así como sus implicaciones económicas. Bajo estas circunstancias se formula la siguiente pregunta global:

¿Cómo influye el desarrollo de un Plan de Mantenimiento no basado en los registros de operación, reparación y mantenimiento de los equipos?

Esta pregunta global da lugar a una serie de subpreguntas:

1. ¿La organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar eficientemente toda la información referente al mantenimiento?
2. ¿Se tiene una buena estructura del departamento de mantenimiento donde se indiquen las funciones y responsabilidades de cada miembro?
3. ¿Se tiene información técnica detallada de cada área del proceso productivo, incluye la ubicación de maquinaria y equipos, descripción y rutinas de mantenimiento necesarias para la elaboración de un plan eficiente de mantenimiento?
4. ¿Se dispone de algún mecanismo que permita el registro de fallas, causas, *tiempo de paradas, tiempo de respuestas a fallas, materiales y herramientas* necesarias?
5. ¿El departamento de mantenimiento cuenta con un programa que indique las acciones a ejecutarse a las máquinas y equipos?
6. ¿Se dispone de una evaluación para determinar las necesidades de mantenimiento preventivo?

7. ¿La empresa dispone del presupuesto necesario para la implantación de un plan de mantenimiento?

C. Objetivos de la investigación

1. General:

Diseñar un Plan de Mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático de la imprenta rotativa tipo offset.

2. Específicos:

a. Realizar el levantamiento del sistema.

b. Levantar un registro histórico de fallas.

c. Analizar el tiempo medio entre fallas (confiabilidad), tiempo de reposición (mantenibilidad), políticas de mantenimiento y todas las variables que puedan afectar al modelo, para así garantizar una alta disponibilidad.

d. Determinar la confiabilidad actual estudiando el comportamiento del *sistema basado en datos estadísticos de la máquina, empleando técnicas de ajuste* de distribuciones estadísticas a dichos datos.

e. Establecer la ruta crítica del sistema, dada la situación y características de la planta.

f. Diseñar un plan de rutinas de mantenimiento preventivo.

g. Proponer mejoras al sistema que cumplan con la disponibilidad requerida por la empresa, con una gestión de mantenimiento basada en las normas internacionales, y la mejora de la calidad del producto final, tomando en cuenta la optimización de los costos y la reducción de desperdicios.

D. Justificación e importancia de la investigación

Actualmente las empresas se han visto en la obligación de ajustar y disminuir sus presupuestos, por ello se ha considerado tener el conocimiento del comportamiento del sistema neumático de la máquina rotativa en cuanto al tiempo de funcionamiento, con el fin de buscar mejoras y planes de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en el proceso para la impresión.

Para una adecuada planificación del mantenimiento y una alta disponibilidad de los repuestos es necesario conocer la frecuencia con la que falla el sistema y las probabilidades de que éste falle en un tiempo determinado. Los sistemas fallan y en ocasiones sus fallos significan perjuicios importantes para la misión desempeñada y/o riesgos elevados para el sistema y sus usuarios, por ello la confiabilidad se integra como una disciplina más en el diseño de los sistemas.

Son estas razones por las cuales se establece la necesidad de implantar un plan de mantenimiento y un sistema de información de mantenimiento que permita a OLUCA controlar sus costos y aumentar la efectividad de sus operaciones.

Serán considerados los siguientes aportes:

1. Institucional: la empresa OLUCA podrá contar con la mayor disponibilidad de los equipos y así desarrollar sus actividades y ser útil a la comunidad, con una elevada conciencia de costos y calidad, así como también podrá generar beneficios para sus accionistas y su personal.

2. Técnico: la empresa contará con un plan de mantenimiento preventivo, además podrá medir y evaluar la gestión de mantenimiento, ayudando así a la toma de decisiones en el momento oportuno. Se poseerá una estandarización del proceso de mantenimiento y se aumentará la confiabilidad y disponibilidad del proceso productivo, equipos e instalaciones.

3. Económico: esta investigación aportará a la empresa los beneficios de una reducción de costos y la disminución de la cantidad de fallas, permitirá una reorientación del presupuesto a partidas de inversión o gastos.

4. Académico y personal: el presente estudio realizado en la empresa OLUCA brindará a los autores la oportunidad de formación como investigadores, así como también les permite optar por el título de Ingeniero Industrial, de igual manera, realizar un aporte de trabajo de grado a la Universidad Católica Andrés Bello al desarrollar nuevas tecnologías en la gestión de mantenimiento, lo cual servirá de base para posibles investigaciones posteriores.

E. Delimitación de la investigación

La empresa Operadora la Urbina C.A es una empresa privada que se dedica a la impresión de periódicos y se encuentra desde sus inicios (2002) ubicada al final de la Av. Rómulo Gallegos entre la calle 7 y 4 de La Urbina.

El estudio se realizará solo en las áreas relacionadas a la gestión del mantenimiento, tanto en oficinas como en la planta, obteniendo la información relevante a este estudio de los gerentes, jefes de departamentos, operadores y ayudantes.

Las acciones estarán dirigidas a la solución de problemas de gestión de mantenimiento existentes en la empresa.

La máquina rotativa esta compuesta de tres (3) sistemas: neumático, eléctrico y mecánico, por interés de la empresa esta investigación abarcará solamente el estudio del sistema neumático.

Se llegará solo a la formulación de la propuesta y demostración de la factibilidad.

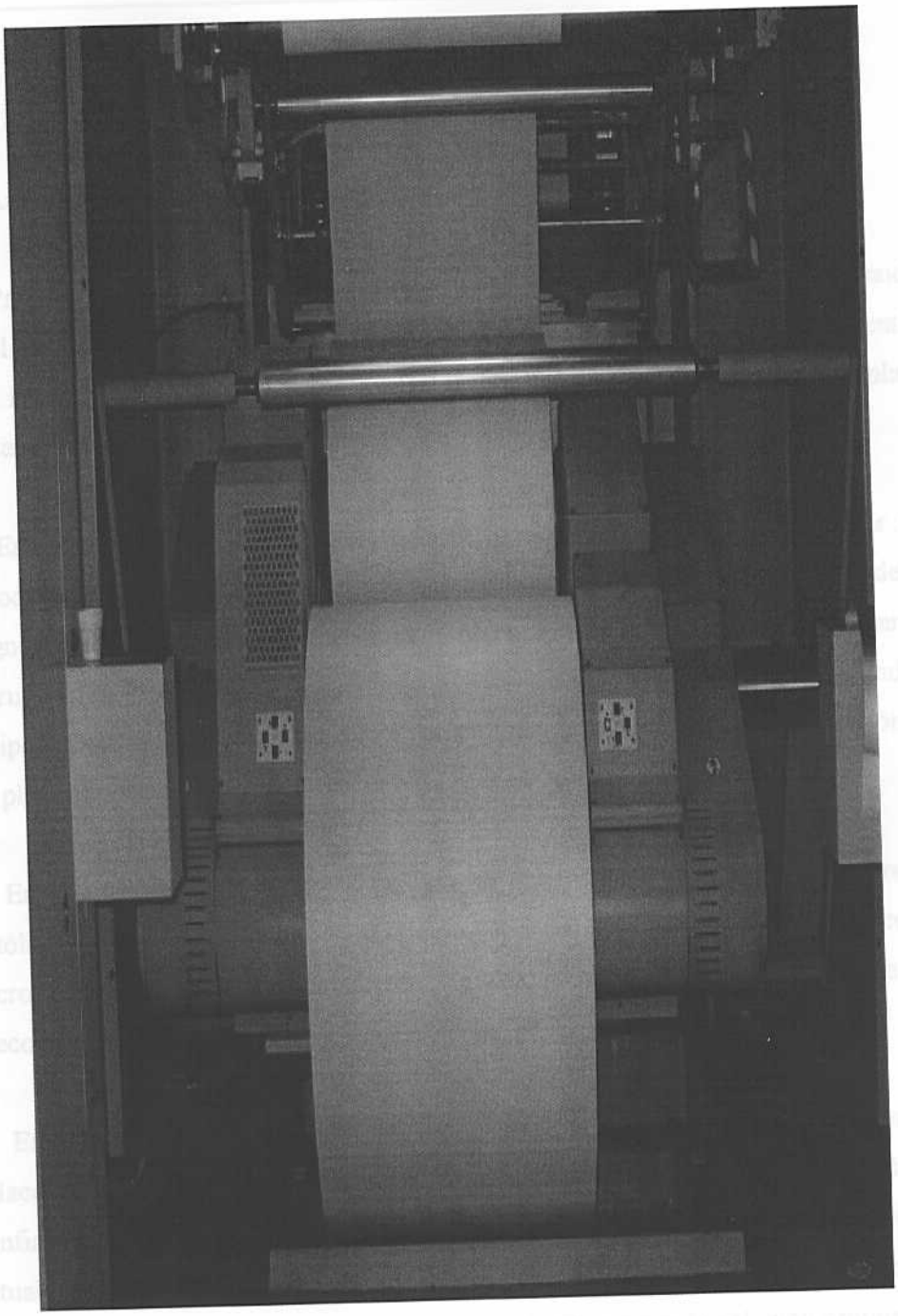
Se propone un plan de mantenimiento preventivo basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático.

F. Limitaciones de la investigación

La profundidad del estudio estadístico de la confiabilidad y análisis de falla será determinado por la accesibilidad de la información y por las posibles complicaciones de cálculo.

La dificultad de comparar desde el punto de vista financiero el plan propuesto versus el plan actual de mantenimiento, por carecer este último de una estructura de costos bien definido.

Debido a la inexistencia de un registro y análisis detallado de fallas y un correcto control del inventario de repuestos, se dificulta la elaboración de una correcta política de mantenimiento preventivo que evite la aparición de averías frecuentes y una correcta política de inventarios de repuestos.



CAPÍTULO III

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes de la investigación

Para el año 1998 E. Prieto realizó un trabajo de grado para la Universidad Católica Andrés Bello de titulo "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos que conforman la línea de producción de una planta procesadora de aves beneficiadas"

Esta investigación, de carácter descriptivo, sirve de base para establecer una metodología para el diseño del plan preventivo de mantenimiento, donde se diagnostica la gestión actual, se levanta un inventario de activos fijos, se elaboran las instrucciones técnicas del mantenimiento preventivo, determina la criticidad de equipos, diseña la orden de trabajo, y, por último, se realiza un análisis económico del plan propuesto.

En el año 2002, M. González realizó un trabajo de grado para la Universidad Católica Andrés Bello titulado "Estudio de la confiabilidad en equipos de enlaces de microondas de alta criticidad en la red celular de una empresa de telecomunicaciones"

Este trabajo trata del estudio del funcionamiento de los equipos y sistemas de enlaces de microondas. Su objetivo, como lo indica el título es estudiar la confiabilidad de los equipos de enlaces de microondas determinando la confiabilidad actual, investigando y analizando posibles causas de fallas, proponiendo soluciones para mejorar la confiabilidad, así como estimar la misma con la solución propuesta.

Con los resultados del estudio se puede observar el comportamiento particular de los sistemas y equipos de enlace de microondas, se determina el sistema de enlace más confiable y las posibles implicaciones en la empresa. Esta investigación sirve de

guía para el análisis del sistema en estudio y el cálculo de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos que conforman la imprenta rotativa.

En el año 2003 D. Herrera y C. Moreno realizó un trabajo de grado para la Universidad Católica Andrés Bello titulado "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa fabricante de artículos de plástico"

Ésta investigación plantea a la empresa la realización de un plan de mantenimiento preventivo como objetivo general, en donde se diagnostica la situación del mantenimiento por medio de la norma COVENIN 2500-93, se realiza un inventario de equipos e instalaciones, se determina la criticidad de los equipos, la documentación de las rutinas de mantenimiento, la programación y ejecución de órdenes de trabajo, los indicadores de gestión, control de costos, herramientas y repuestos. Todos estos elementos se relacionan directamente para diseñar la organización de mantenimiento necesario. Este estudio sirve de guía para el diseño del plan de mantenimiento de la imprenta rotativa, ya que para esto se debe seguir la misma metodología aplicada.

B. Teoría de plan y programa

Un plan es el archivo de una serie de respuestas (o de reglas de actuación) que el *sistema inteligente desarrollará una después de la otra.*

Planificar es definir cursos de acción futuros, basados en estrategias alineadas a nuestras capacidades y orientadas al mercado, es la mejor manera de trabajar minimizando esfuerzos y maximizando resultados.

La planificación debe limitarse a intentar disminuir, de la manera que sea posible, las incertidumbres que nos depara el futuro. Consiste en establecer previsiones de cara a alcanzar los objetivos deseados, en lugar de limitarse a reaccionar ante los sucesos o las circunstancias que se vayan presentando. Una importante consecuencia de la planificación y la programación está en el compromiso con la decisión tomada. Planificar es decidir qué se ha de hacer.

Un programa es un plan para llevar a cabo los objetivos. Se trata de prever con anticipación los recursos necesarios para lograr los objetivos, de manera que se concilien los medios que se solicitan con los medios que se ofrecen, o sea, aquellos que la empresa tiene o debe tener disponibles.

Programar es disponer en el tiempo, con antelación, los diferentes medios necesarios.

Para programar una actividad hay que descomponerla en etapas y a estas en operaciones, en las que se indican los medios y el tiempo necesario para ejecutarlas, además de establecer una jerarquía dentro de los diversos programas a fin de que no se produzcan obstrucciones, y el grado de detalle de los programas.

Un programa no ha de preverlo todo, ya que podría perderse mucho tiempo; hay que programar los aspectos mas importantes para poder conseguir los objetivos que se hayan propuesto.

C. Bases teóricas del mantenimiento

1. Teoría de mantenimiento:

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios. (Alcalá, 1998).

Para poder garantizar la confiabilidad operacional de sistemas y equipos, el mantenimiento debe ser ejecutado de manera continua y permanente a través de planes que contengan fines, metas y objetivos precisos y claramente definidos. La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

La filosofía del Mantenimiento es disponer de un grupo mínimo de recursos humanos de Mantenimiento capaz de garantizar optimización de producción, confiabilidad de equipos, y la seguridad en la planta industrial.

a. Cultura Organizacional del Mantenimiento:

Para efectos de la realización de este trabajo de grado, asumimos que empresas como las que administran servicios o generan bienes tienen cultura organizacional de mantenimiento cuando cumplen las siguientes funciones y características:

1) Mantenimiento como actividad fundamental.
2) Gerencia de mantenimiento.
3) Ahorro de recursos, disminución de costos.
4) Tiende a entrega a tiempo, cero fallas, información interna, cero desperdicios, valor agregado.
5) Uso de parámetros estadísticos de mantenimiento (mantenibilidad, confiabilidad, disponibilidad).
6) Logística de mantenimiento, manuales de mantenimiento.
7) Personal Técnico, Ingenieros de Mantenimiento, Obreros Especializados.
8) Permanencia como organización.

La cultura de confiabilidad es un proceso de mejoras continuas con un enfoque de conocimiento y realizaciones de resultados fuertes e impresionantes.

b. Objetivos del mantenimiento:

1) Reducir los costos de producción

Los objetivos específicos de la función de mantenimiento, mediante los cuales se reducen los costos de producción y consecuencialmente aumentan las ganancias de la empresa, son los siguientes:

a) Optimizar el tiempo de los equipos e instalaciones con el mínimo costo.

b) Garantizar la vida útil de los equipos e instalaciones.

c) Maximizar el aprovechamiento de los recursos.

d) Reducir los costos de operación y reparación.

2) Garantizar la seguridad industrial

El mantenimiento y la seguridad industrial están íntimamente relacionados, debido a que la seguridad industrial depende en gran medida de la aplicación de normas satisfactorias de mantenimiento. El personal de mantenimiento se encuentra más a menudo en situaciones peligrosas en función de sus funciones o tareas y por ello, existe una clara necesidad de someterla a un cuidadoso y planificado entrenamiento sobre normas y prácticas de seguridad industrial.

c. Funciones del mantenimiento:

El cumplimiento de los objetivos del mantenimiento se logra a través de la realización de un conjunto de funciones específicas. En primer lugar es necesario establecerlas por escrito, indicando las responsabilidades inferidas para cada uno de los trabajadores del mantenimiento. En segundo lugar se deben dar a conocer, extensiva e intensivamente, a todo el personal, de forma tal que cada uno conozca específicamente sus tareas y responsabilidades.

Alguna de las funciones fundamentales que se deben realizar son las siguientes:

1) Seleccionar y adiestrar al personal para asumir las tareas y responsabilidades del mantenimiento.

2) Establecer y desarrollar la planificación y programación de los trabajos.

3) Establecer los arreglos, acuerdos y comunicaciones necesarias para retirar de servicio los equipos e instalaciones que lo justifiquen, de acuerdo con el mantenimiento planificado para ello.

4) Preparar y reacondicionar los equipos de producción, de transporte, mantenimiento y las instalaciones, conservándolos en condiciones eficientes de operación y uso.

5) Desarrollar nuevos y mejores procedimientos y normas, con el fin de recopilar y mantener al día toda la información de materiales, nuevas herramientas, piezas de repuesto y los procedimientos técnicos en relación con los trabajos de mantenimiento.

6) Establecer y controlar los niveles óptimos de inventario de piezas de repuestos, partes de recambio y materiales.

7) Mantener en buen estado los dispositivos de seguridad y establecer el cumplimiento en las normas de seguridad.

El mantenimiento no es solo conservar sino coincidir con las demás actividades de la empresa en la obtención de la más alta productividad.

d. Tipos de mantenimiento:

1) Mantenimiento correctivo:

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento se pueden contemplar dos tipos de enfoques: el mantenimiento de campo o de arreglo, y el mantenimiento curativo o de reparación. El primero se encarga de la reposición del funcionamiento sin eliminar la causa de la falla. Y el segundo se encarga de la reparación de la causa que produjo la falla.

2) Mantenimiento Preventivo:

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se

confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias.

Ventajas:

a) Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.

b) El cuidado periódico conlleva a un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

c) Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.

d) Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

3) Mantenimiento Predictivo:

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

e. Políticas del mantenimiento

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un Plan de Operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización. Este Plan permite desarrollar paso a paso una actividad programa en forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos puntos que el Plan de Operaciones debe contener:

1) Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.

2) Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.

3) Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.

4) Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento, y la hora en que deben de finalizar.

5) Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.

6) Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.

7) Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en caso sea necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.

8) Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.

9) Planos, diagramas, información técnica de equipos.

10) Plan de seguridad frente a imprevistos.

Uno de los aspectos más resaltantes para poder llevar a cabo un plan de operaciones, es el estudio de la tasa de falla que tienen los equipos a lo largo de su vida operativa, llevando un seguimiento de la zona (mortalidad infantil, vida útil, desgaste) en que se encuentran, con el fin de establecer las políticas de cantidad y calidad de mantenimiento a realizarse, o de reemplazo de equipos.

La representación clásica de la tasa de falla en función del tiempo es conocida como la curva de la bañera (ver figura 2).

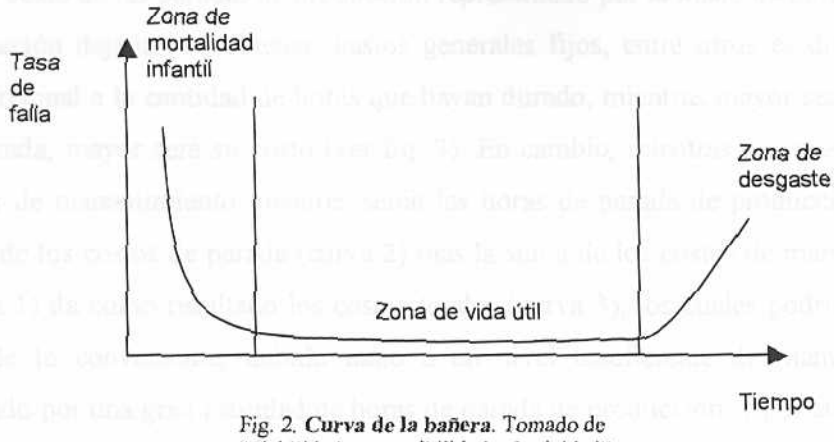


Fig. 2. **Curva de la bañera**. Tomado de "Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad". Tomado de A. Sols, 2000

La primera de las tres zonas, conocida como de mortalidad infantil, presenta una tasa de fallos decreciente. Es el caso de una población de equipos en la que parte de ellos han resultado ser producidos con unas características inferiores a las especificaciones de diseño. Una vez haya fallado esa parte de la población, se entrará en una zona de tasa de fallos constante (o razonablemente constante), hasta que llegue un momento en que la utilización acumulada por los equipos empiece a producir una frecuencia de averías cada vez mayor (tasa de fallos creciente, característica de la zona de desgaste). No quiere ello decir que las tasas de fallos de todos los componentes o sistemas posean un aspecto como el indicado en la curva de la bañera, con sus tres zonas indicadas. Es simplemente una representación gráfica de los aspectos que puede tener la tasa de fallos de un dispositivo. La curva de la bañera tiene una gran utilidad en la decisión sobre la conveniencia o no de reemplazar componentes en servicio. Así sustituir un componente que se encuentre en la zona de desgaste tiene sentido, pero en cambio sustituir uno cuya tasa de fallos esté resultando constante puede resultar perjudicial, pues en el mejor de los casos no se gana nada, y por el contrario pueden introducirse fallos infantiles en el sistema.

Para ello se crea un plan donde se analicen los posibles arreglos o reemplazos de los equipos, tomándose en cuenta los costos relacionados con el mantenimiento y analizando si es conveniente realizar el plan o no. Esto se consigue planificando, programando, controlando y analizando los trabajos de mantenimiento.

El costo de las paradas de producción representado por la mano de obra ociosa, la producción dejada de obtener, gastos generales fijos, entre otros es directamente proporcional a la cantidad de horas que hayan durado, mientras mayor sea el tiempo de parada, mayor será su costo (ver fig. 3). En cambio, mientras mayores sean los gastos de mantenimiento menores serán las horas de parada de producción, así las suma de los costos de parada (curva 2) mas la suma de los costos de mantenimiento (curva 1) da como resultado los costos totales (curva 3), los cuales podrían ser mas alto de lo conveniente, debido tanto a un nivel insuficiente de mantenimiento, indicado por una gran cantidad de horas de parada de producción, y por el contrario, debido a una aplicación excesiva de mantenimiento, sus costos se elevan demasiado indicando pocas horas de parada de producción, en consecuencia habrá un nivel óptimo para el cual los costos totales serán mínimos. Precisamente ese nivel determina la optimización de la disponibilidad de los equipos e instalaciones.

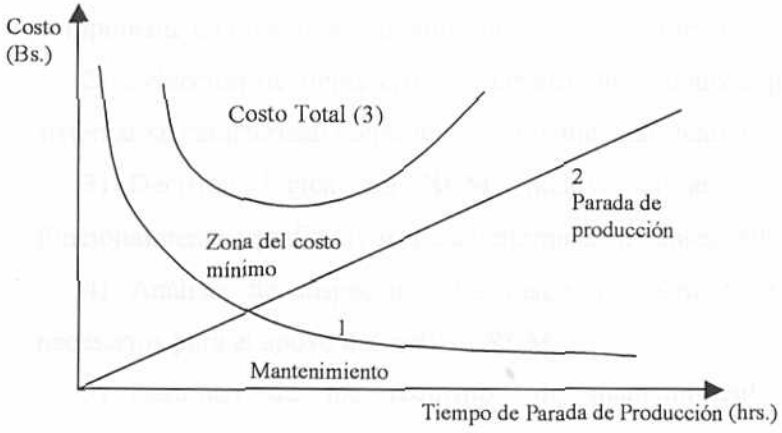


Fig. 3. **Curva de costos**. Tomado de "Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad". Tomado de A. Sols, 2000

g. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. Desarrollada por la United Airline de Estados Unidos, el RCM analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla

son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo.

La idea central del RCM es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

El proceso de análisis global del RCM se resume como sigue:

1) Análisis de fallos funcionales. Define el funcionamiento del componente en un equipo, su fallo funcional, y sus efectos de fallo.

2) Selección de ítems críticos. Determina y analiza que componentes, sistemas se caracterizan como funcionalmente significativos.

3) Decisión lógica del RCM. Incluye el análisis de los ítems funcionalmente significativos, para determinar la consecuencia del fallo.

4) Análisis de inspección. La inspección determina qué datos son necesarios para el apoyo del análisis RCM.

5) Resumen de los requisitos de mantenimiento. Determina la agrupación de los requisitos óptimos del nivel de mantenimiento que se practica.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, como herramienta estructurada de análisis a partir de la información específica de los equipos y la experiencia de los usuarios, trata de determinar qué tareas de mantenimiento son las más efectivas, así mejorando la fiabilidad funcional de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos y minimizar el costo de mantenimiento. El análisis progresa desde las fallas potenciales más críticas hacia las menos críticas.

Los resultados que se obtienen son:

1) Programas de mantenimiento focalizados en lo más crítico.
2) Aprovechamiento eficiente de los recursos.
3) Disminución de riesgos en la seguridad de personas, medio ambiente y activos físicos.
4) Protección e incremento de la velocidad con que la empresa genera dinero a través de las ventas.
5) Eliminación o reprogramación de tareas cíclicas que pueden introducir riesgos (desestabilización de sistemas).

h. Relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad

La disponibilidad es una función de la confiabilidad y mantenibilidad. Una mayor disponibilidad del sistema implica la disminución del número de fallas y el aumento del tiempo de servicio o de funcionamiento de los equipos, esto es, un aumento de la confiabilidad. Del mismo modo, el aumento de la disponibilidad puede ser consecuencia de la disminución de la duración de las fallas, esto es un aumento de la mantenibilidad (Díaz A., oc).

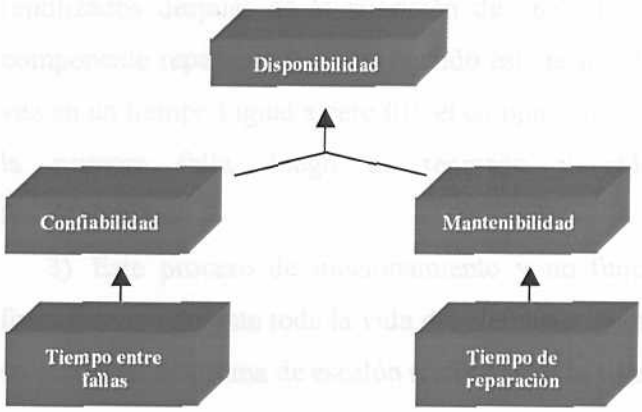


Fig. 4. **Relación entre confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad.** Fuente: Los Autores

i. Diferencia entre sistema y componente:

El término sistema se utiliza comúnmente para referirse a un conjunto de elementos que ordenadamente relacionados entre si, contribuyen a un determinado fin u objetivo. Los elementos que conforman el sistema normalmente reciben el nombre de "componentes". En la mayoría de los casos, los componentes son, a su vez sistemas, compuestos también por elementos.

Para estudiar con más facilidad un sistema complejo es necesario identificar y definir claramente el sistema, sus límites y sus funciones; además es preciso descomponer el sistema en módulos o subsistemas cuyas características sean más sencillas de estudiar.

j. Estudio por componentes:

Los componentes que forman un sistema pueden ser reparables o no reparables:

1) Componentes no reparables: son aquellos que una vez que han fallado son reemplazados por un equipo nuevo, ya que no resulta factible repararlos por las implicaciones técnicas o económicas que amerita la reparación.

2) Componentes reparables: son aquellos que pueden ser reparados y reutilizados después de la aparición de una falla. El ciclo de vida de un componente reparable se inicia cuando éste es puesto en marcha por primera vez en un tiempo t igual a cero (0), el componente opera hasta que se produce la primera falla, luego es reparado y colocado nuevamente en funcionamiento.

3) Éste proceso de funcionamiento y no funcionamiento se repite de forma cíclica durante toda la vida del elemento, para representar este proceso se utiliza un diagrama de escalón similar al de la siguiente figura:

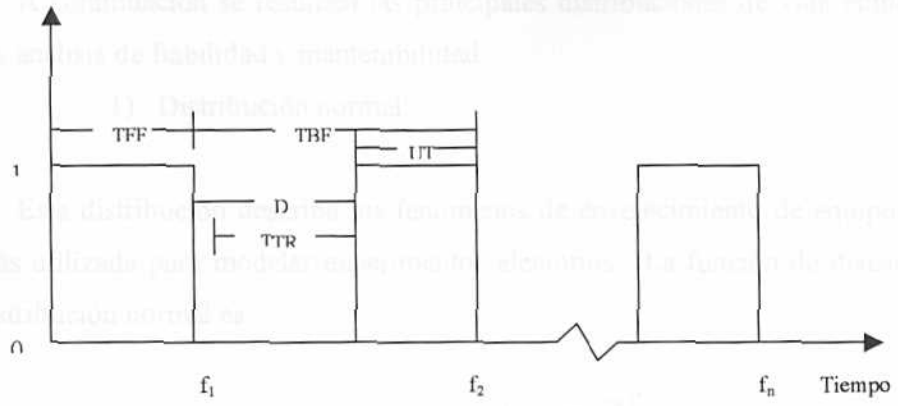


Fig. 5. **Diagrama de bloque.** Tomado de "Aplicaciones de la confiabilidad en ingeniería de mantenimiento". J. C. Ligeron, 1984

El componente puede estar en dos posibles estados, operación (1) y no operación (0).

Además se observan cinco (5) elementos adicionales correspondientes al periodo de duración de un evento, son:

a) TFF (time to first failue): es el tiempo transcurrido desde que comienza a funcionar, hasta que se produce la primera falla.

b) DT (down time): tiempo transcurrido desde que el componente falla hasta que vuelva a ser puesto en funcionamiento.

c) TTR (time to repair): tiempo de duración de reparación.

d) UT (up time): tiempo entre dos fallas consecutivas, en el cual, el componente permanece operativo.

e) TBF (time between failures): tiempo que transcurre entre la aparición de una falla hasta la siguiente falla, es decir, es la suma del tiempo operativo y no operativo transcurrido entre dos fallas consecutivas.

k. Distribuciones de vida:

A continuación se resumen las principales distribuciones de vida empleadas en los análisis de fiabilidad y mantenibilidad.

1) Distribución normal:

Esta distribución describe los fenómenos de envejecimiento de equipos, y es la más utilizada para modelar experimentos aleatorios. La función de densidad de la distribución normal es

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Donde μ es la media (que coincide con la mediana y con la moda) y σ es la desviación típica.

2) Distribución log-normal:

Ésta distribución se utiliza para el análisis de confiabilidad general, ciclos de falla por fatiga, resistencia de materiales, y cargar variables en diseño probabilístico. Se dice que es log-normal cuando los logaritmos de los tiempos hasta la falla están normalmente distribuidos. Su función densidad es,

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\{-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\sigma^2}\} \quad x>0$$

Donde α es el factor de escala y σ es el factor de forma.

3) Distribución weibull:

Su característica más importante es la existencia de un parámetro de forma β que permite a la distribución tomar formas diversas. La función densidad viene dada por,

$$f(x,\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^{\alpha}}$$

Donde β es el facto de escala (que se mide en las mismas unidades que x) y α es el factor de forma (adimensional). Cuando $\beta = 1$ la distribución de Weibull devuelve la distribución exponencial con:

$$\lambda = \frac{1}{\beta}$$

4) Distribución exponencial negativa:

Describe las fallas de equipos durante su vida útil. Los sistemas complejos cuyos componentes estén sometidos a una continua sustitución de partes, se comportan de acuerdo a esta distribución. Esta distribución se caracteriza por su simplicidad, razón por la cual es ampliamente usada en el modelo de la confiabilidad de sistemas complejos. La tasa de fallos es constante. Su función densidad viene dada por la siguiente expresión,

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

La función tasa de fallo de una distribución de vida se obtiene a partir de su función de densidad y su función de confiabilidad,

$$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

La confiabilidad o probabilidad de supervivencia de una distribución viene dada por,

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

I. Glosario de términos:

1) *Confiabilidad:* es la probabilidad de que un equipo realice su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

2) *Mantenibilidad:* es la probabilidad de que un dispositivo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado luego de la aparición de una falla y cuando el mantenimiento es realizado en condiciones y con los medios establecidos.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

3) *Disponibilidad:* es la probabilidad de que el sistema funcione satisfactoriamente en un instante determinado.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

4) *Falla:* es la disminución ó pérdida de la función del componente con respecto a las necesidades de operación que se requieren para un momento determinado. Es la incapacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado. Esta condición puede interrumpir la continuidad o secuencia ordenada de un proceso, donde ocurren una serie de eventos que tienen más de una causa.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

5) *Falla funcional:* Es la incapacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado. Por ejemplo, un equipo deja de funcionar totalmente.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

6) *Fallas Parciales:* Se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional. Por ejemplo, el elemento no cumple un estándar o parámetro establecido de su servicio.

(http://www.monografias.com/trabajos16/confiabilidad/confiabilidad.shtml)

7) *Tasa de falla:* es la tasa a la que ocurren los fallos en un intervalo $[t_1, t_2]$, se define como la probabilidad de ocurrencia de un fallo por unidad de tiempo en el intervalo, supuesto que el fallo no se ha producido antes de t_1. (Sols, A)

D. Descripción del sistema neumático

En todo sistema neumático se conduce el aire desde un compresor por un tubo o una manguera de caucho hasta el equipo, la que puede estar a una buena distancia del compresor, no es necesario disponer tuberías de retorno. También está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas. Este reduce en muchos casos el esfuerzo físico y permite la reducción de los costos.

Además no es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio, el aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. También es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas. Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas

El sistema al cual se le va a realizar el estudio comienza, como se dijo anteriormente, en los compresores, que son los encargados de suministrar el aire *comprimido a toda la planta. Los componentes que incluyen el sistema en estudio* son 2 compresores, 6 porta bobinas, 6 unidades de impresión, 1 superestructura, 2 folder y 4 líneas de despacho.

E. La imprenta rotativa

A diferencia de las prensas de cilindro las cuales emplean papel en pliegos, la rotativa la desenvuelve de una bobina e imprime el papel por ambos lados, a medida que pasa por entre los rodillos impresores. En 1846 Richard M. Hoe obtuvo la patente de la primera prensa rotativa, y eliminó la platina que se utilizaba en las

máquinas de cilindro y colocó los moldes en cilindros giratorios, cada uno de los cuales tiene su propio cilindro impresor.

Con el desarrollo de la litografía surge en 1905 el proceso offset, a través del cual un original es reproducido con aditamentos químicos sobre una lámina o placa de aluminio (foto offset), que posteriormente es montada en los rodillos de la prensa donde a su vez hace contacto con una mantilla de caucho. Cuando se acciona la prensa, esta mantilla reproduce la imagen sobre el papel. Este procedimiento permite que los trabajos de impresión tengan una calidad sin precedente. Las planchas que se usan hoy en las rotativas incluyen textos y grabados. A fin de que se adapten a los cilindros, se les da forma de curva.

Al terminar la operación, los pliegos impresos, quedan propiamente doblados, pues, por lo general, se acopla una plegadora al frente de la prensa. Para evitar que las hojas impresas se manchen al doblarlas, muchas prensas rotativas tienen dispositivos eléctricos o de gas, que secan la tinta. La gran velocidad a la que pasa el papel no permite que el calor generado por dichos dispositivos lo queme.

Los modernos procedimientos han determinado que la impresión sea más rápida y económica, lo que hace posible satisfacer las necesidades, siempre en aumento, de un creciente numero de lectores. Las rotativas además de simplificar los tiempos, sirven para grandes tirajes, lo que las hace ser el tipo de prensa más adecuado para la impresión de periódicos.

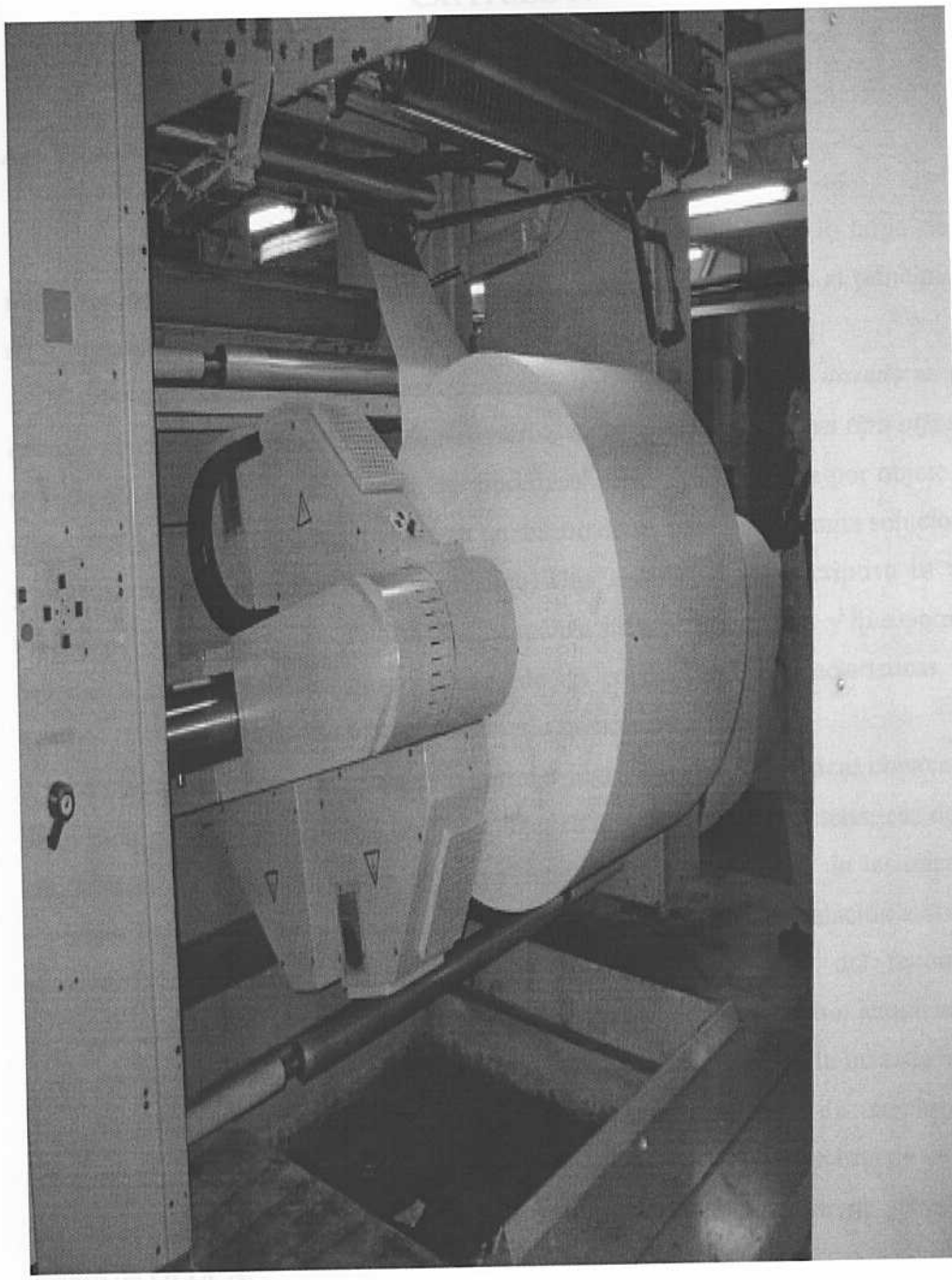
F. Teoría de administración

La administración se define como el proceso de diseñar y mantener un ambiente en el que las personas trabajando en grupo alcance con eficiencia metas seleccionadas. Esta se aplica a todo tipo de organizaciones bien sean pequeñas o grandes empresas lucrativas y no lucrativas, a las industrias manufactureras y a las de servicio.

La administración es un órgano social específicamente encargado de hacer que los recursos sean productivos, refleja el espíritu esencial de la era moderna, es indispensable y esto explica por que una vez creada creció con tanta rapidez y tan poca oposición. Además busca el logro de objetivos a través de las personas, mediante técnicas dentro de una organización. Ella es el subsistema clave dentro de un sistema organizacional. Comprende a toda organización y es fuerza vital que enlaza todos los demás subsistemas.

El módulo de Administración del Mantenimiento, permite a la empresa, tener un registro de todos los aspectos relacionados con el mantenimiento de los equipos y herramientas, que participan directa o indirectamente en el ciclo productivo del negocio. Este módulo permite el manejo del trabajo de mantenimiento por medio de órdenes de trabajo y la visualización gráfica de los componentes y las partes.

Al momento de incurrir a la administración del mantenimiento se toman en cuenta los costos que esta requiere, estos análisis son muy importantes para descubrir si el proceso es más costoso de reparar cuando se estropea que el costo del Mantenimiento preventivo, ya que analizando los resultados obtenidos, estudiando y recomendando las innovaciones que se desean y sean oportunas introducir, es que se procederá a obtener los resultados máximos con el costo mínimo.



CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV
MARCO METODOLÓGICO

A) Tipo de investigación

Esto nos indica el nivel de profundidad que se quiere obtener a lo largo de la investigación y que debe quedar reflejado en los objetivos planteados al principio y no los resultados del proyecto.

El proyecto industrial ***"Propuesta de un Plan de Mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático de la imprenta rotativa tipo offset"***, se basa en el nivel de investigación del tipo descriptiva[2], ya que tiene por objeto, la elaboración de una propuesta, basada en un diseño de un plan que permita solucionar y organizar una necesidad de tipo práctico. Una investigación descriptiva es una investigación inicial y preparatoria que se realiza para recoger datos y que permite ordenar el resultado de las observaciones de las conductas, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos y hechos.

Con antelación nos acercaremos en primer lugar a un área temática, obteniendo una visión general del tema. En segundo lugar se identifican las características de las variables en estudio, realizando en forma detallada una descripción de las mismas. En tercer lugar, conocer el fenómeno en forma exhaustiva y la interrelación entre los elementos constitutivos. En cuarto lugar, se buscan las causas del fenómeno estudiado. En quinto lugar, a través de una comprensión del fenómeno, anticiparse a comportamientos futuros. Con esto, al final se llega al propósito de la investigación, desarrollar una propuesta, basada en un diseño para la creación de un plan que permita solucionar una necesidad de tipo práctico, como lo es la propuesta de un plan de mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad del sistema neumático dentro de OLUCA.

El estudio estadístico realizado es de tipo cuantitativo[3], es decir, se tomaron los tiempos de vida de todos los componentes que han sido instalados para mantener en

[2] http://www.monografias.com/trabajos14/la-investigacion/la-investigacion.shtml#tipos
[3] http://www.monografias.com/trabajos14/la-investigacion/la-investigacion.shtml#tipos

operación la imprenta rotativa durante 3 años.

B) Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, responde a la forma de cómo el investigador va a darle respuesta a sus objetivos, a nivel de contexto, de tiempo y de manipulación de variables.

A nivel de contexto, la estrategia escogida para dar respuesta a los requerimientos del trabajo de grado, fue en primer lugar un diseño bibliográfico[4], ya que se requería un dominio de los temas como, teoría de plan y programa, teoría de mantenimiento, estudio de confiabilidad de equipos, entre otros; temas que están muy relacionados con el proyecto industrial, para soportar teóricamente la investigación. Siendo el diseño bibliográfico aquel en donde los datos ya han sido recolectados en otras investigaciones y son conocidos mediante los informes correspondientes. En segundo lugar, la estrategia escogida fue diseño de campo, ya que fue necesaria la recolección de información directamente de los registros y de las fuentes vivas. El diseño de campo[5] se refiere a los métodos empleados cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo.

A nivel de manipulación de variables, la estrategia escogida fue el estudio expostfacto[6], ya que las variables, son tomadas tal como se presentan, en estos diseños la expresión ex-post-facto hace referencia a un tipo de investigación en la cual el investigador no introduce ninguna variable experimental en la situación que desea estudiar por el contrario, examina lo efectos que tiene una variable que ha actuado u ocurrido de manera normal u ordinaria. A nivel de tiempo, por tratarse de una investigación descriptiva, se utilizó el diseño transaccional o transversal descriptivo[7], el cual estudia las características del objeto de interés durante un período de tiempo puntual, es decir, en un momento determinado.

---

[4]http://server2.southlink.com.ar/vap/DISENO%20DE%20LA%20INV.htm
[5]http://server2.southlink.com.ar/vap/DISENO%20DE%20LA%20INV.htm
[6]http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=cursos.VisualizaCursoVirtualIU.visualiza&pro yecto_id=441&cursoVirtual_id=189
[7]http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182002000200007&script=sci_arttext

Los datos fueron recopilados del historial que guarda la empresa de la fecha de instalación. El intervalo de tiempo de estudio de los datos ha sido seleccionado desde el 20 de mayo de 2002 hasta el 30 de septiembre de 2004.

Este diseño es de carácter factible, ya que se elabora una propuesta, un modelo operativo viable, o una solución posible, para satisfacer una necesidad y solucionar un problema.

C) Fases de la investigación:

Fase 1: Levantamiento de información

En esta etapa de la investigación se realiza un levantamiento de los registros históricos de fallas, así como también, toda la información referente a los equipos involucrados en los diferentes procesos a analizar del sistema neumático.

Fase 2: Estudio estadístico de los datos

Basados en los registros de los tiempos entre fallas de los diferentes componentes que conforman el sistema neumático, se procede a calcular la confiabilidad de cada componente, utilizando el software Minitab para el ajuste de los datos.

Fase 3: Establecimiento de la ruta crítica

Para establecer la ruta crítica del sistema, se toma en cuenta la frecuencia de falla de cada componente y en base a esto se establece un orden jerárquico para planificar el mantenimiento.

Fase 4: Diseño del plan de mantenimiento:

Una vez hecho el levantamiento del sistema, el cálculo de la confiabilidad de cada componente y la criticidad de cada componente, se procede a diseñar el plan de

mantenimiento preventivo, en el cual se incluye la elaboración y programación de rutinas de mantenimiento, la orden de trabajo, la creación de indicadores que ayuden a la empresa a evaluar la correcta gestión de mantenimiento una vez implementado el plan que se propone.

Fase 5: Análisis Costo:

Consiste en estudiar, si para la propuesta del plan se generan excesos de costos o si por el contrario se mantienen o disminuyen. Los costos involucrados se reflejan en la posibilidad de un cambio en la cantidad de personal para el mantenimiento, en la reorganización de las herramientas, repuestos e inventarios y en la manera de poder *reducir los gastos administrativos.*

D) Selección de la población y muestra

La unidad de estudio se refiere al contexto, ser o entidad poseedores de la característica, evento o variable que se desea estudiar. Se han establecido como unidades de estudio a la Operadora la Urbina C.A., dentro de ésta se encuentra la población referencial, la cual es el conjunto de fuentes de las cuales se va a obtener la información. Se estableció como población a todos el personal que conforma el departamento de mantenimiento y a la máquina rotativa. El equipo de mantenimiento se encuentra conformado por un Gerente de Mantenimiento y dos Supervisores, uno en el área eléctrica y otro en el área mecánica. El resto del equipo es el encargado de realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo y está conformado por tres (3) TSU en electrónica, tres (3) TSU en mecánica y tres (3) ayudantes.

La muestra se define como un subconjunto de la población. En este proyecto se estableció como muestra al sistema neumático de la Rotativa.

E) Variables y operacionalización

En toda investigación, es necesario identificar con claridad cuales son las variables a estudiar, ya que esto nos señala el significado que posee para el investigador, la cual, estará en función de su postura teórica o modelo epistémico.

Las variables estudiadas están relacionadas estrechamente con el sistema de mantenimiento que se utiliza en estos momentos. Como se ha expuesto anteriormente, la falta de un plan de mantenimiento basado en un estudio estadístico y un formato para estandarizar todas las operaciones que maneja la Gerencia de Mantenimiento, no permite llevar un control de todas las operaciones y de las técnicas actuales que permitan mejorar el ambiente de trabajo y la productividad de la planta.

Para poder utilizar las variables, es necesario operacionarlas. Este procedimiento nos permite descomponer cada variable en los elementos que lo componen, a fin de facilitar el proceso de medición o registro. En la operacionalización de variables el primer paso consiste en hacer la definición conceptual de la variable, a través de la cual podremos extraer aspectos específicos que componen la variable y que pueden ser medidos en forma independiente, pero que en conjunto conforman la variable en cuestión. En el segundo paso son ejecutados los aspectos de las variables que pueden ser medidos en forma independiente, llamados dimensiones o sinergias, que se refieren a las áreas de conocimientos en las cuales quedan integradas las variables. En el tercer paso, los indicadores, como características observables y de fácil identificación, nos permiten indicar cuando la variable esta presente. En el cuarto paso, se indican los parámetros, estos son los valores que poseen los indicadores de cada variable.

Variable	Dimensión	Preguntas
Plan de Mantenimiento	Personal	¿Qué cantidad de personal tendrá a su cargo el mantenimiento? ¿Qué especialidad debe tener cada operario para realizar el mantenimiento? ¿El personal cumple con las normas establecidas por la Gerencia de Mantenimiento?
	Tiempo	¿Qué tiempo se requiere para la realización del mantenimiento de cada equipo e instalaciones? ¿Se verifica el cumplimiento del tiempo pautado para el mantenimiento?
	Rutinas de mantenimiento	¿Con que frecuencia se debe realizar el mantenimiento? ¿Se cumplen las rutinas pautadas para el mantenimiento? ¿Son cumplidos a cabalidad todas las actividades pautadas para cada rutina?
	Herramientas	¿Qué herramientas se necesitan para la ejecución de la función de mantenimiento? ¿El personal cuenta con las herramientas necesarias para la realización del mantenimiento? ¿La empresa lleva un inventario de las herramientas existentes?
	Repuestos	¿Con que cantidad de repuestos se debe contar para garantizar una alta disponibilidad de los equipos e instalaciones? ¿Se encuentran disponibles los repuestos en el momento justo? ¿La empresa lleva un inventario de los repuestos existentes?
	Orden de Trabajo	¿La empresa cuenta con un formato donde se registre la información necesaria para llevar un buen control de la gestión del mantenimiento? ¿Qué datos son necesarios registrar en la orden de trabajo para llevar un control sobre la gestión de mantenimiento?
	Equipos	¿Qué equipos deben ser sometidos a mantenimiento? ¿Se encuentran debidamente identificados los equipos que conforman el estudio?

Tabla 2. **Variables y operacionalización**. Fuente: Los autores

F) Instrumentos de recolección de datos

En el proyecto industrial fueron muchas las técnicas utilizadas para obtener la información requerida, fue necesaria la revisión bibliográfica canalizando los contenidos de todos aquellos libros y documentos publicados de donde se extrajo información referente a las diversas áreas que conforman el tema de mantenimiento, como también fuentes vivas de observación directa, constituidas en observaciones de campo dentro de las instalaciones de la Operadora la Urbina C.A, también se incurrió a la búsqueda de datos en los registro históricos de fallas suministrados por la empresa, para esto solo fue necesario la utilización del computador como herramienta de trabajo.

G) Análisis de los datos

La estrategia utilizada para la obtención y análisis de la información requerida para la realización del estudio estadístico comprende los siguientes pasos:

1. Estudio del comportamiento estadístico de cada componente: para esto se realizó un estudio estadístico de su comportamiento de vida, este estudio consistirá en determinar una función matemática que describa el tiempo de vida de cada componente del sistema neumático. Para esto se sigue la siguiente metodología:

   a. Determinación de parámetros poblacionales: los datos de tiempos de vida de cada componente se ajustaron a las distribuciones que normalmente son empleadas para describir las características de confiabilidad de equipos en general (weibull, exponencial, normal, log normal) y estas arrojaron el valor de cada parámetro poblacional. Para ello se recurrió al test de Anderson - Darling del software estadístico "Minitab" el cual proporciona el estadístico AD y los parámetros de la distribución.

   b. Bondad de ajuste: luego de obtenidos los parámetros poblacionales correspondientes a cada posible distribución, se realizó una prueba de bondad de ajuste a cada una de estas por el método Chi Cuadrado, paralelamente se utilizó

el test de Anderson - Darling para así apoyar la información y los resultados obtenidos por el método anterior.

c. Análisis de los estadísticos de contraste: En el caso de que los datos se ajustaran a dos o más distribuciones, se escoge el estadístico AD de menor valor numérico, ya que mientras menor sea el valor del estadístico, se obtendrá un mejor resultado del ajuste.

2. Estudio de las características de confiabilidad de cada componente: esto se determinó a partir de los modelos establecidos previamente. Dado que los modelos definen la función densidad, se calculó, a partir de allí, la función acumulada de probabilidades; con esta función, se operó matemáticamente para hallar la función de confiabilidad.

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Como parte del proyecto de diseño de de un Plan de Mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad, se realizó el levantamiento de información del proceso llevado a cabo actualmente por la Gerencia. Para esto se analizaron los registros guardados por la empresa y mediante encuestas realizadas a los operarios de la planta. Otro medio utilizado fue la observación directa y el análisis de los planos de la máquina para un mejor entendimiento del funcionamiento de la rotativa y para la realización del levantamiento del sistema.

La empresa no cuenta con un mantenimiento basado en algún modelo en específico que provea de herramientas de gestión y control administrativo – operacional del mantenimiento e indicadores. Tampoco posee un manual de las normas y procedimientos que la Gerencia de Mantenimiento deba seguir, donde deje clara la responsabilidad de cada miembro de dicha gerencia, las normas dentro de la misma y la manera de cómo se debe manejar la información.

Aunque no han sido puestos en práctica, la empresa cuenta con Diagramas de Procesos para el Mantenimiento preventivo y correctivo donde se visualizan los insumos necesarios requeridos por la gerencia para efectuar el Mantenimiento, además de los pasos que debe seguir el personal y obteniendo así los resultados esperados.

Además se dispone de varios formatos de las rutinas de Mantenimiento para cada componente en los cuales se lleva un registro específico del tipo de mantenimiento, las rutinas (diario, semanal, mensual, trimestral, semestral, anual), personal, componente, actividad, horario y fecha en que se realizó. Las rutinas actuales fueron tomadas directamente del manual suministrado por el fabricante, y estas se llevan a cabo sin tomar en cuenta el funcionamiento real de los equipos. Dichos formatos se encuentran archivados en carpetas, lo que hace más engorroso y complicado su uso. También utiliza un formato de tiempos de paradas de la máquina en donde se

registran las horas de producción y sus respectivos tiempos de fallas, éstos están guardados archivados en carpetas y en los correos electrónicos de los supervisores de Mantenimiento, lo que crea cierto desorden a la hora de ser utilizados.

Cabe destacar, que un requisito para un adecuado Mantenimiento con el cual la empresa no cuenta en estos momentos, es un estudio estadístico que les permita llevar un control de sus operaciones. No cuenta con indicadores ni de logística, personal, producción, u otro que les permita evaluar cualquier falla en la gestión de mantenimiento y por ende, oportunidades de mejoras.

El equipo de mantenimiento está conformado por un total de doce (12) personas que se encargan de velar por el buen funcionamiento y cumplimiento de las tareas asignadas. El equipo se encuentra dirigido por un Gerente de Mantenimiento (Ingeniero Eléctrico) y dos Supervisores, uno en el área eléctrica (Ingeniero Eléctrico) y otro en el área mecánica (Ingeniero Mecánico). El resto del equipo es el encargado de realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo y está conformado por tres (3) TSU en electrónica, tres (3) TSU en mecánica y tres (3) ayudantes.

Cada grupo de trabajo posee una (1) caja con las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento respectivo, adicionalmente, se tienen un cajón de herramientas ubicado en el taller mecánico y cuatro (4) baúles con herramientas especiales para trabajos mayores.

A. Comportamiento estadístico de cada componente

Los datos que se recopilaron de los tiempos medios entre fallas fueron sometidos a la prueba de Anderson-Darling (AD) realizada en el software Minitab para conocer a que distribución se ajustaban. El estadístico Anderson-Darling nos da una medida de lo alejadas que se encuentran las observaciones de la recta que representa la función de distribución.

Para la escogencia de la distribución que mejor se ajusta, se comparó el estadístico AD con el valor crítico 0.757 para weibull y exponencial, y 0.752 para normal y lognormal. Para muestras pequeñas (menores a N = 30), este valor debe ser ajustado por medio de la siguiente fórmula:

$$AD^* = AD\,(1 + (0.2/\sqrt{N}))$$

Los datos se ajustan a una distribución en específico, cuando el estadístico es menor que el valor crítico. Cuanto menor sea el estadístico, tanto mejor será el ajuste. A continuación se muestra una tabla con los resultados de dichos valores. (http://www.statisticalengineering.com/goodness.htm#Notes:)

	Valores del estimador Anderson - Darling			
Distribución	**Exponencial**	**Weibull**	**Normal**	**Lognormal**
Compresor Norte	3,0838	0,7699	**0,5867**	1,7231
Compresor Sur	2,441	0,888	4,519	**0,605**
Superestructura	2,56	**0,586**	5,793	0,623
Línea 1	**0,737**	0,772	1,587	1,155
Línea 2	0,82	**0,745**	2,568	0,912
Línea 3	1,616	**0,752**	1,689	0,785
Línea 4	0,864	0,88	2,27	**0,74**

Tabla 3. **Valores del estimador Anderson-Darling**. Fuente: Minitab

Las estimaciones de los parámetros poblacionales de las distribuciones de vida de cada uno de los equipos se obtuvieron mediante un paquete de datos utilizando el mismo software anterior. A continuación se muestra la distribución de dichos datos con sus respectivos parámetros poblacionales:

	Distribuciones y Parámetros Poblacionales						
Componente	Compresor Norte	Compresor Sur	Superestructura	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
Distribución	Normal	Lognormal	Weibull	Exponencial	Weibull	Weibull	Lognormal
Parámetros	μ= 8211,4 σ= 4664,5	μ'= 7,868 σ'= 1,3489	α= 0,7942 β= 5842,4	λ= 0,0000652	α= 0,9499 β= 17864	α= 1,4248 β= 23265	μ'= 9,5304 σ'= 1,0541

Tabla 4. **Distribuciones y parámetros poblacionales**. Fuente: Minitab

Conociendo la distribución y sus características para cada uno de los componentes del sistema se logró obtener la siguiente tabla con los resultados de las confiabilidades. Cabe destacar que el estudio estadístico se realizó a los componentes que presentaron un número de fallas considerables, el resto de los datos se les asignó una confiabilidad del 99% por no presentar fallas durante el período en estudio (2 años y medio).

	Confiabilidad	
	Últimas Noticias	El Mundo
Compresor Norte	97,98%	99,37%
Compresor Sur	89,54%	98,29%
Superestructura	87,26%	94,79%
Línea 1	96,90%	99,04%
Línea 2	96,80%	98,90%
Línea 3	99,20%	99,85%
Línea 4	98,17%	98,17%
Porta bobina 3	99,00%	99,00%
Porta bobina 4	99,00%	99,00%
Porta bobina 5	99,00%	99,00%
Porta bobina 6	99,00%	99,00%
Porta bobina 7	99,00%	99,00%
Porta bobina 8	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 2	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 3	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 4A	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 4B	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 5	99,00%	99,00%
Unidad Impresora 6	99,00%	99,00%

Tabla 5. **Confiabilidad de componentes**. Fuente: Los autores

Estas confiabilidades fueron obtenidas para cada producto, evaluando en el tiempo de producción respectivo. El tiempo de producción diaria de *El Mundo* es de dos horas y media aproximadamente, y el del *Últimas Noticias* es de ocho horas.

B. Determinación de la Criticidad de los equipos:

Como se mencionó anteriormente, todos los equipos que conforman la línea de producción en estudio son críticos, ya que, aunque la planta cuenta con equipos alternos o redundantes, el fallo de uno de ellos produce un retraso en la producción

y, por la naturaleza del producto no se debe permitir grandes retrasos o tiempos de paradas.

Con el estudio estadístico realizado se puede obtener un nivel de criticidad por la incidencia de fallas en los equipos, a través del cálculo de promedios ponderados. Es decir, los componentes que presentan mayor número de fallas en un tiempo determinado arrojarán promedios ponderados mayores, por lo que serán considerados más críticos que otros con incidencia de fallas menores, y por ende promedios ponderados menos significativos.

Con este método se podrán determinar a cuales equipos se les debe prestar mayor atención en la Gestión de Mantenimiento.

Para el cálculo de la criticidad se tomaron en cuenta seis intervalos de los tiempos entre fallas para el período (2 años y medio), dentro de los cuales se distribuirán el número de frecuencia de aparición de dichas fallas. Estos intervalos son:

Intervalos	Criticidad
De 0 a 15.000 minutos	+
De 15.001 a 30.000 minutos	
De 30.001 a 45.000 minutos	
De 45.001 a 60.000 minutos	
De 60.001 a 75.000 minutos	Criticidad
De 75.001 a 90.000 minutos	
De 90.001 a 105.000 minutos	
De 105.001 a 120.000 minutos	
De 120.001 a 135.000 minutos	
De 135.001 a 150.000 minutos	
De 150.001 a 165.000 minutos	-

Tabla 6. **Intervalos de criticidad**. Fuente: Los autores

Una vez establecidos estos intervalos de tiempos medios entre fallas, se calculó el número total de fallas que presentan los componentes agrupados en el intervalo de frecuencia correspondiente. Seguidamente, se obtuvo el total para cada uno de los intervalos de frecuencia antes descritos, así como el total de fallas en el tiempo previsto. Con estos datos, se determinó el porcentaje o peso de fallas presentes en cada intervalo de frecuencia, que serán los que permitirán obtener los promedios

ponderados para cada componente. Para calcular estos promedios, se procedió a multiplicar cada uno de los porcentajes antes nombrados por el número de fallas presentes en el componente e intervalo de frecuencia correspondiente, para finalmente obtener el promedio ponderado por componente al sumar los valores obtenidos para cada intervalo de frecuencia (ver anexo 9).

Con la finalidad de observar más claramente la distribución en la criticidad de los componentes en la planta, según la clasificación antes mencionada, se muestra el siguiente gráfico

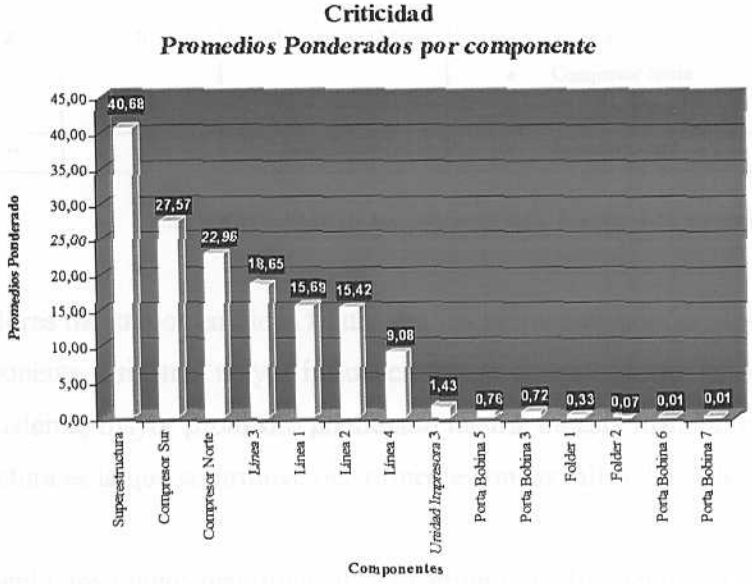


Fig. 6. **Promedios ponderados.** Fuente: Los Autores

Los niveles de criticidad de los componentes, se presentan en orden descendente a través de sus promedios ponderados (ver tabla 7). Se consideran equipos críticos aquello con promedios ponderados mayores, disminuyendo el nivel de criticidad al disminuir el promedio ponderado. Los componentes que no aparecen en dicha figura se debe a que no presentaron ninguna falla en el tiempo estudiado, y por ende su promedio ponderado es igual a cero (0).

Intervalo	Número Asignado	Criticidad	Componente
0 - 14	III	No Crítico	• Línea 4 • Unidad Impresora 3 • Porta Bobina 3 • Porta Bobina 5 • Porta Bobina 6 • Porta Bobina 7 • Porta Bobina 8 • Fólder 1 • Fólder 2
14 - 28	II	Medianamente Crítico	• Línea 1 • Línea 2 • Línea 3 • Compresor Norte • Compresor Sur
28 - 42	I	Muy Crítico	• Superestructura

Tabla 7. **Criticidad de los componentes**. *Fuente: Los autores*

Los valores mostrados en dicha figura son los promedios ponderados asignados a cada componente, mientras mayor influencia tenga el componente en el total de las fallas del sistema, mayor promedio ponderado tendrá, de esta manera, se ve como la superestructura es la que contribuye mayormente con las fallas del sistema.

Finalmente, los rangos de criticidad se determinaron dividiendo en tres intervalos iguales el rango de promedios ponderados obtenido, con lo que se elaboró la distribución de los componentes, según el nivel de criticidad (ver anexo 10).

Por último, se muestra la tabla de los tiempos medios entre fallas de cada componente, que servirá de base para la elaboración de las rutinas de mantenimiento para el plan que será propuesto.

Componente	TMEF (min)
Compresor Norte	8211,4
Compresor Sur	6489
Superestructura	6654,2
Línea 1	15330
Línea 2	18284
Línea 3	13695
Línea 4	24003

Tabla 8. **Tiempo medio entre fallas**. Fuente: Minitab

Se puede decir que la probabilidad de que cada componente trabaje sin fallas por el *tiempo necesario de producción diaria, 150 minutos para El Mundo y 480 minutos* para Últimas Noticias, es alta, esto se debe a que la máquina fue diseñada a operar para esas condiciones.

Los resultados mostrados en las tablas anteriores, dan una idea de la condición en que está cada componente del sistema y sirve de base para la elaboración del plan de mantenimiento que se debe seguir para obtener un mejor manejo de los recursos que afectan la gestión de mantenimiento.

CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La Gerencia de Mantenimiento coordina importantes recursos, tales como personal, materiales, herramientas y equipos que le han sido asignados por la alta gerencia para controlar las operaciones de mantenimiento, lo que implica controlar el flujo y optimizar los recursos asignados. Se puede observar que en tal situación existe un gran potencial para la optimización de la utilización de esos recursos y contribuye al incremento de beneficios, ya sean sociales y/o económicos a través de la disponibilidad operativa y prolongada vida de los activos a mantener.

El funcionamiento eficiente de una organización de mantenimiento depende, fundamentalmente, de la aplicación sistemática y evaluación permanente de los resultados de un plan de trabajo racional y adecuado a las necesidades y características específicas de la empresa. Por tanto es necesario en primer lugar definir y elaborar un plan de mantenimiento, donde se conozcan las capacidades y limitaciones técnicas; ya que este plan tiene que ser práctico y luego aplicarlo sistemáticamente y evaluar continuamente los resultados obtenidos a fin de introducir modificaciones y mejoras necesarias para el desarrollo de la organización. Con estos planteamientos se quiere resaltar que el mantenimiento empresarial no se organiza de un día para otro sino que, por el contrario es el producto de una gestión a largo plazo y fundamentalmente de tanteo hasta lograr el funcionamiento eficiente de la organización apropiada a los requisitos de la empresa. Un procedimiento que se podría seguir es el siguiente:

A. Inventario de los equipos e instalaciones:

Como se ha mencionado anteriormente un Plan de Mantenimiento es el medio que tiene toda empresa para conservar siempre disponible su activo fijo, con el debido grado de eficiencia y eficacia. Para poder llevar a cabo un buen funcionamiento y seguimientos de los equipos es necesario establecer un control y orden para cada uno de ellos.

1. Codificación de Equipos e Instalaciones

Todo equipo o instalación que es objeto de acciones de mantenimiento debe ser adecuadamente identificado. La empresa Operadora La Urbina C.A. actualmente utiliza un sistema de códigos de barras. Aparte de este sistema se propone una nueva codificación que cumpla con las especificaciones necesarias y ofrezca la mayor cantidad de información posible, con esto se busca una fácil adaptación por parte de los operarios. Se señalará físicamente cada equipo, colocándole una placa con su código serial en un sitio visible. Para lo cual se aplicará la siguiente clasificación:

Área de trabajo (A), engloba a todos los equipos con el mismo servicio.

Área de trabajo	Código
Compresores	C
Porta Bobinas	CB
Unidades de Impresión	UI
Despacho	D

Tabla 9. **Códigos asignados para el área de trabajo**. Fuente: Los autores

Componente (B), subdivisión de cada área de trabajo. En este nivel se colocará cada componente que conforma el sistema según su área de trabajo.

Criticidad (X), esta clasificación permite identificar el impacto que produce la indisponibilidad del equipo, se hará según el resultado del estudio realizado anteriormente a cada componente, jerarquizándolos según su cantidad de fallas.

De esta manera, uniendo los tres grupos se obtendrá el código definitivo asignado a cada componente.

CODIGO: AA-BB-X

Una vez codificados los equipos, se expone a continuación una tabla con los equipos e instalaciones presentes en el estudio

Equipo	Cantidad	Código
Porta Bobinas	6	CB-3-III
		CB-4-III
		CB-5-III
		CB-6-III
		CB-7-III
		CB-8-III
Unidades de Impresión	*6*	UI-2-III
		UI-3-III
		UI-4A-III
		UI-4B-III
		UI-5-III
		UI-6-III
Compresores	2	C-CN-II
		C-CS-II
Superestructura	1	UI-SE-I
Folder	2	UI-F1-III
		UI-F2-III
Líneas de Despacho	4	D-L1-II
		D-L2-II
		D-L3-II
		D-L4-III

Tabla 10. **Inventario de equipos e instalaciones**. Fuente: Los autores

B. *Rutinas de Mantenimiento*

Para la elaboración de las rutinas de mantenimiento, se siguieron los pasos que se mencionan a continuación:

1. Una investigación detallada de los manuales de operación de cada máquina. De estos, se extrajo la información más relevante en lo que respecta al funcionamiento y las actividades de mantenimiento recomendadas por el fabricante. Dichos manuales son utilizados como apoyo para el personal que realiza el mantenimiento ya que es en ellos en donde se encuentra la información de las actividades a realizarse.

2. *Investigación de material bibliográfico referente al mantenimiento de equipos* industriales. La misma se realizó con la finalidad de darle un carácter más técnico y facilitar el entendimiento de los manuales de operación.

3. Entrevistas con el personal de mantenimiento. Estas se realizaron con la finalidad de conocer las rutinas que se aplican actualmente en cada uno de los equipos. Esta parte de la investigación es la más importante ya que, con el aporte que proporcionan los operarios que son los que se encuentran en contacto directo con los equipos, se pueden obtener oportunidades de mejora para la propuesta de las nuevas rutinas de mantenimiento.

Finalmente, con la información obtenida de estas entrevistas, los manuales de operación de la máquina y los resultados del estudio estadístico, se fijó el tiempo aproximado para la realización de las rutinas de mantenimiento para cada componente. Dichas rutinas se pueden ver en los anexos 9 al 14.

C. Orden de trabajo

Todo sistema de trabajo, debe estar soportado por instrumentos que permitan medir la eficiencia del sistema al final de cada gestión, esto con la finalidad de verificar que este se adecua a las necesidades de la empresa sin pasar por alto ninguna de las variables para las cuales fue creado.

Tomando en cuenta todo esto, se diseñó un formato llamado "orden de trabajo" que no es mas que el instrumento que le permitirá a la empresa llevar un control estricto de todos los requerimientos hechos por las maquinas y equipos que conforman el sistema neumático de la rotativa.

Para el diseño de esta orden de trabajo solo se tomo en cuenta los dos tipos de mantenimiento a utilizarse, el preventivo y el correctivo.

El formato de mantenimiento preventivo, lleva los siguientes tópicos:

1. Fecha: fecha en la cual se realiza el mantenimiento.
2. Hora de inicio: se anota la hora cuando se empezó la labor.
3. Hora fin: se anota la hora cuando se termina de realizar el mantenimiento.
4. Actividad: son cada una de las labores que se deben realizar durante el mantenimiento.

5. Código: Es el número de máquina o equipo correspondiente.
6. Repuestos: se indican los repuestos a ser utilizados durante el mantenimiento.
7. Costo de los Repuestos: se ingresa el monto total de la factura por concepto de repuestos.
8. Responsable: se coloca el nombre de el (los) encargado (s) de la realización el mantenimiento.
9. Supervisor: se coloca el nombre del supervisor del mantenimiento.
10. Observaciones: se describe cualquier tópico relevante de la rutina realizada.
11. Manual de referencia: indica cual es el manual al cual se debe recurrir como material de apoyo y se coloca la página de referencia. (solo en los equipos que apliquen).

Los formatos de órdenes de trabajo para el mantenimiento programado o preventivo se pueden observar en los anexos 15 al 20.

Para el caso de mantenimiento correctivo, se utiliza un formato que contiene las siguientes características (ver anexo 21)

1. Fecha: fecha en la cual se realiza el mantenimiento.
2. Hora de inicio: se anota la hora cuando se empezó la labor.
3. Hora fin: se anota la hora cuando se termina de realizar el mantenimiento.
4. Equipo que presentó la falla: se coloca el nombre del equipo al cual se le hizo mantenimiento correctivo.
5. Código: Es el número de máquina o equipo correspondiente.
6. Parte que falló: se coloca al detalle en que parte del equipo ocurrió la falla.
7. Modelo: descripción del modelo de la pieza que falló
8. Descripción de la falla: se hace una breve reseña del problema que presento el equipo.
9. Acción tomada: Acciones tomadas en momento justo en que ocurrió la falla.
10. Acción a mediano plazo para evitar ocurrencia de falla: solución propuesta para evitar una próxima falla por la misma causa.
11. Verificación de acción final tomada: en este punto se verifica que se realizó el cambio o arreglo propuesto.

12. Responsable: se coloca el nombre de el (los) encargado (s) de la realización el mantenimiento.

13. Supervisor: se coloca el nombre del supervisor del mantenimiento.

14. Observaciones: se describe cualquier tópico relevante de la rutina realizada.

Los equipos que se excluyeron del estudio estadístico por no presentar una cantidad de fallas considerables, siguen manteniendo las rutinas que se les aplican actualmente.

Estas órdenes deben ser llenadas por los técnicos de mantenimiento después de realizar cada rutina, éstas se encuentran en el computador de manera de tener un registro con un manejo y seguimiento más eficiente. De esta manera se logrará reducir los costos de administración ya que los formatos se encontrarían almacenados en una base de datos del computador y así tratar de evitar el acumulamiento y exceso de los archivos.

La importancia de tener registradas todas las órdenes de trabajo es vital, ya que son las que aportarán la información necesaria para futuros estudios estadísticos que permitan una mejora en la gestión de mantenimiento.

D. Personal de Mantenimiento

Para el dimensionamiento del personal de Mantenimiento se trabajó con el tiempo y las frecuencias de cada rutina. A cada componente en estudio se le debe hacer mantenimiento semanal, a excepción de las líneas de despacho que deben ser mantenidas cada 3 semanas. Con esta información y sabiendo la cantidad de personas necesarias para cada labor, se obtuvo la cantidad de personal necesario para realizar la gestión de mantenimiento. En la siguiente tabla se muestra información de la cantidad de horas hombre requeridas para el mantenimiento semanal y su nivel de instrucción.

Componente	N personal requerido	Especialidad	Costo H-H (Bs.)
Porta Bobinas	1	TSU	3300
	1	Ayudante	2600
Unidades Impresoras	1	TSU	3300
	1	Ayudante	2600
Folder	1	TSU	3300
	1	Ayudante	2600
Superestructura	1	TSU	3300
	1	Ayudante	2600
Compresores	1	TSU	3300
	1	Ayudante	2600
Despacho	2	TSU	3300
	2	Ayudante	2600

Tabla 11. **Costo Hora-Hombre.** Fuente: Los Autores

Para el plan propuesto, no va a ser necesaria modificar la cantidad de personal, ya que la que se encuentra operando actualmente es la necesaria para realizar las rutinas propuestas.

Debido al cambio realizado en las rutinas de las líneas de despacho, se propone una modificación en los cronogramas de actividades del mantenimiento para redistribuir las horas hombres (ver anexos 22 y 23). Actualmente se realiza el mantenimiento de las líneas de distribución los días viernes junto con otro componente, en total suman trece (13) horas hombre, esto implica que, al cambiar las rutinas de las líneas a cada tres (3) semanas, se reduce a seis (6) horas diarias de mantenimiento, quedando una diferencia muy grande en comparación al resto de la semana donde la media es de trece (13) horas hombre aproximadamente. Por esto se propone redistribuir el personal y no aumentarlo ni disminuirlo.

E. Herramientas y repuestos

El plan de mantenimiento propuesto cuenta con un control de herramientas utilizadas para esta área. Es importante contar con las herramientas para las labores de mantenimiento requeridas en la planta. Como se mencionó anteriormente. Cada grupo de trabajo tiene bajo su responsabilidad una caja de herramientas previamente

inventariada. Este inventario debe ser realizado cada mes con la finalidad de llevar un control sobre la existencia y el correcto uso de las herramientas.

Con el fin de llevar un registro y hacerle un seguimiento a los activos de la empresa, se propone, al momento de realizar el inventario, llenar un formato, en donde se plasme la información necesaria para el control sobre cada herramienta, cantidad en existencia y código de la misma (ver anexo 24). De igual manera, debe ir firmado por los integrantes de cada grupo de trabajo, de manera de avalar la entrega de las herramientas. Este formato debe ser llenado por el supervisor de almacén, quien debe compartir esta información con los supervisores de mantenimiento. De esta manera se podría tener un cierto control sobre el extravío de dichas herramientas o repuestos, evitando así aumentos en los gastos de la empresa. Dichas herramientas se deprecian cada cinco años.

Los repuestos y materiales abarcan toda clase de suministro necesario para mantener en funcionamiento y en buen estado las máquinas. Estas piezas se pueden dividir en dos categorías. La primera, repuestos de alta rotación como son gomas, rodamientos, correas, etc. Estos repuestos por lo general son los causantes de las fallas del equipo, y deben ser reemplazados con mayor frecuencia. Y la segunda categoría es la de repuestos de baja rotación, o que requieren cambio con una menor frecuencia.

Para la adquisición de las piezas de baja rotación como son reguladores, pistones, motores neumáticos, entre otros, se cuenta con un solo proveedor en Alemania. Por problemas cambiarios, devaluación de la moneda y otros factores, la empresa debe contar con un gran stock de repuestos con lo que se incurre en grandes costos de almacenamiento. Estos repuestos están debidamente inventariados y codificados con un sistema de código de barras.

La empresa cuenta actualmente con varias casas de repuestos para la adquisición de las piezas de alta rotación, sin embargo, la falta de datos históricos acerca de la compra de estos materiales, impiden determinar un stock de repuestos necesarios

para el departamento de mantenimiento. Se propone mantener al mínimo el stock de este tipo de repuestos de manera de disminuir los costos de almacenamiento.

Con la finalidad de obtener datos necesarios para la futura implementación de un stock de repuestos, se determinó desarrollar una orden de compra que controle la adquisición de repuestos, esta orden incluye el nombre del repuesto que se adquiere, el modelo, la fecha de compra, el costo por unidad, la cantidad comprada, el total de dinero invertido, el nombre, ubicación y teléfono del proveedor (ver anexo 25).

Contando con la presencia de estos nuevos formatos de compra se puede llevar un mejor control de herramientas y repuestos en stock y así poder hacerle seguimiento a cualquier pérdida de estos, evitando así un posible incremento de los costos por extravíos ocasionados.

F. Indicadores de gestión

Indicador: es la relación entre variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, con respecto a los objetivos, metas previstas e influencias esperadas. (Ing. A. Luongo)

Los indicadores de gestión del Mantenimiento son factores para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos y metas de un determinado proceso, éstos indicadores pueden ser valores, unidades, índices, series estadísticas, etc.

Normalmente la consigna de las empresas es elaborar sus productos o prestar sus servicios a como dé lugar, y se pierde de vista el hecho de cómo se logró el cumplimiento del objetivo propuesto; es decir, de qué manera se utilizaron los recursos que se emplearon en el proceso productivo. Es por ello básicamente que es adecuada la utilización de dichos indicadores para poder planificar con mayor certeza, confiabilidad y precisión las oportunidades de mejora de un proceso dado y poder así analizar y explicar como han sucedido los hechos.

Es necesario establecer unos indicadores que permitan monitorear antes del proyecto, durante éste y después de la ejecución del proceso productivo, para ellos se

necesita conocer como se obtienen los datos, en que sitio se hacen las observaciones, con que instrumentos se harán las medidas y quien hace las lecturas y cada cuanto tiempo se realizan, cual es el procedimiento de obtención de la muestra, y como se presentan los datos, todo esto con la finalidad de llevar un control y seguimiento.

Los datos se obtienen a partir de los formatos de las rutinas archivados, los cuales son revisados por el personal de Mantenimiento en el momento de su realización. Dichos datos son analizados cada seis (6) meses por los supervisores del departamento de Mantenimiento con el fin de analizar oportunidades de mejoras, mejoramiento continuo y toma de decisiones en el momento oportuno.

A continuación se muestran los indicadores a utilizar, estos fueron asignados por la disponibilidad de los recursos de datos en la empresa.

1. Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Total

$$\text{MC vs. MT} = \frac{\text{Horas para el Mantenimiento Correctivo}}{\text{Horas para el Mantenimiento Total}}$$

Este indicador muestra la relación de tiempo de Mantenimiento Correctivo con respecto al Mantenimiento Total. Este indicador permite un seguimiento a la función planificadora de la Organización de Mantenimiento.

2. Paradas y Operación

$$\text{Paradas y Operación} = \frac{\text{Horas Totales de parada}}{\text{Horas Totales de Mantenimiento}}$$

Este indicador muestra la relación entre tiempos de parada y operación. Un aumento de este indicador significaría un aumento en los tiempos de parada de la

máquina, debido a mala operación de los equipos o al incumplimiento de los lineamientos del Plan de Mantenimiento.

3. Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Total

$$\text{MP vs. MC} = \frac{\text{Horas para el Mantenimiento Preventivo}}{\text{Horas para el Mantenimiento Total}}$$

Este indicador muestra la relación de tiempo de Mantenimiento Preventivo con respecto al Mantenimiento Total. Un aumento de este indicador significaría un exceso en las horas planificadas para el mantenimiento preventivo y por ende una disminución significaría que no se están cumpliendo las horas pautadas para dicho Mantenimiento.

Para los tres (3) indicadores anteriores cabe destacar que:

Mantenimiento Total = Mantenimiento preventivo + Mantenimiento correctivo.

4. Costo de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

$$\text{CMP vs. CMC} = \frac{\text{Costo de Mantenimiento Preventivo}}{\text{Costo de Mantenimiento Correctivo}}$$

Con este indicador se podrá apreciar la cantidad de Mantenimiento Correctivo que se tienen que realizar dada unas ciertas horas de Mantenimiento preventivo.

5. Porcentaje en Accidentes

$$\text{\% de Accidentes} = \frac{\text{\# rutinas con accidente}}{\text{\# rutinas totales}} \times 100$$

Este indicador es muy importante ya que lo ideal es que este porcentaje sea igual a cero (0), para ello existen ciertas normas de seguridad en donde se informa a los empleados para así evitar al máximo los accidentes.

G. Costos del Mantenimiento

El objetivo técnico o inmediato del mantenimiento consiste en conservar el funcionamiento productivo en óptimas condiciones de trabajo. Para poder cumplir este objetivo eficientemente se debe tomar en cuenta los costos en los que se incurre al momento de tomar una decisión. El fin económico es en minimizar costos por medio de un buen mantenimiento.

Para la realización de los cálculos de estos costos se utilizó la información suministrada por el departamento de logística de la empresa sobre insumos, mano de obra e inventario de herramientas, en la siguiente tabla se muestran los costos de cada rutina al año, estos fueron calculados en base a 52 semanas al año, ya que cada rutina se realiza una vez cada semana.

Costo del Plan de Mantenimiento actual					
Rutina	Costo Diario			Costo total diario	Costo anual
	Personal	*Materiales e insumos*	*Herramientas*		
Compresores	17700	10380	3270	31350	1630200
Unidad Impresora	35400	20760	3270	59430	3090360
Porta Bobina	17700	10380	3270	31350	1630200
Folder	17700	10380	3270	31350	1630200
Superestructura	23600	13840	3270	40710	2116920
Despacho	41300	24220	3270	68790	3577080
				Costo total anual =	13674960

Tabla 12. **Costo del Plan de Mantenimiento actual**. Fuente: Los Autores

Según los estudios estadísticos realizados para el Plan de Mantenimiento propuesto, la rutina de mantenimiento de la sala de empaque y despacho se debe hacer cada tres (3) semanas, con lo que daría un total diecisiete de (17) semanas al año. El resto de las rutinas se siguen realizando semanalmente. En la siguiente tabla se muestra la variación en los costos por el plan propuesto.

Costo del Plan de Mantenimiento Propuesto					
Rutina	Costo Diario			Costo total diario	Costo anual
	Personal	Materiales e insumos	Herramientas		
Compresores	17700	10380	3270	31350	1630200
Unidad Impresora	35400	20760	3270	59430	3090360
Porta Bobina	17700	10380	3270	31350	1630200
Folder	17700	10380	3270	31350	1630200
Superestructura	23600	13840	3270	40710	2116920
Despacho	41300	24220	3270	68790	1169430
				Costo total anual =	**11267310**

Tabla 13. **Costo del Plan de Mantenimiento propuesto.** *Fuente: Los Autores*

El mantenimiento que se está llevando actualmente tiene un costo aproximado de 13.674.960 de bolívares al año y el que se propone reduce a éste en un 17% aproximadamente.

Todo Plan de Mantenimiento busca reducir al máximo el número de fallas de los equipos o instalaciones en uso, debe disminuir la cantidad de mantenimiento correctivo, lo que se traduce a una minimización de los costos totales del mantenimiento.

CONCLUSIONES

Es importante cumplir con los objetivos de la empresa en cuanto a los altos niveles de calidad en la producción se refiere, para ello es indispensable contar con el Plan de Mantenimiento propuesto.

Basado en un estudio estadístico se logró de manera eficiente estimar el tiempo de las rutinas de Mantenimiento que necesitan los componentes de la máquina, de esta manera se pudo comprobar que las rutinas de Mantenimiento actuales estaban la mayoría bien estipuladas, y las que no lo estaban se les realizo el cambio oportuno. Con dicho cambio en uno de los subsistemas se logró una disminución en los costos del mantenimiento total, aunque en realidad lo más importante es cumplir con los objetivos del mantenimiento ya que representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias.

Se debe seguir teniendo informados y adiestrados a los trabajadores del área para mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias y repuestos esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.

Con respecto a los indicadores es oportuna la implantación de ellos o por lo menos de alguno de ellos para poder tener una forma con la cual medir si el trabajo de mantenimiento realizado es eficiente o no, y con ello detectar las fallas de éste en el tiempo preciso.

Cabe destacar que tener una buena organización con respecto a los formatos de rutinas de Mantenimiento es muy importante, ya que así se puede llevar un control de costos totales, del cumplimiento de las horas estipuladas para cada rutina, de las actividades a realizarse, saber si se utilizaron repuestos y sus costos asociados.

Finalmente con los pasos propuestos para el Plan de Mantenimiento se podrá garantizar una mejor gestión de la Gerencia de Mantenimiento, así como también una disminución en los costos involucrados.

RECOMENDACIONES

Uno de los aspectos más importantes con lo cual la empresa no cuenta, es la utilización de indicadores de gestión, es indispensable identificar oportunidades de mejoras en actividades que por su comportamiento requieren reforzar o reorientar esfuerzos, y de esta manera poder planificarlas con mayor certeza, confiabilidad y precisión, y tener base para poder explicar cualquier hecho ocurrido. Por ello se recomienda aplicar los indicadores propuestos para el mejoramiento de la gestión del Mantenimiento.

Se recomienda que se apliquen las herramientas de información sobre la gestión del Mantenimiento, para determinar si se están logrando los objetivos y las metas propuestas. Para ello se propone que se organicen y se pongan en práctica los formatos y diagramas de procesos para el Mantenimiento preventivo y correctivo. Cabe destacar, que un requisito para un adecuado Mantenimiento con el cual la empresa no cuenta en estos momentos, es un estudio estadístico que les permita llevar un control de sus operaciones.

Una adecuada organización del inventario de herramientas también sería un excelente punto a tratar, ya que la empresa carece de un formato y de los costos asociados a cada una de dichas herramientas, perdiendo sí el control para poder planificar y poder llevar un control adecuado para la gestión del mantenimiento.

En referencia a las actuales órdenes de trabajo de Mantenimiento preventivo y Correctivo se recomienda:

A. Anotar el código del componente al que se le aplicará el Mantenimiento
B. Añadir los repuestos (en caso de ser utilizados) para el Mantenimiento, las cantidades y el costo unitario.
C. Indicar el costo de la Horas-Hombre para el Mantenimiento y el costo total por cada rutina.

También se recomienda un entrenamiento continuo de todo el personal que manipula los equipos, incluyendo transportistas, contratados y personal de almacenes, para garantizar condiciones óptimas del manejos de los mismos que contribuyan a conservar su vida útil.

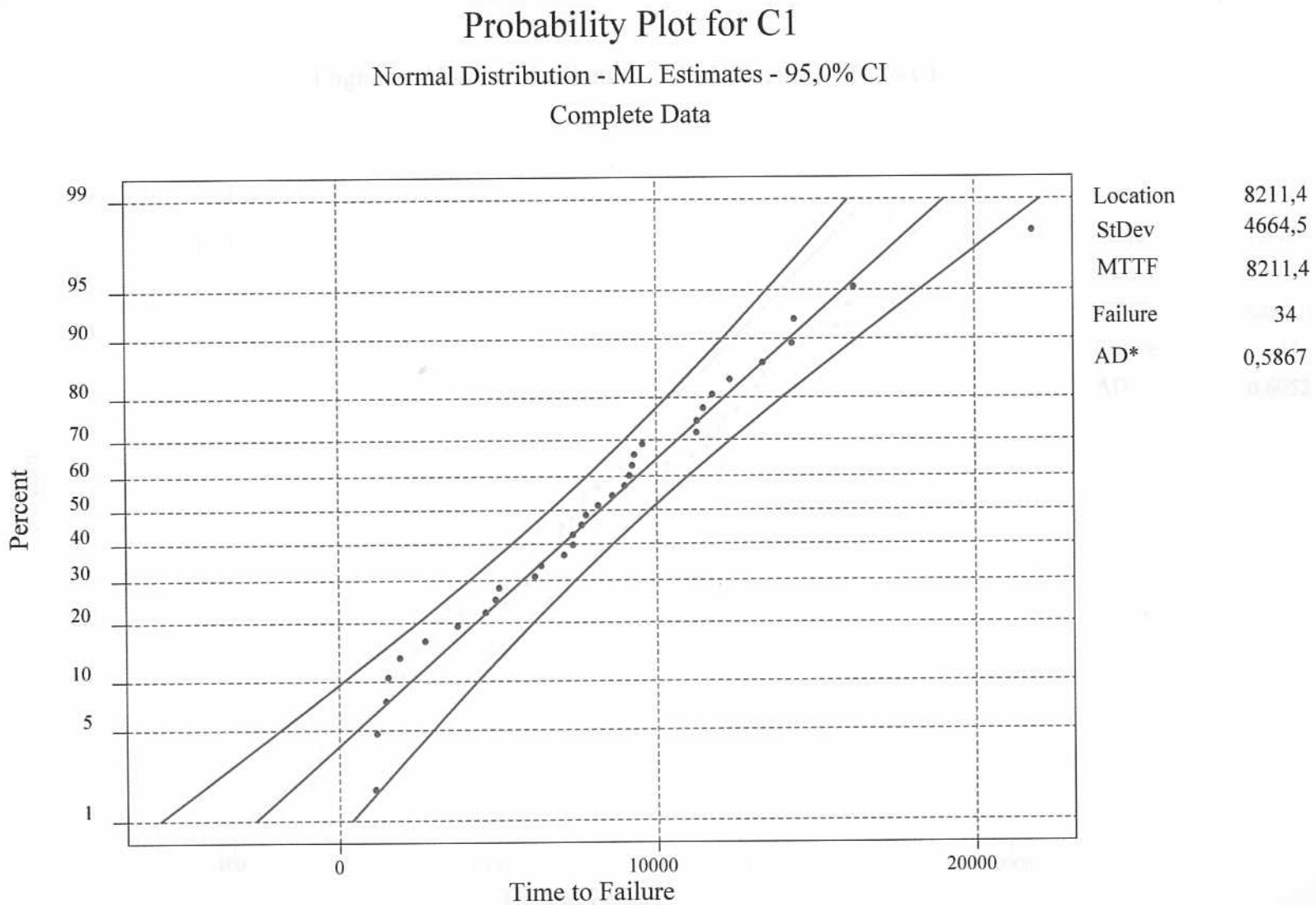
Por último se propone llenar los formatos de manera electrónica y almacenarlos en el computador, con el fin de evitar numerosos archivos que para futuras *investigaciones hace engorrosa su utilización.*

BIBLIOGRAFÍA

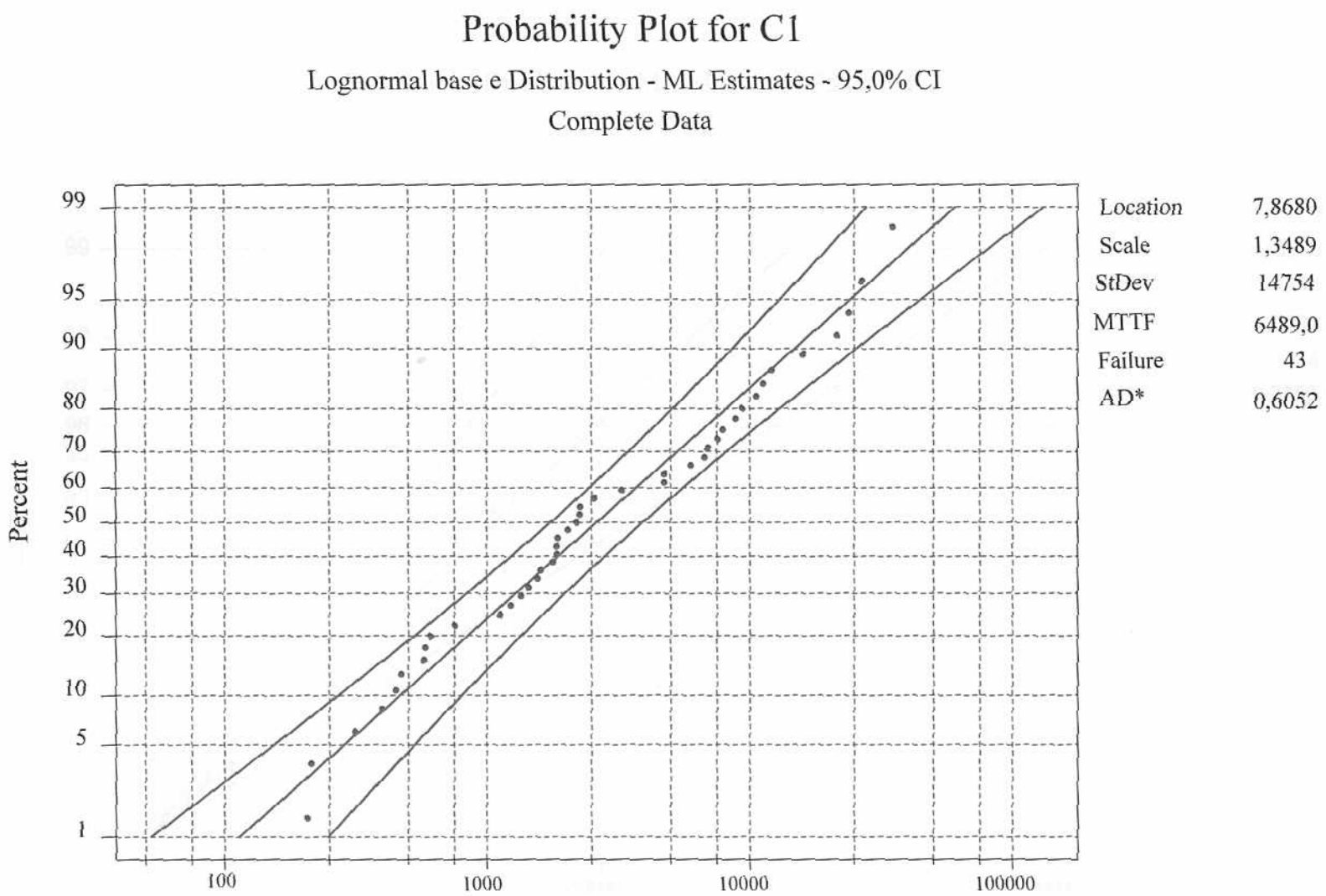
- Alcalá, Adolfo (1998). *Introducción al mantenimiento.* Texto ilustrado. Caracas, Venezuela. Editorial Continental.
- Alcalá, Adolfo (2000). *Mantenimiento, Higiene y Seguridad.* Texto Ilustrado. Caracas, Venezuela. Editorial Continental.
- Balestrini, Miriam (1998). *Como se elabora el proyecto de investigación.* Caracas BL Consultores Asociados, Servicio Editorial.
- Juran, J.M, y Gryna, F (1993). *Análisis y Plantación de la Calidad.* México. Mc. Graw Hill.
- Ligeron, Delage y Neff (1997). *Aplicaciones de la Confiabilidad en Ingeniería de Mantenimiento.* Ediciones Técnicas Cabimbu.
- Montgomery, D, y Rungen, G (2000). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*. México. Mc. Graw Hill.
- Meyer, P (1973). *Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas.* México. Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Salazar, V (2001). *Técnicas del Mantenimiento Organizado*. Caracas, Venezuela. MM Training C.T.
- Sols, A (2000). *Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad*. Madrid, España. Comillas.
- Taro, Y (1979). *Estadística*. Mexico. Harla S.A de C.V.
- UPEL (2004). *Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tésis Doctorales.*
- Pagina Web de la Cadena Carriles [en linea] Disponible en: www.intranet.cadenacapriles.com
- Pagina Web www.artesgraficas.com
- Annis, C (2005). *Estatistical Engineering.* Charles Annis, P.E, Disponible en: www.estatisticalengineering.com/goodness.htm#notes
- Alvarez, D (2001). *El Controller*. Consultora Perez Alfaro. Disponible en: www.controldegestion.com.ar/paginas/newsletter.asp?nivel=20&pagina=newsletter.asp

- Pagina Web www.cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2004/masias_i/html/TH.3.html
- Fucci, T (2000). *La Logistica de Produccion*. Disponible en: www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/mantenimiento.pdf

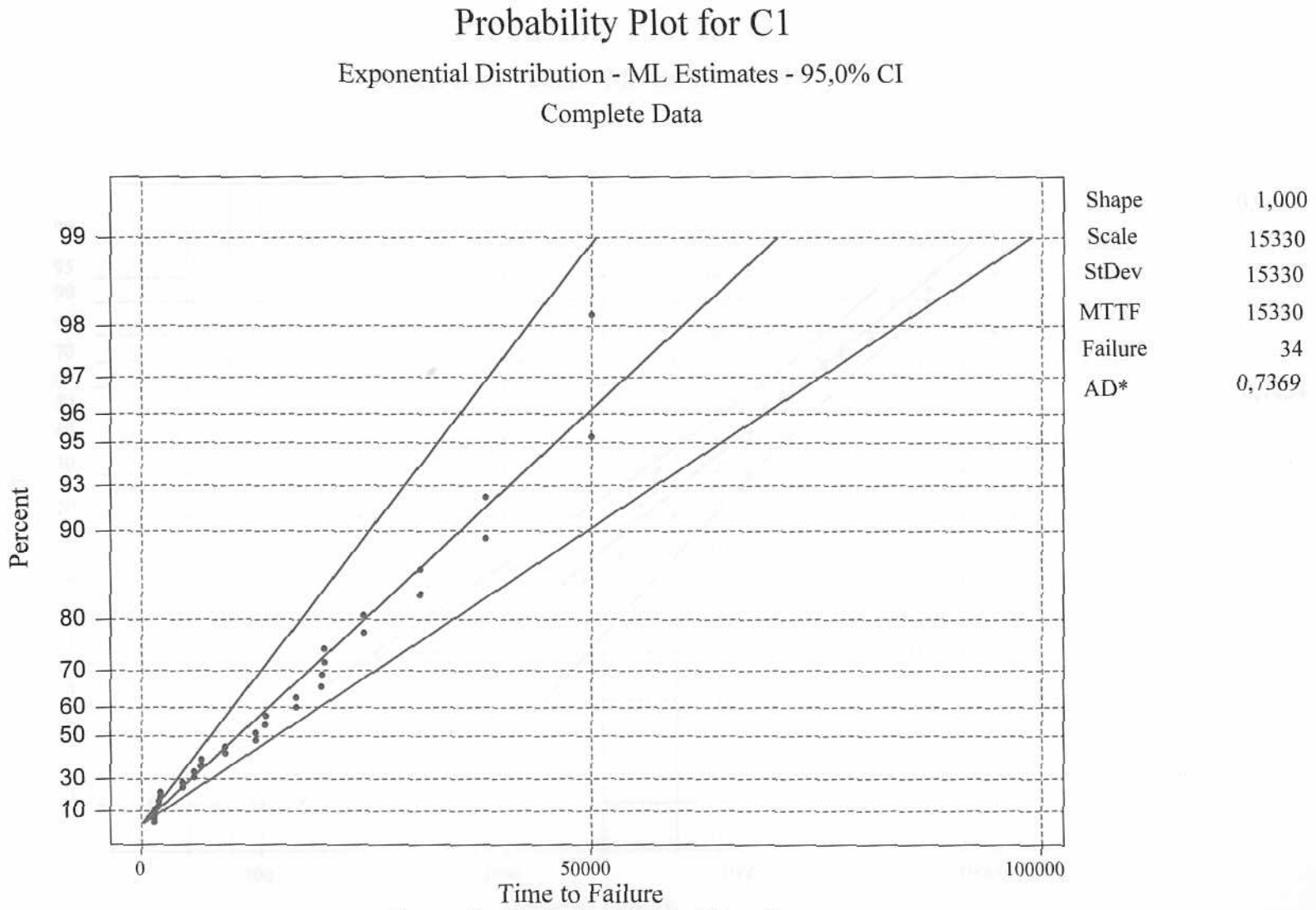
ANEXOS



Anexo 1. Ajuste de datos de Compresor Norte



Anexo 2. Ajuste de datos de Compresor Sur

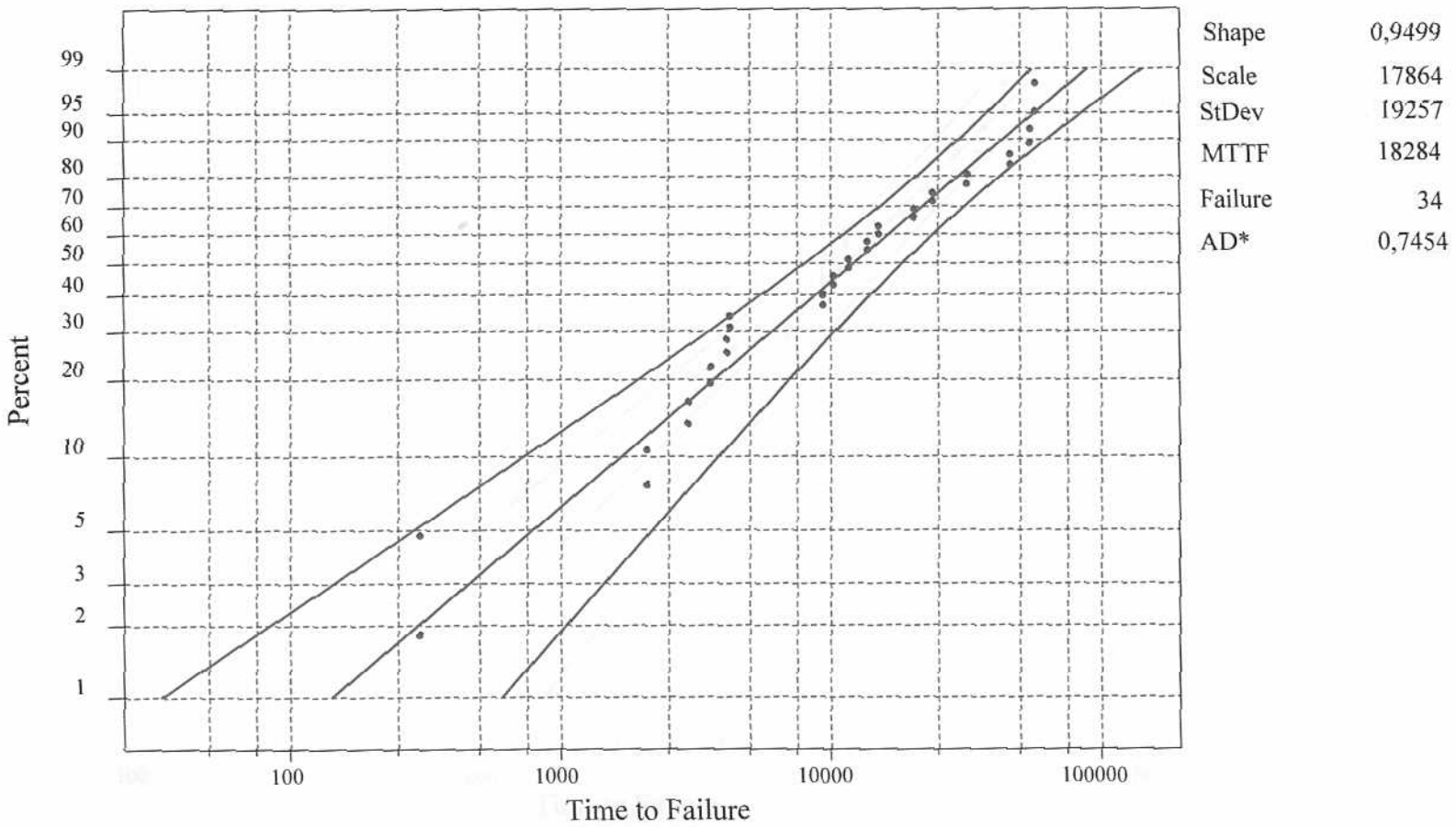


Anexo 3. Ajuste de datos de Línea 1

Probability Plot for C1

Weibull Distribution - ML Estimates - 95,0% CI

Complete Data



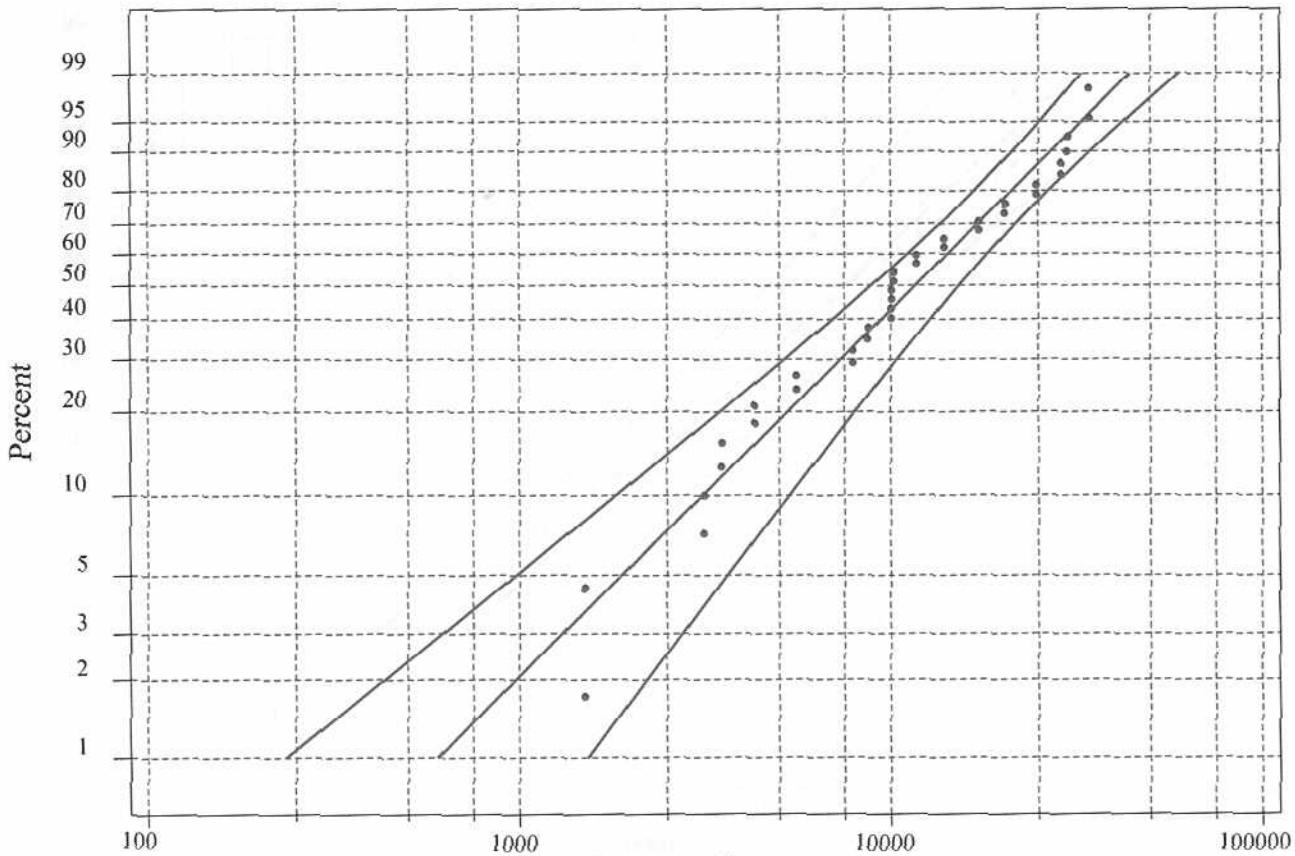
Shape	0,9499
Scale	17864
StDev	19257
MTTF	18284
Failure	34
AD*	0,7454

Anexo 4. Ajuste de datos de Línea 2

Probability Plot for C1

Weibull Distribution - ML Estimates - 95,0% CI

Complete Data



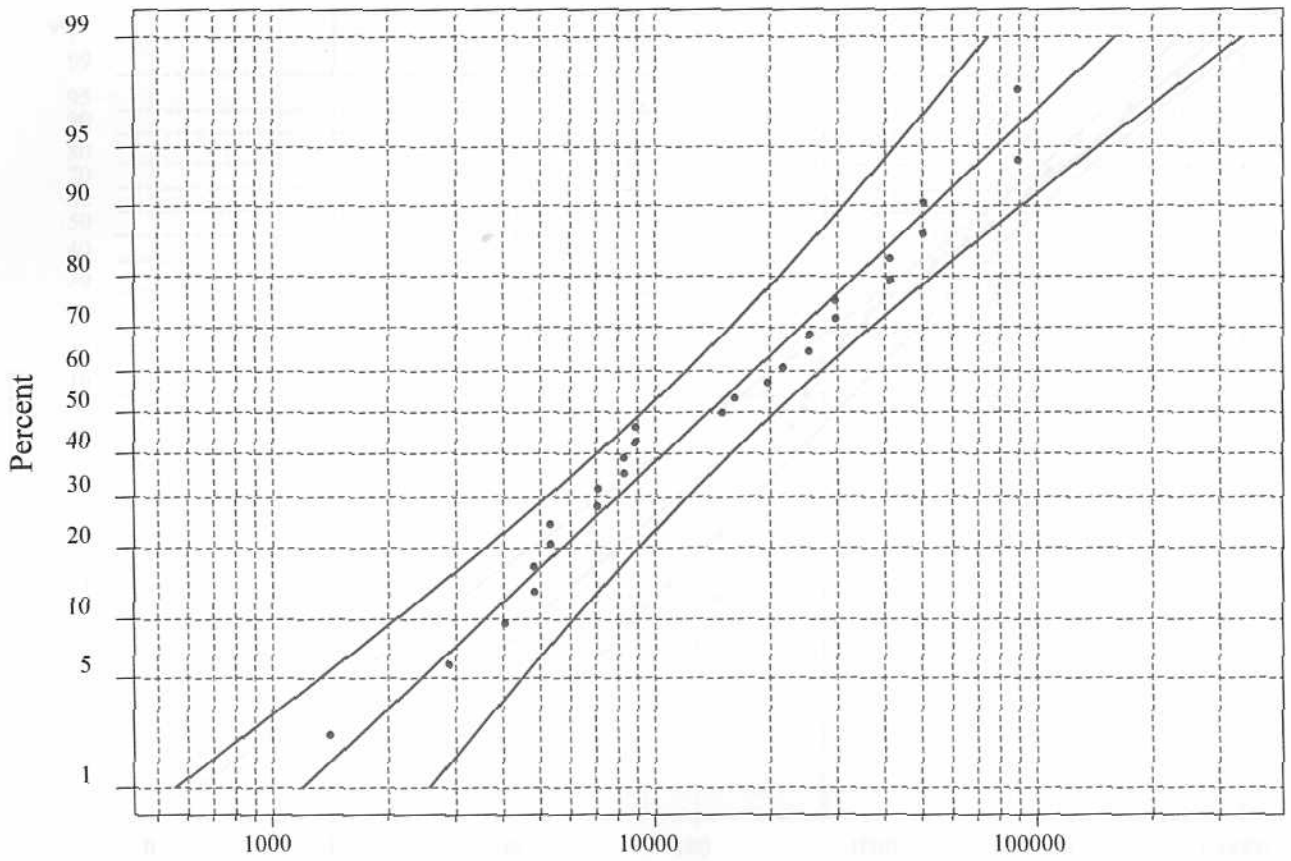
Shape	1,4248
Scale	15066
StDev	9751,5
MTTF	13695
Failure	36
AD*	0,7522

Anexo 5. Ajuste de datos Línea 3

Probability Plot for C1

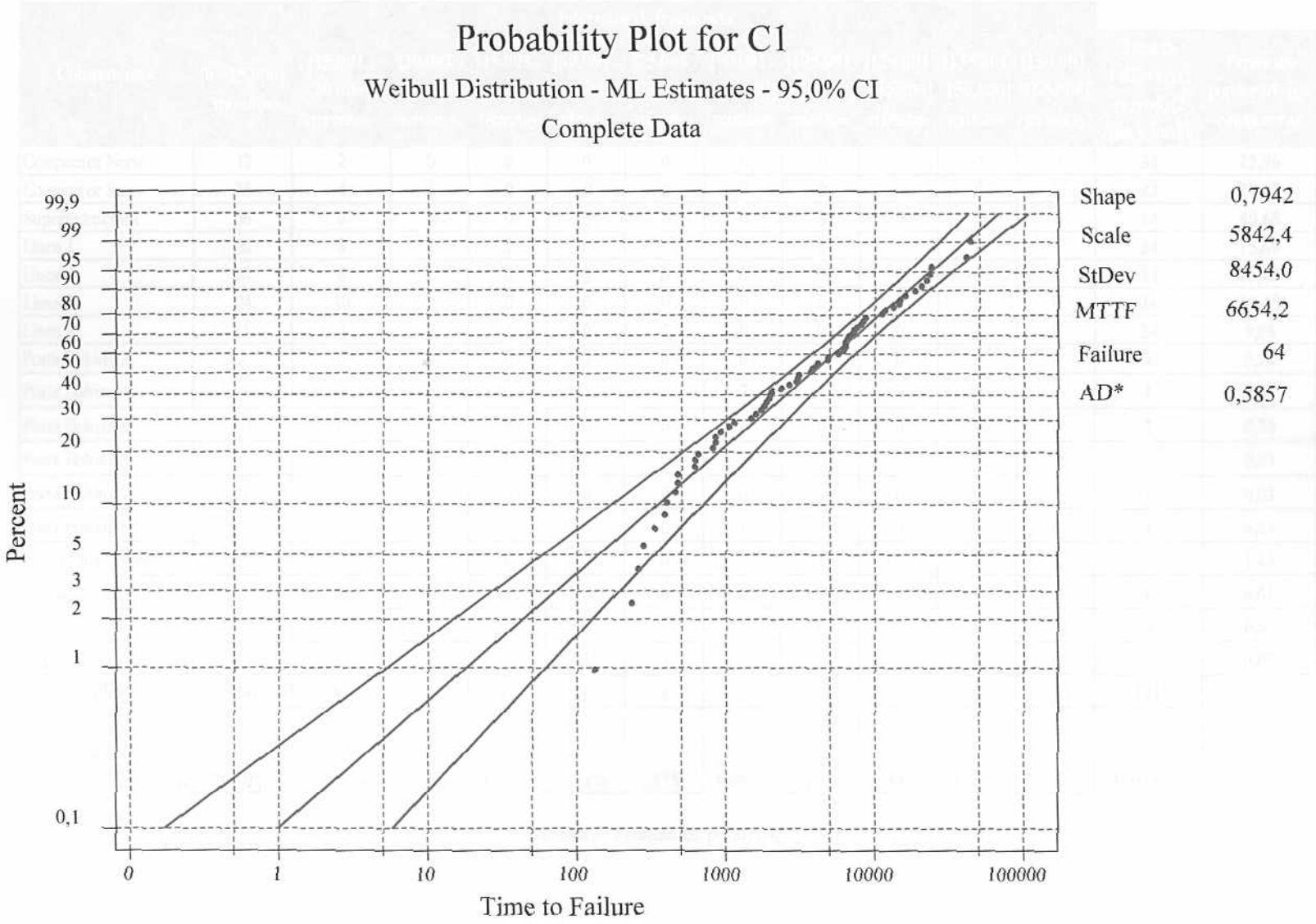
Lognormal base e Distribution - ML Estimates - 95,0% CI

Complete Data



Location	9,5304
Scale	1,0541
StDev	34263
MTTF	24003
Failure	27
AD*	0,7395

Anexo 6. Ajuste de datos de Línea 4



Anexo 7. Ajuste de datos de Superestructura

Componentes	Intervalos de frecuencia											Total de Fallas en el período (2 años y medio)	Promedio ponderado por componente
	[0 - 15.000] minutos	[15,001 - 30.000] minutos	[30,001 - 45.000] minutos	[45.001 - 60.000] minutos	[60.001 - 75.000] minutos	[75.001 - 90.000] minutos	[90.001 - 105.000] minutos	[105.001 - 120.000] minutos	[120.001 - 135.000] minutos	[135.001 - 150.000] minutos	[150.001 - 165.000] minutos		
Compresor Norte	32	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	22,96
Compresor Sur	38	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	43	27,57
Superestructura	56	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	64	40,68
Línea 1	20	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	34	15,69
Línea 2	20	6	2	6	0	0	0	0	0	0	0	34	15,42
Línea 3	24	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	36	18,65
Línea 4	11	7	2	2	0	2	0	0	0	0	0	24	9,08
Porta Bobina 3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0,72
Porta Bobina 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01
Porta Bobina 5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,76
Porta Bobina 6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,01
Porta Bobina 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,01
Porta Bobina 8	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	4	0,81
Unidad Impresora 3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1,43
Unidad Impresora 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,01
Folder 1	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4	0,33
Folder 2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0,07
Total de fallas	206	45	16	11	1	4	2	3	1	0	2	291	
Porcentaje por intervalo de frecuencia	70,79%	15,46%	5,50%	3,78%	0,34%	1,37%	0,69%	1,03%	0,34%	0,00%	0,69%	100,00%	

Anexo 8. Promedios ponderados

Operadora La Urbina c.a.

RUTINA DE MANTENIMIENTO SUPERESTRUCTURA

Frecuencia	*Descripción*	*Personal*
Diario	Cuchilla Circular (1) OK Cuchilla Circular (2) OK Cuchilla Circular (3) OK Sensor de papel (1) limpio y OK Sensor de papel (2) limpio y OK Sensor de papel (3) limpio y OK Sensor de papel (4) limpio y OK Aspiradora OK	1 Ayudante
Semanal	Cilindro guía banda de papel Rodillo medidores Barras angulares Dispositivos de corte-barras angulares Dispositivos de corte-entrada Skip-Slitter Aire de soplado Superestructura Tuberia principal aire comprimido	1 TSU 1 Ayudante
Mensual	Cilindro guia banda de papel Presión sistema neumático Rodillos de tracción y tensores Skip-Slitter Filtro separador de agua Inspección y tensión de correas	1 TSU 1 Ayudante
Trimestral	Chequear motores de rodillos de tracción Chequear motores de estructura de plegado	1 TSU
Semestral	*Lubricacion con grasa fluida*	*1 Ayudante*
Anual	Inspeccion del sistema Neumatico Verificacion y control de la aspiradora	1 TSU 1 Ayudante

Anexo 9. Rutina de Mantenimiento de Superestructura

Operadora La Urbina C.A.

RUTINA DE MANTENIMIENTO UNIDAD IMPRESORA

Frecuencia	Descripción	Personal
Diario	Sensor de papel (1) limpio y OK Sensor de papel (2) limpio y OK Sensor de papel (3) limpio y OK Sensor de papel (4) limpio y OK Sensores nivel de tinta (1 y 2 azul) OK Sensores de nivel de tinta (1 y 2 rojo) OK Sensores de nivel de tinta (1 y 2 amarillo) OK Sensores de nivel de tinta (1 y 2 negro) OK Filtros de motor OK Ventilador de motor OK Fugas de aceite Fugas de aire Ruidos extraños en producción Olores no usuales	1 TSU 1 Ayudante
Semanal	Limpieza ranura cilindro de planchas Limpieza del eje del cilindro de mantilla Limpieza de rodamientos y paredes laterales Limpieza bandeja recogedora de tinta Control de nivel de llenado de los tinteros Chequear rascador de rodillos y controlar el desgaste Limpieza de pletina de protección para dedos Limpieza de rodillo y tubo de sección cuadrada Limpieza de rodillo guía de banda y rodillo tensor Chequear dispositivos de corte de banda Rodillo guía de banda Controlar tensión de las mantillas Chequear orificio de los tubos Controlar el nivel de aceite en frio Chequear fugas de aceite Aspirar o cambiar filtros de motores principales Chequear gabinetes eléctricos	1 TSU 1 Ayudante
Mensual	Seguro de tunel Ranura entre rodillo de película y ductor Contacto entre rodillo de tinta y humectador Medidor de tinta Suavidad de operación de los polines Ajuste de correas en la Unidad	1 TSU 1 Ayudante
Trimestral	Sistema de solución fuente, alimentación y retorno Controlar dureza de rodillos de goma	1 Ayudante
Semestral	Sistema de humectación (Turbos) Sistema Neumático	1 TSU
Anual	Instalacion neumática Control de accionamientos auxiliares	1 TSU

Anexo 10. Rutina de Mantenimiento de Unidad Impresora

Operadora La Urbina c.a.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PORTA BOBINA

Frecuencia	Descripción	Personal
Diario	*Presencia de restos de papel y polvo* Rodillo de encolado sucio Daño en la cuchilla de corte Sensor de corte (Este) limpio y operativo Sensor de corte (Oeste) limpio y operativo Sensor inicial de la cadena OK Barra de seguridad (Este) OK Barra de seguridad (Oeste) OK Boton de seguridad (Este) OK Boton de seguridad (Oeste) OK Ventiladores y filtros OK *Ruidos no usuales durante producción* Olores no usuales Rieles de transporte sucios	1 TSU 1 Ayudante
Semanal	Limpieza y Lubricación del Eje Portante Aspiración o cambio de Filtros en Brazos y Gabinetes de Control Limpieza y Lubricación del Mandril de Sujección Chequear Sentido de giro de Ventiladores	1 TSU 1 Ayudante
Mensual	Luz LASER Conjunto de Ruedas de Accionamiento Limpiar y Lubricar Controlar Presión Sistema Neumatico Paralelismo entre Rodillo Opresor y de tracción Controlar Presión de ajuste Limpieza y Lubricacion de Cadena de Enhebrado	1 TSU 1 Ayudante
Trimestral	Controlar la tesión de la correa trapezoidal Chequear pastillas de freno	1 Ayudante
Semestral	Mordazas de sujeción Guías de brazo Control de gabinetes eléctricos	1 TSU
Anual	Equipo e instalaciones eléctricas	1 TSU

Anexo 11. Rutina de Mantenimiento de Porta Bobina

Operadora La Urbina c.a.

RUTINA DE MANTENIMIENTO FOLDER

Frecuencia	Descripción	Personal
Diario	Daño visual en la cuchilla plana (1) Daño visual en la cuchilla plana (2) Daño visual en el cilindro colector Daño visual en el juego de agujas (1) Daño visual en el juego de agujas (2) Daño visual en el juego de agujas (3) Goma de corte (1) Goma de corte (2) Goma de corte (3) Daño visual en las correas del Transportador Interior del Folder limpio y seco Ventanas del Folder limpias y secas Fugas de Aceite Fugas de Aire Comprimido Olores no usuales *Ruidos no usuales durante producción*	1 TSU 1 Ayudante
Semanal	Dispositivo Separación de Banda Cilindro de Paletas Lengueas Sistema de Plegado Cuchillas de Plegado Chapaletas Plegadoras *Rodillos Gemelos de Tracción* Lubricación de Engranajes *Ajuste Diámtro de Cilindros Colector y Plegado* Chequeo de Fugas de Aceite Chequeo de Fugas de Aire Comprimido	1 TSU *1 Ayudante*
Mensual	Chequear chapaletas plegadoras *Chequear cilindo colector y de plegado* Chequear cilindro de chapaletas plegadora *Chequear rueda de paletas* Chequear correas del transportador *Chequear correas de plegado* Chequear escobillas del cilindro plegador Chequear lubricación de grasa Chequeo fugas de aceite Chequeo de fugas de aire comprimido	1 TSU 1 Ayudante
Trimestral	Chequear rueda de intervalos *Chapaletas de plegado* Correas dentadas Frenos Ajuste chapaletas plegadoras Mecanismo de cambio directo-acumulado Regulador chapaletas de frenado Mecanismo rueda de intervalos Mecanismo salida de ejemplares Mecanismo rodillos de entrada	1 TSU 1 Ayudante
Semestral	Lubricación con grasa fluida	1 Ayudante
Anual	*Chequeo de corte de banda* Lubricación con grasa fluida *Chequeo de instalación neumática*	1 TSU 1 Ayudante

Anexo 12. Rutina de Mantenimiento de Folder

Operadora La Urbina c.a.

RUTINA DE MANTENIMIENTO DESPACHO Y EMPAQUE

Frecuencia	Descripción	Personal
Diario	**Stacker**	1 TSU 1 Ayudante
	Limpio y libre de polvo	
	Enciende	
	Cierra el conveyor	
	Faltan guallas en el transportador	
	Fugas de aceite en los reductores	
	Aire comprimido OK	
	Trampa de agua OK	
	Lubricadores de aire con aceite	
	Ruidos no usuales durante producción	
	Flejadoras	
	Limpias	
	Fleje posición	
	Transportadoras	
	Limpio y libre de polvo	
	Ruidos no usuales durante producción	
	Telescópicos	
	Limpio y libre de polvo	
	Banda transportadora OK	
	Telescópico OK	
Semanal	Gripper Libre de papel y polvo	1 TSU 1 Ayudante
	Desplazamiento de la cadena Gripper	
	Gripper defectuoso	
	Stacker	
	Operar stacker en modo de prueba	
	Limpieza y Lubricación de stacker	
	Flejadoras	
	Abrir tapas laterales y limpiar	
	Chequear rolos via fleje	
	Chequear Tensión de Cadena	
	Chquear Gripper	
	Chequear Anvil	
	Chequear flejado	
	Transportadoras	
	Lubricación y limpieza Transportadoras	
	Chequear fugas de aire Transportadoras	
	Telescópicos	
	Lubricación y limpieza Telescópicos	
Mensual	**Stacker**	1 TSU 1 Ayudante
	Chequeo de sellos y cilindros neumáticos	
	Limpieza y lubricación	
	Flejadoras	
	Desmontar, Limpiar y lubricar head assembly	
	máquina lavadora de turbos	
	Chequear estado de las cerdas da la escobilla lavadora	
	Controlar tensión de la correa dentada y su desgaste	

Anexo 13. Rutina de Mantenimiento de Empaque y Despacho

Operadora La Urbina c.a.

RUTINA DE MANTENIMIENTO COMPRESOR

Frecuencia	Descripción	Personal
Diario	Nivel de aceite (apagado) OK Descarga manual de condensado Lecturas en la pantalla OK Ventiladores OK Presión diferencial filtro externo (1) OK Presión diferencial filtro externo (2) OK Descarga manual de condensado filtro externo (1) Descarga manual de condensado filtro externo (2) Fugas de aire comprimido	1 TSU 1 Ayudante
Semanal	Limpieza del Compresor Drenado de Condensado Separador de Aceite Drenado de Condenasado Tanques	1 TSU 1 Ayudante
Trimestral	Operar válvula de seguridad Realizar test de display Filtro de gabinete eléctrico Chequear filtro de aite	1 TSU
Anual	Probar válvula de seguridad Probar la protección contra sobre temperatura Cambio de aceite y filtro de aceite Limpiar el restrictor (Rf2) Remover y limpiar la válvula de impurezas Engrasar los rodamientos del motor	1 TSU 1 Ayudante

Anexo 14. Rutinas de Mantenimiento de Compresores

MANATENIMIENTO SEMANAL

COMPRESORES

Operadora La Urbina c.a.

FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:

ACTIVIDADES		COMPRESOR NORTE	COMPRESOR SUR
	Código:	*C-CN-II*	*C-CS-II*
Limpieza del Compresor			
Drenado de Condensado Separador de Aceite			
Drenado de Condenasado Tanques			

REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO
	Total =	

Total Horas Hombre:
Costo de Hora Hombre:
Total costo H-H:

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE:	SUPERVISOR:

Anexo 15. Orden de Trabajo de Compresores

SUPERESTRUCTURA

Operadora La Urbina c.a.

FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:

Manual a usar:
Instrucciones del Mantenimiento Unidad Inversora y
Superestructura de la Plegadora

OBSERVACIONES:

ACTIVIDAD	Página	Código: UI-SE-I
Cilindro Guía banda papel	D1	
Rodillos medidores	D3	
Barras angulares	D4	
Dispositivo de corte-barras angulares	D6	
Dispositivo de corte-entrada	D13	
Skip-Slitter	D14	
Aire de Soplado Superestructura	D16	
Dispositivo de corte-barras angulares	F4	
Dispositivo de corte-entrada	F11	
Tubería principal Aire Comprimido	F15	
Tubería principal Aire Comprimido	F16	

REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO
	Total =	

Total Horas Hombre:	
Costo de Hora Hombre:	
Total costo H-H:	

RESPONSABLE:	SUPERVISOR:

Anexo 16. Orden de Trabajo de Superestructura

MANTENIMIENTO SEMANAL

UNIDAD DE IMPRESIÓN

Operadora La Urbina c.a.

FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:

Manual a usar:
Instrucciones de Mantenimiento - Unidad Impersora

ACTIVIDAD	Página	Código:	UI2 UI-2-III	UI3 UI-3-III	UI4A UI-4A-III	UI4B UI-4B-III	UI5 UI-5-III	UI6 UI-6-III
Limpieza ranura cilindro de planchas	D3							
Limpieza del eje del cilindro de mantilla	D4							
Limpieza de rodamientos y paredes laterales	D7							
Limpieza bandeja recogedora de tinta	*D7*							
Control de nivel de llenado de los tinteros	D8							
Chequear rascador de rodillos y controlar el desgaste	D14							
Limpieza de pletina de protección para dedos	D16							
Limpieza de rodillo y tubo de sección cuadrada	D26							
Limpieza de rodillo guía de banda y rodillo tensor	D29							
Chequear dispositivos de corte de banda	D30							
Rodillo guía de banda	D31							
Controlar tensión de las mantillas	*F2*							
Chequear orificio de los tubos	F9							
Controlar el nivel de aceite en frio	F11							
Chequear fugas de aceite	F11							
Aspirar o cambiar filtros de motores principales								
Chequear gabinetes eléctricos								

REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO
	Total =	

Total Horas Hombre:
Costo de Hora Hombre:
Total costo H-H:

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE:	SUPERVISOR:

Anexo 18. Orden de Trabajo de Unidades Impresoras

MANATENIMIENTO SEMANAL

FOLDER

Operadora La Urbina c.a.

FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:

Manual a usar:
Instrucciones de Mantenimiento - Sistema de Plegado a Chapaletas

ACTIVIDADES	Página		FOLDER 1	FOLDER2
		Código:	UI-F1-III	UI-F2-III
Dispositivo Separación de Banda	D2			
Cilindro de Paletas	D5			
Lengueas Sistema de Plegado	D7			
Cuchillas de Plegado	F10			
Chapaletas Plegadoras	F15			
Rodillos Gemelos de Tracción	F22			
Lubricación de Engranajes	F45			
Ajuste Diámtro de Cilindros Colector y Plegado	F59			
Chequeo de Fugas de Aceite				
Chequeo de Fugas de Aire Comprimido				

REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO
	Total =	

Total Horas Hombre:
Costo de Hora Hombre:
Total costo H-H:

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE:	SUPERVISOR:

Anexo 19. Orden de Trabajo de Folder

MANTENIMIENTO SEMANAL

PORTA BOBINA

Operadora La Urbina S.A.

Fecha:	Hora Inicio:	Hora Fin:

Manual a usar:
Instrucciones de Mantenimiento - Empalmadora de Bobinas **CD13 D, CD13 S**

ACTIVIDAD	Página		CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08
		Código:	*CB-03-III*	*CB-04-III*	*CB-05-III*	*CB-06-III*	*CB-07-III*	*CB-08-III*
Limpieza y Lubricación del Eje Portante	H1							
Aspiración o cambio de Filtros en Brazos y Gabinetes de Control								
Limpieza y Lubricación del Mandril de Sujección	G1							
Chequear Sentido de giro de Ventiladores								

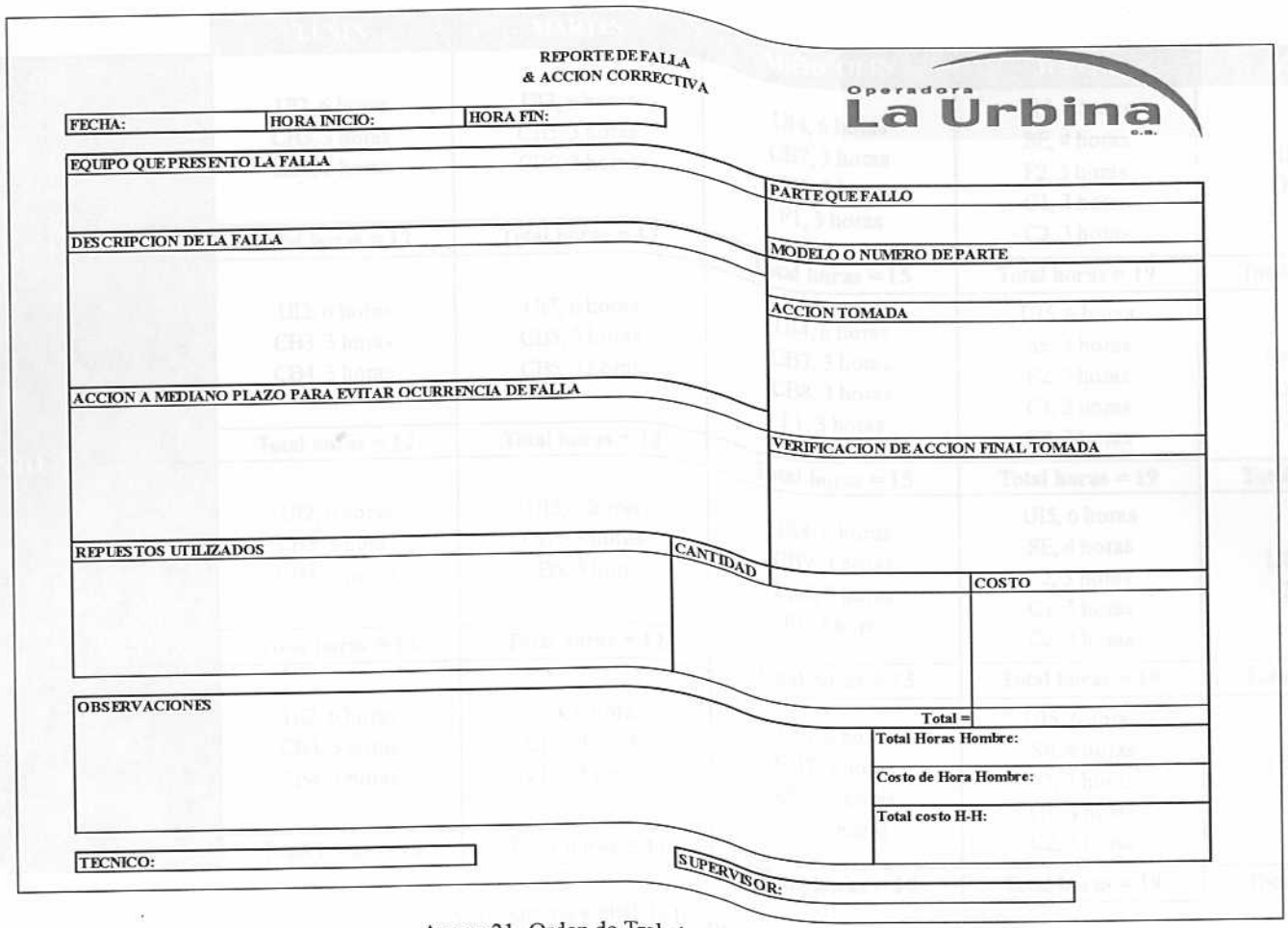
REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO
	Total =	

Total Horas Hombre:	
Costo de Hora Hombre:	
Total costo H-H:	

OBSERVACIONES

TECNICO:	SUPERVISOR:

Anexo 20. Orden de Trabajo de Porta Bobinas



Anexo 21. Orden de Trabajo Acción Correctiva

		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
MANTENIMIENTO	SEMANA 1	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas C1, 3 horas C2, 3 horas	UI6, 6 horas D, 7 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 19**	**Total horas = 13**
	SEMANA 2	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas C1, 3 horas C2, 3 horas	UI6, 6 horas D, 7 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 19**	**Total horas = 13**
	SEMANA 3	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas C1, 3 horas C2, 3 horas	UI6, 6 horas D, 7 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 19**	**Total horas = 13**
	SEMANA 4	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas CI, 3 horas C2, 3 horas	UI6, 6 horas D, 7 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 19**	**Total horas = 13**

Anexo 22. Cronograma actual de las rutinas de mantenimiento

		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
MANTENIMIENTO	SEMANA 1	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas	UI6, 6 horas C1, 3 horas C2, 3 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 13**	**Total horas = 12**
	SEMANA 2	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas	UI6, 6 horas C1, 3 horas C2, 3 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 13**	**Total horas = 12**
	SEMANA 3	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas C1, 3 horas C2, 3 horas	UI6, 6 horas D, 7 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 19**	**Total horas = 13**
	SEMANA 4	UI2, 6 horas CB3, 3 horas CB4, 3 horas	UI3, 6 horas CB5, 3 horas CB6, 3 horas	UI4, 6 horas CB7, 3 horas CB8, 3 horas F1, 3 horas	UI5, 6 horas SE, 4 horas F2, 3 horas	UI6, 6 horas C1, 3 horas C2, 3 horas
		Total horas = 12	**Total horas = 12**	**Total horas = 15**	**Total horas = 13**	**Total horas = 12**

Anexo 23. Cronograma propuesto de las rutinas de mantenimiento

CAJA DE HERRAMIENTAS #

Responsables: **Firmas**

Operario 1
Operario 2
Operario 3

HERRAMIENTA	CANTIDAD	CÓDIGO	MARCA

Operadora la Urbina entrega a los arriba firmantes las herramientas enumeradas anteriormente, los mismos se comprometen a cuidar y reemplazar en caso de extravío

Anexo 24. Inventario de herramientas

CONTROL DE COMPRA DE HERRAMIENTAS Y REPUESTOS

Operadora La Urbina c.a.

FECHA DE COMPRA:

NOMBRE DEL MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO

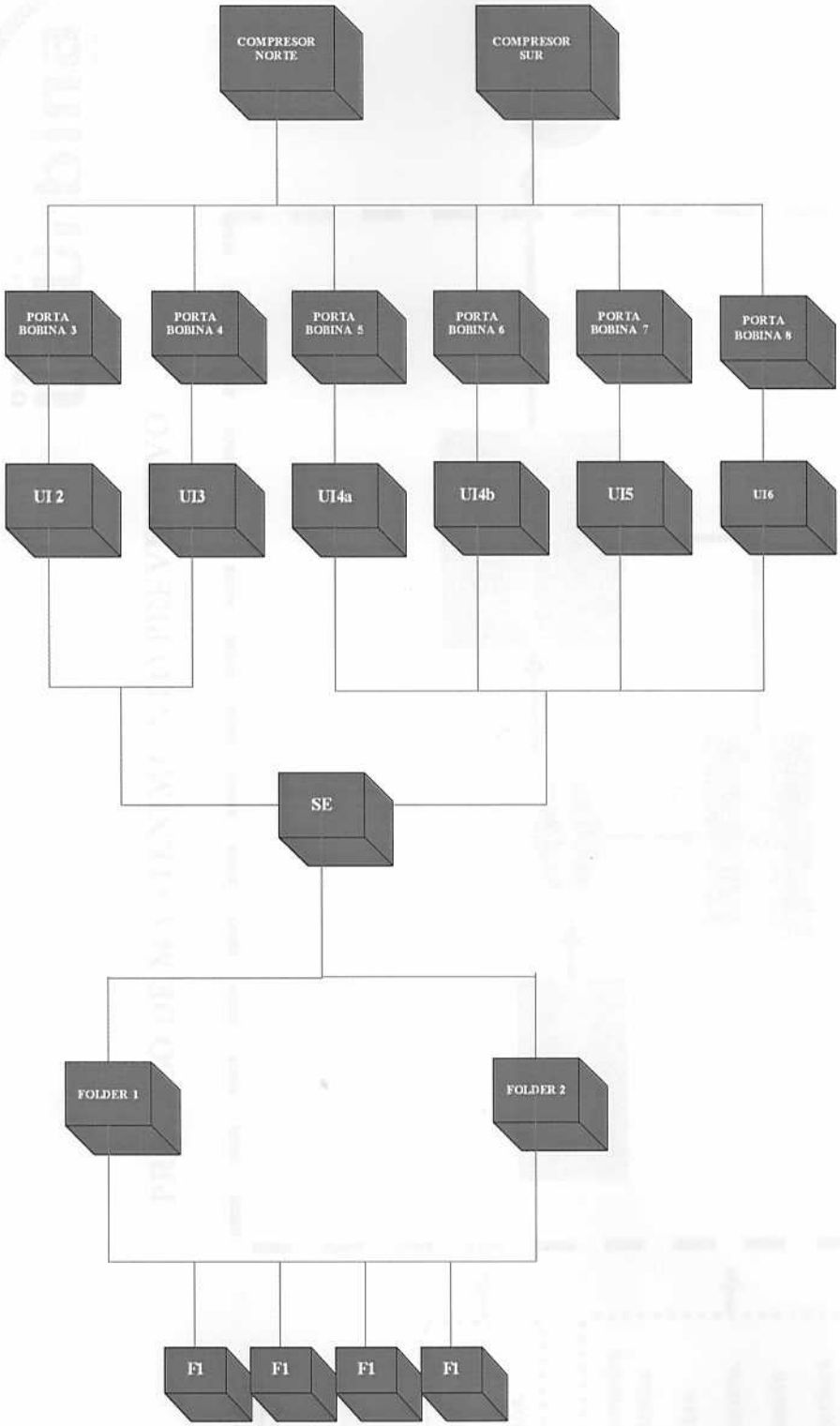
MODELO	TOTAL

PROVEEDOR	TELEFONO	FAX

DIRECCIÓN PROVEEDOR

RESPONSABLE

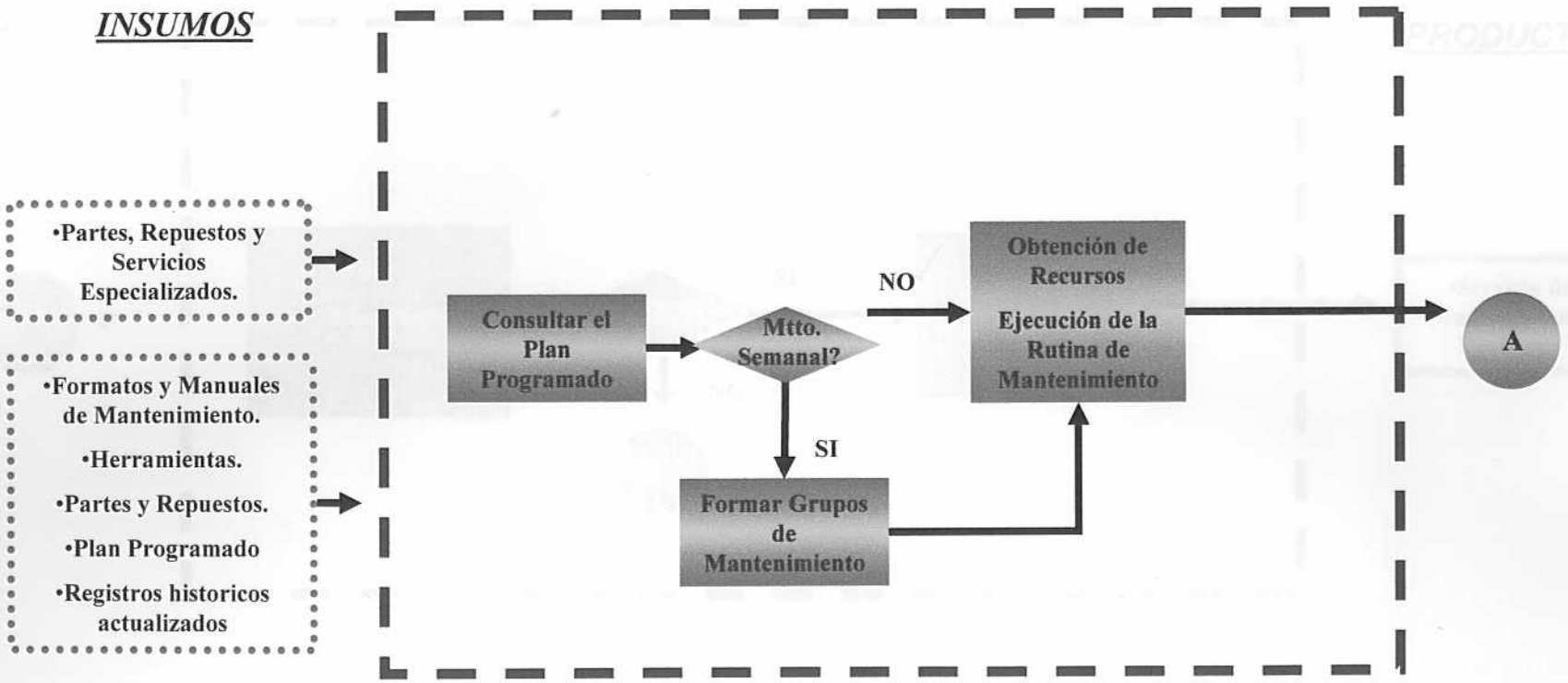
Anexo 25. Orden de compra



Anexo 26. Levantamiento del Sistema

Operadora La Urbina c.a.

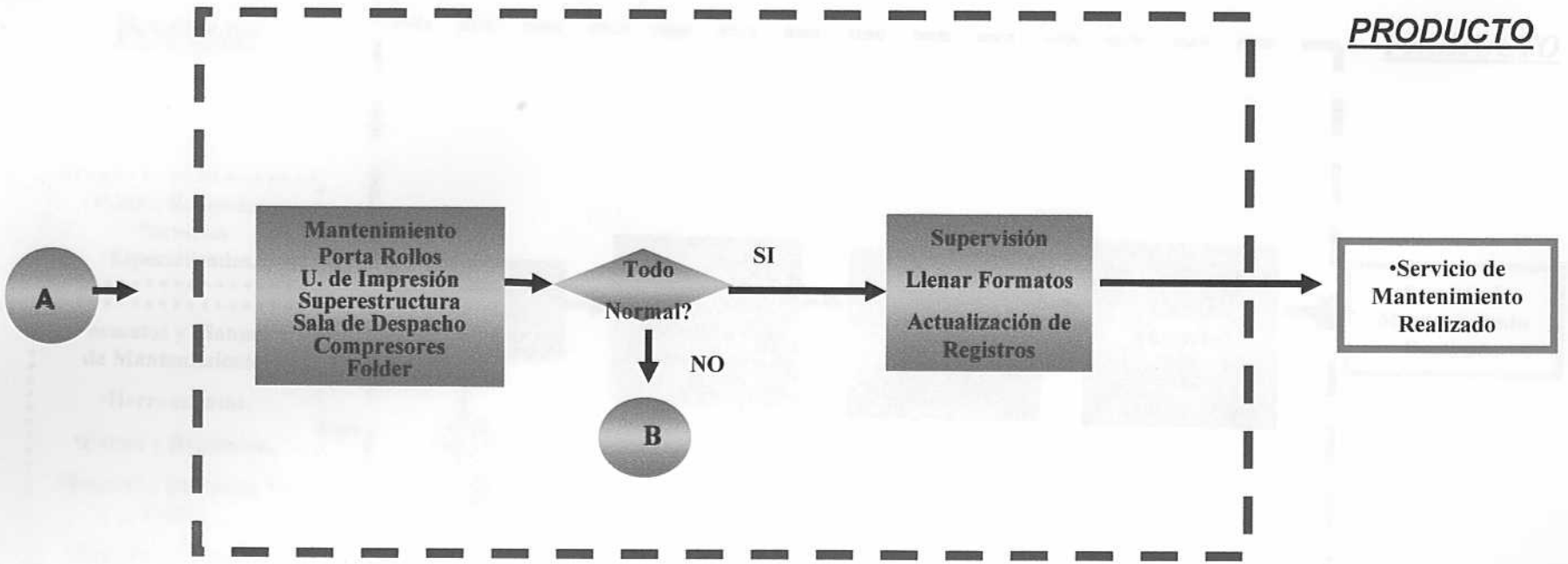
PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

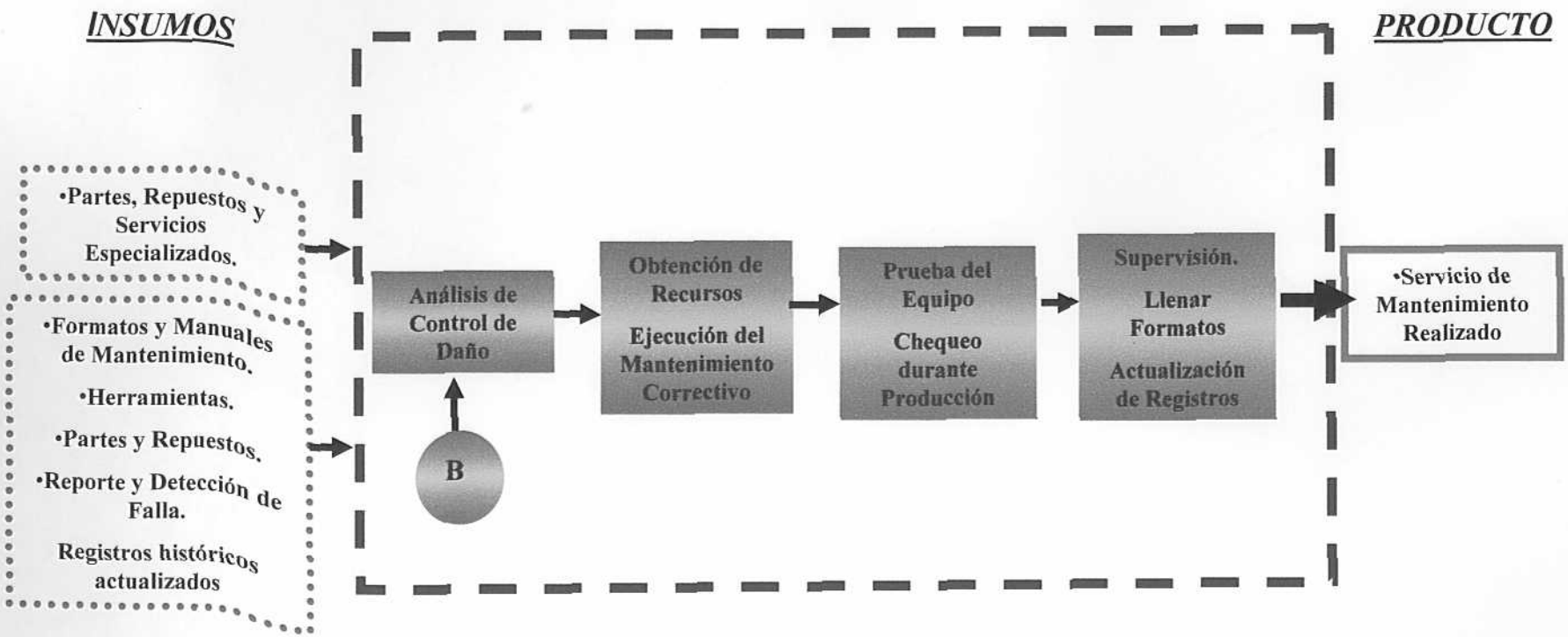


Anexo 27. Diagrama de flujo mantenimiento preventivo

Operadora La Urbina c.a.

PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Operadora La Urbina c.a.

PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO