

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA S.A.

Programa de Mantenimiento Preventivo

Y

Rediseño de la Red de Aire Comprimido

**Práctica de Especialidad para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería en Mantenimiento Industrial.**

PABLO RUIZ CALERO

CARTAGO, COSTA RICA

2002

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA S.A.

Programa de Mantenimiento Preventivo

Y

Rediseño de la Red de Aire Comprimido

Profesor Guía:

Ing. Francisco Manuel Mata Coto, Msc.

Asesor en la Empresa:

Ing. Ronald Morera Soto

Alumno:

Pablo Ruiz Calero

CARTAGO, COSTA RICA

2002

Agradecimiento

Al asesor en la empresa Ing. Ronald Morera Soto, por todo el apoyo brindado durante este proceso.

A los compañeros del taller por su valiosa colaboración en la realización de esta práctica profesional.

A todas las personas en la Compañía Textil Centroamericana S.A, por su compañerismo demostrado durante el tiempo que permanecí en la empresa.

A mi profesor guía, por su valiosa contribución para el desarrollo de esta práctica

A mi madre, a mi hermana y a mis hermanos que, de una u otra manera han contribuido a obtener este título; pero sobre todas las cosa a **Dios**, por permitir haber alcanzado el sueño de graduarme como un profesional.

RESUMEN DE LOS PROYECTOS

Uno de los últimos requisitos que un estudiante del Instituto Tecnológico de Costa Rica tiene que cumplir para obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial con grado de Bachiller, es realizar en una empresa que reúna las condiciones establecidas por la institución, una práctica de especialidad en la que el estudiante sea capaz de aplicar conocimientos adquiridos durante el proceso de formación. Además de brindarle la oportunidad de vivir ese primer contacto con el mundo laboral como un futuro profesional en dicho campo de aplicación.

La práctica profesional se realizó en la Compañía Textil Centroamericana S.A., consta de dos proyectos. Uno en el área de la Administración del Mantenimiento y el otro en el área técnica. Estos fueron definidos en estrecha colaboración de el ingeniero a cargo del Dpto. de Mantenimiento de la empresa y el profesor guía. De esta manera se concreto: un Programa de Mantenimiento Preventivo para el área de la Administración del Mantenimiento y un Rediseño de la Red de Aires Comprimido para la el área de la ingeniería.

A. Resumen del Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP)

El PMP, se seleccionó como una necesidad de la empresa de reducir los constantes paros en las máquinas por reparaciones, los cuales están provocando que el costo del producto final se vea encarecido y su calidad no se la óptima; que los tiempos de entrega se vean alterados o se cumplan demasiados ajustados, hasta el punto que se debe de exigir una mayor carga laboral tanto a los operarios como a los operadores y personal en general. Este PMP se desarrolló, siguiendo las etapas analizadas en el curso de Administración de Mantenimiento I. Las que se aplicaron una por una, producto de que en la empresa no existían condiciones previas establecidas (máquinas codificadas, parámetros de funcionamiento global claramente definidos), que nos permitieran tener un punto de partida definido.

El PMP se aplicó a nueve máquinas, distribuidas en las secciones de Tintorería (cuatro), Acabado Plano (dos) y Acabado Tubular (tres), esto por ser las secciones

en las que existe más dependencia del Departamento de Mantenimiento y las que presentan los costos por mantenimiento más elevados.

B. Resumen del Rediseño de la Red de Aire Comprimido

Este proyecto, se realiza porque se tienen deficiencias en la red de aire comprimido para suministrar el caudal necesario y la presión de trabajo requeridas por las máquinas; es importante destacar que esta fuente de energía es vital para los procesos productivos realizados en las secciones de Tintorería, Acabado Plano y Tubular, Circulares 1 y 2, así como Corte y Confección.

Su desarrollo se basó fundamentalmente en el folleto de Cálculo de Tuberías para aire Comprimido [Rojas], el cual nos proporcionó las bases necesarias para determinar por qué la red de aire esta presentando estos problemas y así tomando en cuenta esto, poder hacer las recomendaciones necesarias para corregir los tramos que están ocasionando que los consumos y las presiones de trabajo de las máquinas no sean las adecuadas.

SUMMARY OF THE PROJECTS

One of the last requirements that a Costa Rica Technological Institute student must fulfill to obtain the Industrial Maintenance Engineer Bachelor grade, is to make in a company that reunites the conditions established by the institution, in which the student is able to apply the knowledge acquired during the formation. Besides to offer the opportunity him to live that first contact with the labor world like a professional in this field on application.

The professional practice was made in the Textil Centroamericana S.A. Company, it consists of two projects: one in the Maintenance Administration area and other in the technical area, together with Maintenance Department's engineer in the company the professor guides of the practice selected the possible projects to make: one is a Program of Preventive Maintenance for the Administration Maintenance area and a Redesign of the Compressed air system for the area of engineering.

A. To Summary of the Program of Mantenimiento Preventivo (PMP)

The PMP, was selected like a necessity of the company to reduce constant unemployments in the machines by repairs, which are causing a increased product cost of the price and their quality not the optimal one; that the times of delivery are altered or too many fit are fulfilled, until the point that is due to as much demand a greater labor load to the workers as to the operators and personnel in general. The PMP development, following itself the stages analyzed in the Administration of Maintenance I course. Those were applied one by one, product of which in the company established previous conditions did not exist (codified machines, parameters of global operation defined clearly), that they allowed us to have a point to begin with defined.

The PMP was applied to nine machines, distributed in the sections of Tintorería (four), Finished Flat (two) and Finished Tubular (three), this being the sections in which it exists more depend on the Department of Maintenance and those that they present the costs by maintenance more elevated.

B. Summary of the Redesign of the Compressed air

This project, was made because there are deficiencies in the compressed air system to provide the necessary volume and work pressure required by the machines; it is important to emphasize that this power plant is vital for the productive processes made in the sections of Tintorería, Finished Flat and Tubular, Circular 1 and 2, as well as Court and Preparation.

Its development fundamentally is based on the pamphlet of Calculation of Pipes for compressed air [Rojas], which provided the bases to us necessary to determine because the air system was presenting these problems and taking into account this, to be able to make the recommendations necessary to correct the sections that they are causing that the consumptions and the pressures of work of the machines are not the suitable ones.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	1
RESUMEN DE LOS PROYECTOS	1
SUMMARY OF THE PROJECTS.....	IV
ÍNDICE GENERAL	VI

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
A. ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA S.A.....	1
1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA	1
2. MISIÓN.....	2
3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	2
4. PROCESO PRODUCTIVO	4
B. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	6
1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	7
2. OBJETIVOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	7
3. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	7
4. HORARIOS DE TRABAJOS.....	8
5. FORMAS DE COMUNICACIÓN	8
6. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	8
7. PROBLEMAS QUE ENFRENTA MANTENIMIENTO	11
8. FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES DEL DEPARTAMENTO.....	11

CAPÍTULO II

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DE LOS PROYECTOS	12
A. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP).....	12
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
2. OBJETIVO GENERAL DEL PMP	13
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PMP	13
B. REDISEÑO DE LA INSTALACION DE AIRE COMPRIMIDO	13
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	13
2. OBJETIVO GENERAL	14
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14

CAPÍTULO III

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	15
A. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	15
1. CONCEPTO	15
2. INSPECCIÓN.....	16
3. TIPOS DE ORIENTACIÓN	16
B. LOS CINCO ELEMENTOS CLAVES PARA EL ÉXITO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	17
1. ACCIONES ANTES – DESPUÉS.....	17
2. CONCEPTO DE FLEXIBILIDAD	18
3. CRITERIO PREVENTIVO	18
4. MENTALIDAD PREVENTIVA.....	19
5. SEGUIMIENTO DEL PMP	19
C. DISEÑO DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	20
1. ETAPA NO. 1.....	20

2.	ETAPA NO. 2.....	21
3.	ETAPA NO. 3.....	21
4.	ETAPA NO. 4.....	21
5.	ETAPA NO. 5.....	22
6.	ETAPA NO. 6.....	22
7.	ETAPA NO. 7.....	22
8.	ETAPA NO. 8.....	23
9.	ETAPA NO. 9.....	23
10.	ETAPA NO. 10	23
11.	ETAPA NO. 11	25
12.	ETAPA NO. 12.....	25
13.	ETAPA NO. 13	27
14.	ETAPA NO. 14	28
15.	ETAPA NO. 15	28
16.	ETAPA NO. 16	29
17.	ETAPA NO. 17	30
18.	ETAPA NO. 18	30
19.	ETAPA NO. 19	30
D.	METODOLOGÍA PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
E.	DESARROLLO DE LAS ETAPAS	32
1.	SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS PARA EL PMP	32
2.	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LAS MÁQUINAS.....	34
3.	CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS	34
4.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL.....	37
5.	OBJETIVO ESPECÍFICO A ALCANZAR CON EL PMP.....	38
6.	DIVISIÓN DE LAS MÁQUINAS EN PARTES	39

7.	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MMP).....	43
8.	DETERMINACIÓN DE REPUESTOS REQUERIDOS PARA CADA INSPECCIÓN	44
9.	CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD	45
10.	ELABORACIÓN DEL GANTT ANUAL	45
11.	ORGANIZACIÓN DE LAS INSPECCIONES.....	47
12.	DEFINIR LA ESTRATEGIA DE MOTIVACIÓN.....	52
13.	CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DEL PMP	52
14.	INICIO DEL PMP.....	53
F.	SOFTWARE PARA ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO.	54

CAPÍTULO IV

	REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	55
A.	CONCEPTOS TEÓRICOS.....	55
1.	GENERALIDADES	55
2.	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO	57
B.	METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	60
C.	DESARROLLO DEL PROYECTO	61
1.	UBICACIÓN DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO	61
2.	CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO	61
3.	CÁLCULO DE LA PRESIÓN ABSOLUTA DEL SISTEMA	75
4.	CAUDAL DE DISEÑO.....	76
5.	CAPACIDAD DE LOS COMPRESORES	76
6.	NUEVO FACTOR DE AMPLIACIÓN	77
7.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN CADA TRAMO	77
8.	CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS	80
9.	CÁLCULO DE LOS BAJANTES.....	86

10. HUMEDAD EN LA RED DE AIRE COMPRIMIDO	88
11. CUARTO DE COMPRESORES.....	89
12. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE DESPERDICADO POR FUGAS	90
13. ESTUDIO ECONÓMICO POR FUGAS	91
14. MANTENIMIENTO DE COMPRESORES	92

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	94
A. RECOMENDACIONES PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	94
B. RECOMENDACIONES PARA LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.....	95
C. CONCLUSIONES PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	96
D. CONCLUSIONES PARA LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.....	97

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍAS.....	98
APÉNDICES	99
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección Tintorería	33
Tabla 1.2. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección Acabado Tubular	33
Tabla 1.3. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección de Acabado Plano.....	34
Tabla 3.1. Codificación de las secciones que formarán parte del PMP.....	36
Tabla 3.2. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección Tintorería	36
Tabla 3.3. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección de Acabado Tubular	36
Tabla 3.4. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección Acabado Plano	37
Tabla 5.1. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Tintorería.....	38
Tabla 5.2. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Acabado Tubular	39
Tabla 5.3. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Acabado Plano...	39
Tabla 6.1.1. Desglose de las partes de la máquina Autoclave Scholl	39
Tabla 6.1.2. Desglose de las partes de la máquina Barca Obermaier.....	40
Tabla 6.1.3. Desglose de las partes de la máquina Barca Thies.....	40
Tabla 6.1.4. Desglose de las partes de la máquina Teñidora Scholl Americana	41
Tabla 6.2.1. Desglose de las partes de la máquina Foulard.....	41
Tabla 6.2.2. Desglose de las partes de la máquina Rama # 2.....	42
Tabla 6.3.1. Desglose de las partes de la máquina Compactadora Santex	42
Tabla 6.3.2. Desglose de las partes de la máquina Secador Obermaier 2.....	43
Tabla 6.3.3. Desglose de las partes de la máquina Hidroextractora Santex	43
Tabla 2.2.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Circular 2	64
Tabla 2.3.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Tintorería	66

Tabla 2.4.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Acabado Tubular	69
Tabla 2.5.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Acabado Plano	70
Tabla 2.6.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Cuarto de Calderas	71
Tabla 2.12.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Corte y Confección	73
Tabla 2.16.1. Consumo total para cada sección.....	75
Tabla 8.1. Consumo para cada tramo de la red de aire comprimido.	79
Tabla 8.2. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 1.	83
Tabla 8.3. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 2.	83
Tabla 8.4. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 3.	84
Tabla 8.5. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 4.	84
Tabla 8.6. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 5.	84
Tabla 8.8. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 2.....	85
Tabla 8.9. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 3.....	85
Tabla 8.10. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 4 y la ruta crítica 5	86
Tabla 9.1. Caudales de diseño para cada salida.....	86
Tabla 9.2. Resultado de los cálculos de los diámetros para cada salida.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Organigrama General Cía. Textil Centroamericana	3
Fig.2 Organigrama General Departamento de Mantenimiento	7
Fig.3. Orden de Trabajo	9
Fig. 4. Solicitud de Repuestos y Materiales.	10
Fig. 5. Estructura de la codificación de las máquinas.....	35
Fig. 6. Estructura código de para las inspeccione.....	35
Fig. 7. Formato del Gantt Anual para la Sección de Tintorería, especialidad mecánica	46
Fig. 8. Procedimientos para organizar las inspecciones del P.M.	49
Fig. 9. Formato para la hoja de inspección semanal	50
Fig. 10. Formato del documento Historial de Reparaciones	51
Fig.11. Plano de la red de aire comprimido, tramos de tubería	78
Fig.12. Distribución del Cuarto de Compresores.....	89

NOMENCLATURA

Nomenclatura utilizada en esta práctica profesional, tanto en el proyecto administrativo como el técnico.

Caracteres romanos

A	Anual	
AL	Aire Libre	
CMO	Costo de la Mano de Obra	
CHH	Costo de la Hora-Hombre	
CRE	Costo de los Repuestos	
CRA	Cantidad de Repuestos	
CUT	Costo Unitario	
CTMP	Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo	
CTMO	Costo de la Mano de Obra de todas las inspecciones	
CRTE	Costo de los repuestos de todas las inspecciones	
CU	Coeficiente de utilización	
D	Diámetro	[mm]
Dur	Duración de la inspección	[min]
DMP	Disponibilidad Para el Mantenimiento	[min/semana]
Direc	Dirección	
Desp	Despacho	
E	Semestral	
Frec	Frecuencia	
<i>f</i>	Factor de simultaneidad	
F	Frecuencia de la inspección	
ff	Factor de fugas	
fa	Factor de ampliación	
Ger	Gerencia	
HI	Hoja de inspección	

K	Cantidad de elementos de un mismo tipo	
L	Longitud	[m]
M	Mensual	
MP	Mantenimiento Preventivo	
m	Flujo de masa	[kg/h]
n	Número de carrera del pistón	[veces/min]
Oper	Operario	
Of	Oficina	
OPD	Operarios Disponibles	
Per	Periodo	
PMP	Programa de Mantenimiento Preventivo	
Prod	Producción	
P	Presión	[bar]
Q	Caudal	[l/min]
q	Caudal específico	[l/min]
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confianza	
S	Semanal	
s	Carrera del pistón	[cm]
T	Trimestral (para el proyecto administrativo)	
T	Temperatura (para el proyecto técnico)	[K]
t	Tiempo	[min]
TNP	Tiempo de no Producción	
TPM	Mantenimiento Productivo Total	
v	Velocidad	[m/s]
V	Volumen	[m ³]

Caracteres griegos

θ	Diámetro	[mm]
ρ	Densidad	[kg/m ³]
β	Índice de resistividad para caudales de aire	[kg/hr]
Δ	Símbolo de denominar caída	

Subíndices

d	Diseño
e	Equivalente
E	Eléctrica
max	Máxima
Min-Abs	Mínima- Absoluta
Min-mano	Mínima – manométrica
pare	pare
Arra	Arranque
N	Nominal
int	Interno
cal	Calculado
per	Permitida
Trab	Trabajo
Atmo	Atmosférica

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta práctica profesional como requisito para obtener el grado de Bachillerato en Ingeniería de Mantenimiento Industrial; nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación, así como la oportunidad de conocer el medio laboral en el cual nos vamos a desenvolver como futuros profesionales del Mantenimiento Industrial.

A. ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA S.A

1. Breve Reseña Histórica

En Noviembre de 1956, el Sr. Israel Nowalski Bermán y 2 socios más se unieron para montar una empresa que supliera la importación de productos textiles y fue así como en una área de 200 m² y con 7 empleados, nació **COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA LTDA.**, fabricante de calzoncillos, bloomers, telas, medias, bajo las marcas **OLYMPO** y **CREACIONES LILLIANA**. Gracias a la visión de estos hombres y especialmente del Sr. Nowalski B., **COMPAÑÍA TEXTIL CENTROAMERICANA S.A.** cuenta hoy con su planta física de 12.000 m², 300 trabajadores y con políticas bien definidas logrando una integración vertical completa, con maquinarias más modernas; fabricando gran variedad de productos tanto para mercado nacional como para exportación.

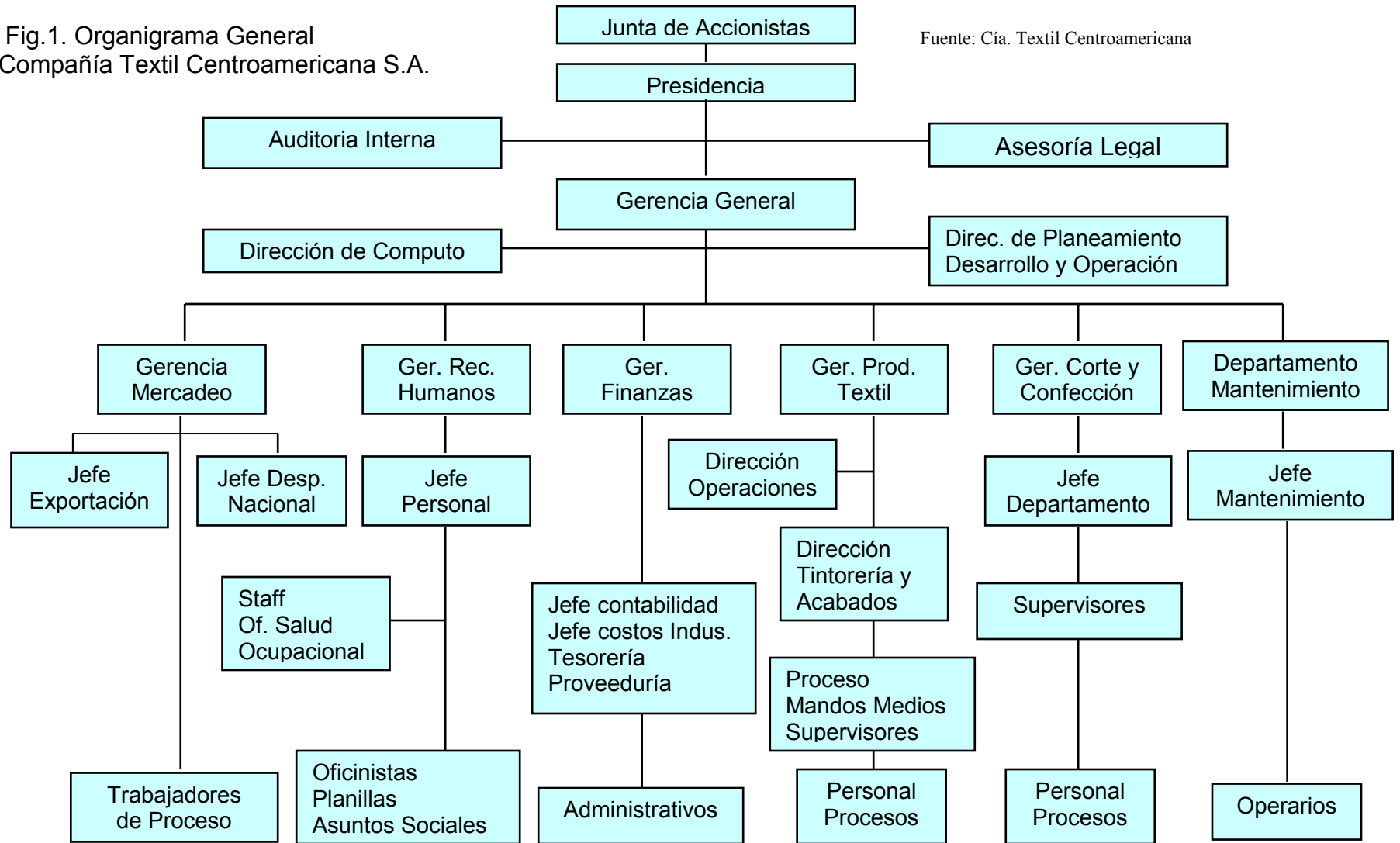
2. Misión

**“TEJER UNIDOS SATISFACCIÓN TOTAL
HASTA EL CONSUMIDOR FINAL”**

3. Estructura organizacional

Fig.1. Organigrama General
Compañía Textil Centroamericana S.A.

Fuente: Cía. Textil Centroamericana



4. Proceso Productivo

4.1 Departamento de Texturizado

El proceso productivo se inicia en el Departamento de Texturizado; el cual tiene como tarea darle torsión al filamento (materia prima) de nylon o poliéster, por medio de cierta temperatura; dicho de otra manera es darle giro al hilo por temperatura. La producción del Dpto. Texturizado pasa a ventas directas cuando se trata de material en crudo o bien al Dpto. de Tintorería o Urdidor dependiendo si requiere de otros procesos.

4.2 Urdidor

Como Urdidor se entiende el proceso de trasladar o pasar materia prima (nylon o poliéster) a grandes carruchas de bobina conocidos en el ambiente textilero como julios. Una vez arrollados; éstos julios son trasladados al Dpto. de Tejeduría para que su contenido sea tejido. También; en este departamento, se procesa en su totalidad los elásticos para venta a terceros o consumo interno; utilizando como materia prima el nylon, poliéster, hule y algodón.

4.3 Tejeduría Plana

En éste Departamento se realiza el tejido plano en nylon, algodón, poliéster y lycra. Los procesos más utilizados son el tejido en punto, (tela tejida con aguja); y la inserción por medio del tramado (que teje en línea). Otros procesos involucran la utilización de la máquina Jacguak, para el tejido de Markiset en liso o estampado. Como siguiente paso el producto se envía a Bodega de Tela cruda para realizarle otros procesos, o Bodega de despacho, si el producto se da por terminado y no necesita de otro tratamiento especial.

4.4 Tejeduría Circular

El proceso de éste departamento es un tejido tubular a modalidad o capricho del cliente. La materia prima empleada es en crudo y en materiales de algodón, o

polyester-algodón. La técnica utilizada es el tejido en punto. Posterior a completar el proceso, el producto resultante es enviado a la Bodega de Tela cruda.

4.5 Departamento de Tintorería

Recibe material para procesar proveniente de Texturizado, Tejeduría Circular y Tejeduría Plana.

Como lo describe su nombre, la tarea básica es darle el tratamiento de teñido a las hilazas y telas; aunque también se da tratamiento de colorante a ciertos accesorios complemento de las prendas como lo son botones, zippers, vivos etc.

Adicional al proceso de secado y teñido; existen otras maquinas que involucran procesos de purificar la humedad y realizar la tarea de compactado; lo cual consiste en buscar una estabilidad dimensional para evitar que la tela encoja, o sobrepase el 6 % de margen permisible.

4.6 Departamento de Acabados

En su sección de Acabado Plano (Rama); tiene como finalidad especial darle el ancho necesario a las telas mediante un procedimiento a base de calor.

4.7 Departamento de Control de Calidad

Tiene como función final la inspección rigurosa de acabado total de las telas; lo cual consiste en detección de todo tipo de falla (sea de tejido, ancho, tinte, etc.); se incluye la contaminación en las telas. Se utiliza como parámetro la experiencia y visualización del personal a cargo; el cual a su vez utiliza elementos auxiliares como lo son: luz ultravioleta, luz natural; que en suma traslucen la tela para mayor posibilidad de percibir irregularidades.

Como etapa final; el producto resultante de éste departamento se traslada a Bodega de telas para consumo interno o ventas a terceros.

4.8 Departamento de Corte y Confección

Se tiene el proceso completo contando con maquinaria especializada para el ensamblaje total de prendas de vestir. La secuencia en éste Departamento incluye desde diseño, trazo, corte, hasta la confección, revisión y empaque de prendas.

La tarea de confección se realiza mediante operaciones consecutivas de ensamble; teniendo el personal especializado en cada una de ellas. Existen en el departamento, tres líneas definidas de producción: Calzoncillo, Bikini y Camiseta (aunque esta última normalmente es comodín de diversos estilos); todas con personal calificado en supervisión, control de calidad, operarias y misceláneas de revisión y empaque.

Por ser un departamento con una cantidad considerable de máquinas en uso continuo; se cuenta con dos mecánicos de mantenimiento exclusivos para ésta área productiva.

Finalmente, el producto resultante en el Departamento de Corte y Confección; es enviado a Ventas locales o de exportación, y en consecuencia para su futura distribución al cliente.

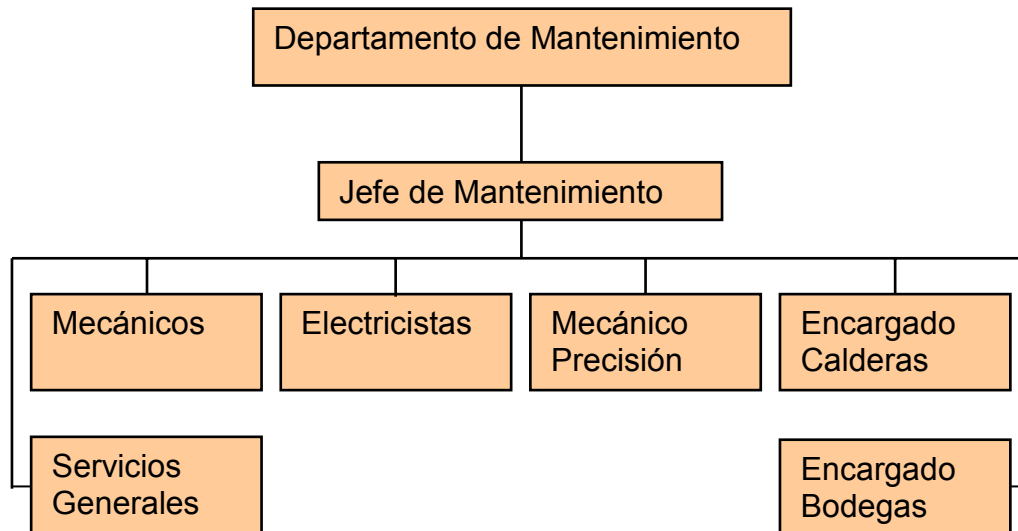
B. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

La función mantenimiento se hace realidad a través de un departamento de mantenimiento, cuyo personal es el responsable de que esta función se ejecute eficientemente.

Como se puede observar en la fig. 1. Diagrama general de la Compañía. Textil Centroamericana S.A., el nivel jerárquico del Departamento de Mantenimiento depende directamente de la gerencia general y se encuentra al mismo nivel que el Departamento de Producción; por lo que se establece una relación horizontal que propicia la coordinación de actividades entre ambos departamentos; permitiendo que mantenimiento pueda desarrollar sus planes en forma autónoma.

1. Estructura organizacional del Departamento de Mantenimiento

El departamento de mantenimiento está estructurada tal como se muestra en el siguiente organigrama:



Fuente Cía. Textil Centroamericana

Fig.2 Organigrama General Departamento de Mantenimiento

2. Objetivos del departamento de mantenimiento

- Lograr que las máquinas funcionen eficientemente, minimizando los paros durante la producción.
- Lograr que las máquinas funcionen correctamente garantizando condiciones seguras de operación.
- Lograr la máxima eficiencia en la ejecución de las reparaciones.
- Lograr que la labor de mantenimiento se realice a un costo óptimo.

3. Organización del departamento de mantenimiento

El tipo de organización del departamento de mantenimiento en la Compañía. Textil Centroamericana, es el conocido como mantenimiento Centralizado, el cual consiste en tener a todo el personal agrupado en uno o varios talleres, desde los

cuales este personal será enviado a cualquier punto de la planta, para cumplir con las funciones de mantenimiento.

4. Horarios de trabajos

El horario de trabajo dentro del departamento ha sido diseñado con el fin de responder a las fallas que se presenten en los tres turnos existentes en la compañía. Entonces existe un turno de 6 a.m. a 2 p.m. de lunes a sábados, al cual se asignó un mecánico y un electricista. Esta misma distribución se mantiene para los dos turnos restantes, que son de 2 p.m. a 10 p.m. y 10 p.m. a 6 a.m. respectivamente. En un horario de 7 a.m. a 5 p.m. entran los demás operarios como son: el mecánico de precisión, el encargado de bodega, el encargado del cuarto de caldera y el de servicios generales.

5. Formas de comunicación

El uso de la comunicación verbal y la orden de trabajo utilizada en la Compañía, son los mecanismos de comunicación más frecuentes. Dentro de los turnos existe una bitácora en la cual se registran todos los trabajos realizados y por realizar para los demás compañeros.

La comunicación entre los departamentos y el gerente general, se da en forma oral, por reuniones programadas y en algunos casos se realiza por medio de memorándums.

6. Documentación utilizada por el Departamento de Mantenimiento

La documentación utilizada se reduce a la orden de trabajo y a la solicitud de repuestos y materiales, como se muestra en las siguientes figuras.

7. Problemas que enfrenta Mantenimiento

Además de las dificultades que pueda presentar este departamento, debidas a su organización y proyección interna, existen otra serie de limitaciones y deficiencias, entre ellas cabe mencionar:

- a - No se cuenta con un adecuado manejo de bodega durante todos los turnos establecidos especialmente durante los horarios nocturnos.
- b - Se ha acostumbrado a realizar reparaciones bajo un mínimo nivel organizativo y con poca planificación.
- c - En algunos casos el mantenimiento depende del gerente general, obstaculizando la labor tanto del jefe de mantenimiento como de los operarios.

8. Fortalezas y oportunidades del departamento

El Departamento de Mantenimiento goza de una serie de fortalezas y oportunidades que le pueden permitir mejorar el estado y los niveles de productividad de la maquinaria, vía la aplicación y adaptación de mecanismos de control, planeación y desarrollo de todas sus actividades con la empresa, algunas de ellas son:

- a - Cuenta con un personal de gran experiencia dentro de la empresa, para reparar este tipo de maquinaria.
- b - El personal de mantenimiento forma un equipo muy unido.
- c - El jefe de mantenimiento posee gran experiencia en el campo.
- d - La implementación de un PMP dentro de la planta, le permitirá reducir los tiempos de paro de la maquinaria.
- e - Los operarios son consientes de la necesidad de incorporar el PMP, dentro de las actividades del departamento.
- f - La empresa se encuentra en un nivel alto de producción, lo que le permitirá hacer mejoras en los equipos e instalación.

CAPÍTULO II

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DE LOS PROYECTOS

En toda actividad o proyecto que se realice dentro de una organización, es importante justificar porque se llevará a cabo y establecer los objetivos tanto general como específicos a lograr con su desarrollo, razón por lo cual en este capítulo se presenta en forma independiente la justificación y los objetivos tanto general como específicos a lograr en cada uno de los proyectos contemplados en esta práctica profesional.

A. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP)

1. Justificación del proyecto

En la actualidad, la mayoría de las empresas nacionales están optando por establecer dentro de su organización el modelo del Mantenimiento Preventivo, como un medio de ahorro y mejoramiento de los controles de costos dentro del Departamento de Mantenimiento y la empresa en general; por lo que la Compañía Textil Centroamericana, no es la excepción y busca con la implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP) no quedarse en el modelo tradicional del mantenimiento correctivo en sus instalaciones.

Por lo cual, en el área Administración del Mantenimiento Industrial, se diseñará un Programa Piloto de Mantenimiento Preventivo, de algunas máquinas de las secciones de Tintorería, Acabado Tubular y Acabado Plano, en las cuales actualmente se realiza únicamente mantenimiento correctivo, provocando que los

costos por mantenimiento sean muy elevados para la Compañía y el valor final del producto se vea encarecido.

Se han seleccionado estas secciones por tener máquinas "cuello de botella", donde los paros son muy frecuentes y reiterativos contribuyendo en la mayoría de los casos, a que los tiempos de entrega y la calidad de la producción sea afectados.

Por estas razones se implementará un PMP, como medio de reducción de los costos por mantenimiento correctivo, mejorar la calidad del producto final y cumplir con los tiempos de entrega a los compradores, entre otros. Logrando de esta manera que el cliente se sienta satisfecho con la Compañía.

2. Objetivo general del PMP

Diseñar un Programa Piloto de Mantenimiento Preventivo.

3. Objetivos específicos del PMP

- ❖ Minimizar los paros por fallas en los equipos durante la producción.
- ❖ Lograr que los activos (máquinas, equipos y planta física) no sufran deterioro excesivo o prematuro.
- ❖ Aumentar la vida útil de las máquinas.
- ❖ Lograr que las máquinas funcionen eficientemente garantizando condiciones seguras de operación
- ❖ Servir como medio de optimizar los costos de mantenimiento.

B. REDISEÑO DE LA INSTALACION DE AIRE COMPRIMIDO

1. Justificación del proyecto

La Compañía Textil Centroamericana S.A., utiliza el aire comprimido como medio de energía en los diferentes procesos productivos como: tintorería, acabados, tejeduría, etc. Cuenta con una red de aire comprimido de circuito abierto donde no existe: un estudio de consumo de los equipos, de las caídas de presión en las tuberías, ni un plano de distribución de la instalación que nos permita observar las

secciones o los equipos que utilizan aire comprimido; presenta serios problemas de humedad al no contar con un sistema deshumificador del aire a la salida del compresor, también existen ramales que están ubicados dentro del cielo raso y subterráneamente por lo que se dificulta la revisión de su estado, además presenta deficiencia (no suministra el caudal necesario) en algunas de las principales máquinas que son “cuello de botella” en el proceso productivo.

Por todos estos factores mencionados, se realizará un Rediseño de la Instalación de Aire Comprimido de la compañía, que nos permita un funcionamiento óptimo de los equipos y con ello se reduzcan los costos por mantenimiento y la producción no se vea afectada.

2. Objetivo general

Rediseñar la instalación de aire comprimido, para que sea capaz de proveer el aire necesario tanto en calidad, como en volumen en los equipos para que la producción no se vea afectada.

3. Objetivos específicos

- ❖ Determinar el consumo de aire por máquina.
- ❖ Determinar la caída de presión de cada uno de los tramos de la tubería (principal, secundarios y de servicios)
- ❖ Determinar si la presión de aire que llega a cada máquina es la correcta.
- ❖ Cuantificar la pérdida de aire a través de fugas.

CAPÍTULO III

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En la actualidad muchas de las industrias están utilizando el Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP) como herramienta para mejorar su productividad.

Esta realidad pone de manifiesto la vigencia que tiene el mantenimiento preventivo aún en los inicios del año 2000.

Esta vigencia también la encontramos en lo que se podría llamar sistemas modernos de administración de mantenimiento, como lo son el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), los que consideran al mantenimiento preventivo como parte fundamental de su estrategia. Definitivamente, se sigue el mantenimiento preventivo, porque precisamente su impacto en el aumento de la productividad de las industrias, está comprobado importancia y se necesita para en el futuro implementar el TPM y el RCM.

A. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Concepto

Es un tipo de mantenimiento basado en la ejecución de inspecciones periódicas, a las máquinas e instalaciones en forma planificada, programada y controlada. Con el objetivo de detectar desgastes conducentes a fallas y corregirlos.

2. Inspección

La inspección debe ser vista como un trabajo de mantenimiento preventivo, que puede consistir de trabajos menores como por ejemplo mediciones de presión y temperatura pero también de trabajos mayores como desarme de máquinas para revisar partes internas.

Se debe de tener presente que al hablar de trabajos o inspecciones menores, o mayores no se está calificando su importancia dentro del mantenimiento preventivo, sino que se refiere a la duración del trabajo. Por lo tanto, es perfectamente factible encontrar en los programas de mantenimiento preventivo inspecciones con duración de las ocho horas.

2.1 Tipos de inspección

- Con Máquina Parada:
Son aquellas inspecciones que tienen que ver con el desarme del componente a revisar.
- Con Máquina en Marcha:
Son aquellas inspecciones que tienen que ver con la medición de los parámetros de funcionamiento.

3. Tipos de orientación

1. Reportar

- ◆ Se utilizará cuando la corrección del desgaste implique un trabajo mayor.
- ◆ Bajo esta orientación el operario no realiza ninguna corrección.
- ◆ Verifica el desgaste o desajuste y los reporta
- ◆ Con el reporte se pretende controlar el desgaste.
- ◆ En el reporte se analiza y se determina si requiere corrección.
- ◆ Si requiere corrección está se efectuará posteriormente, fuera del tiempo de inspección.
- ◆ La corrección se realizará por medio de la orden de trabajo.

2. Corregir si es necesario
 - ◆ Este tipo de inspección se basa en el concepto de “Criterio Preventivo”.
 - ◆ Se verifica el desgaste o desajuste y se corrige o no, según el “Criterio preventivo”.
 - ◆ Si se requiere corrección está se realiza inmediatamente, dentro el tiempo de ejecución.
3. Cambiar
 - ◆ Bajo este tipo de orientación, el operario cambia el componente, sin mayor análisis.

B. LOS CINCO ELEMENTOS CLAVES PARA EL ÉXITO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Acciones ANTES – DESPUÉS

Este tipo de mantenimiento es implantado por medio de un PMP.

Con lo se establece claramente la definición, el Mantenimiento Preventivo (MP) es necesario para el buen funcionamiento de una organización, ya que se involucran acciones Antes y Después de efectuar una inspección.

1.1 Acciones Antes

- a. Programar las inspecciones.
- b. Coordinar con producción y con el propio personal de mantenimiento.
- c. Coordinación con bodega de materiales y con cualquier otro departamento vinculado con las inspecciones.

1.2 Acciones Después

- a. Anotar en el historial de reparaciones de las máquinas los resultados de la inspección.
- b. Análisis de la información contenida en el historial de reparaciones para ajustar frecuencias y mejora el programa.

- c. Programar las reparaciones generadas por las inspecciones orientadas a reportar.
- d. Reprogramar las inspecciones que no se realizaron.

2. Concepto de flexibilidad

La implantación de MP varia de acuerdo al tipo de empresa, especialmente los aspectos referidos a la disponibilidad (DMP) que pueda tener mantenimiento para realizar inspecciones con máquina parada y a las posibilidades económicas de la empresa.

Estos dos aspectos hacen que existan PMP más especializados que otros.

Por lo tanto debe tener presente que al hablar de MP, a pesar de existir un procedimiento para su implantación y objetivos generales, el MP no debe entenderse como una estructura rígida. Más bien, debe verse como un programa flexible, que pueda desarrollarse satisfactoriamente aún con recursos disponibles limitados.

Al hablar de recursos disponibles limitados, se debe entender que mantenimiento dispone recursos, tales como materiales, repuestos, posibilidad de contratar personal, no en la cantidad ideal, pero si en la necesaria para trabajar en las condiciones normales.

Concretamente, el concepto de flexibilidad esta asociado a los objetivos específicos definidos para un PMP en una empresa.

3. Criterio Preventivo

El concepto de “Criterio Preventivo” es especialmente útil cuando un PMP está iniciando, implica un análisis técnico del componente que se está inspeccionando, para tomar la decisión de cambiar o dejarlo funcionado.

Bajo el “Criterio Preventivo”, tanto los ingenieros como los técnicos de mantenimiento se van a preocupar por sustituir sólo las piezas que realmente presenten desgastes peligrosos.

En este sentido la inspección se orienta hacia la revisión, especificando cambios o reparación, según el estado encontrado.

4. Mentalidad Preventiva

El concepto de “mantenimiento preventivo” enfatiza en la necesidad de que las inspecciones se realicen a conciencia, en forma cuidadosa, siguiendo estrictamente lo que indica el manual de mantenimiento preventivo, cumpliendo rigurosamente con todos los aspectos técnicos especificados, de modo que realmente se pueda detectar un desgaste conducente a falla.

5. Seguimiento del PMP

Se debe tener presente que un PMP no es estático, más bien debe verse como un proceso dinámico que requiere de ajustes y mejoras constantes.

El seguimiento detallado del PMP permitirá identificar los aspectos que requieren mejoramiento.

Por ejemplo, el encargado del PMP debe verificar que la realización de las inspecciones se está efectuando según lo planeado.

Esta relación directa con la realidad del programa, le permitirá al encargado del PMP compenetrarse con el mismo y realizar los ajustes que sean necesarios.

Dicho seguimiento “paso a paso” hará efectivo un mejoramiento del PMP paralelo al avance del mismo.

El seguimiento permite desarrollar en los operarios el concepto de “mentalidad preventiva”.

También permite instruir a los operarios que ejecutan las inspecciones en cuanto a la forma en que deben suministrar la retroalimentación técnica sobre las inspecciones realizadas.

C. DISEÑO DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Etapa No. 1

Seleccionar las máquinas que formarán parte de PMP

La selección se puede realizar tomando en cuenta los aspectos siguientes:

1. Importancia de las máquinas para el proceso productivo.

Se consideran como más importantes aquellas máquinas “cuello de botella”, que al fallar, afectan el trabajo de otras máquinas o que en general afecten el resto de la producción.

2. Costo de la falla.

Seleccionarán aquellas máquinas cuyos costos de falla serán elevados.

3. Nivel de organización Producción - Mantenimiento.

Se deberá analizar el nivel de organización específico en cada departamento de la planta y seleccionar las máquinas que pertenecen a los departamentos de la planta y seleccionar las máquinas que pertenecen a los departamentos mejor organizados.

4. Disponibilidad de la información a sacar de las máquinas.

Se deberá analizar la cantidad, la calidad de la información disponible para cada máquina y seleccionar aquellas que tenga catálogos, manuales o historial.

5. Plan piloto.

Seleccionar un grupo pequeño de máquinas y se diseña un PMP piloto.

El PMP piloto se puede utilizar cuando las condiciones de la planta hacen difícil diseñar un PMP para todas las máquinas.

El mantenimiento Preventivo se introducirá poco a poco, incrementado el número de máquinas de acuerdo a los resultados obtenidos por el PMP piloto.

2. Etapa No. 2

Valorar el Grado de Deterioro de las Máquinas.

Consiste en la realización de un estudio técnico para determinar el estado actual de las máquinas.

Formarán parte de PMP aquellas máquinas con un grado de deterioro normal.

A las máquinas con un grado de deterioro anormal. Se les deberá practicar, mantenimiento programado o extraordinario antes de su ingreso al PMP.

La valoración del grado de deterioro se podrá realizar de dos formas:

1. Ponderado el deterioro de cada una de las partes de la máquina.
2. Comparando los parámetros de funcionamiento actuales con los estándares aceptados.

3. Etapa No. 3

Estudio Técnico de las Máquinas.

Esta etapa involucra el estudio detallado de catálogos planos, manuales de funcionamiento e historial de la máquinas. Además de relación y consulta con los técnicos experimentados.

Se pretende poner de manifiesto, que para efectuar un PMP se tiene que conocer la máquina.

El diseño de un PMP exige un adecuado conocimiento de la máquina, en cuanto a su funcionamiento, partes principales y piezas sometidas a mayor desgaste.

En este sentido, se deberá tener siempre presente que un PMP no se puede hacer desde un escritorio.

4. Etapa No. 4

Formación de archivo Técnico.

En este archivo se deberá reunir toda la información técnica referente a las máquinas.

Por ejemplo: manuales de funcionamiento, catálogos de partes, planos de instalación, diagramas de control eléctrico, historial de reparaciones hoja de datos técnicos.

5. Etapa No. 5

Codificación de las máquinas.

Se deberá de diseñar una codificación que permita identificar claramente cada una de las máquinas.

Concepto de codificación: Es la representación o designaciones de un objeto por medio de símbolos:

- Números
- Letras
- Colores
- Figuras

La utilización de la codificación permite agilizar y facilitar el desarrollo del PMP.

La codificación se puede estructurar por medio de casillas.

6. Etapa No. 6

Determinar los parámetros de funcionamiento global

Se trata de identificar aquellos parámetros que pueden indicar ala eficiencia global de la máquina.

Estos parámetros están muy relacionados con el aporte de la máquina al proceso productivo.

La determinación de estos parámetro será la base para la evaluación del PMP.

7. Etapa No. 7

Definir los objetivos específicos del PMP

Se trata de escribir y cuantificar las expectativas del PMP

Partiendo de la situación actual, se debe estimar las mejorar que se esperan con la aplicación del PMP.

8. Etapa No. 8

Dividir la máquina en partes

Con esta etapa se pretende desglosar las máquinas y formar una lista de partes.

9. Etapa No. 9

Dividir las máquinas en subpartes

Con esta etapa se pretende desglosar las partes de máquinas.

Este desglose permitirá formar una lista de subpartes por cada parte.

El cumplimiento de las etapas No. C8 y C9 darán una mejor idea de la globalidad de la máquina.

10. Etapa No. 10

Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP)

En el MMP se concentra toda la información acerca de las inspecciones.

En el MMP estará formado, fundamentalmente por:

- ✓ Nombre y código de la máquina.
- ✓ Nombre y código de la parte
- ✓ Nombre y código de las subpartes
- ✓ Código de la inspección
- ✓ Descripción de la inspección
- ✓ Frecuencia de la inspección
- ✓ Duración de la inspección
- ✓ Operario por inspección (Cantidad y Especialidad)

Normalmente la información anterior se organiza en forma de tabla.

Código de la inspección

Se definirá de acuerdo con los conceptos de codificación vistos anteriormente.

Descripción de la Inspección

Se deberá definir las inspecciones que se consideren necesarias, para cada una de las subpartes, de esta forma, poco a poco, se creará la lista de las inspecciones de todas las máquinas.

La descripción se realizará de acuerdo con los conceptos vistos anteriormente: Objetivos y Orientación.

Frecuencia de la Inspección.

La frecuencia se refiere al “número de veces” que la inspección se deberá realizar, dentro de un tiempo de referencia.

El periodo se refiere a “cada cuanto” se tiene que realizar la inspección.

Es necesario aclarar, que en ocasiones se confunde los términos frecuencia y periodo de inspección.

Concretamente, se habla de frecuencia cuando en realidad se debería hablar de periodo.

Criterios para determinar las frecuencias.

1. Recomendaciones del fabricante de la máquina: Catálogos Manuales.
2. Ambiente que rodea la máquina.
3. Horas de funcionamiento.
4. Intensidad de funcionamiento: Velocidad.
5. Historial.
6. Experiencias del personal técnico: Jefes de Taller, Mecánicos, Electricistas, etc.
7. Costos de la falla.
8. Ocurrencias de daños humanos.
9. Daños al medio ambiente.
10. Ocurrencia en fallas en cadena.
11. Juicios de diseñador del PMP.

Es necesario comprender que las frecuencias definidas para iniciar el PMP, estarán sujetas a modificaciones conforme en PMP se ejecuta. Solamente a través de la experiencia generada, es que se pueden tener frecuencias definitivas.

Duración de la inspección

Se refiere a la duración estimada para ejecutar cada inspección.

Se debe determinar para cada inspección su duración estimada.

Normalmente su duración se expresa en minutos.

La suma de los tiempos de inspección multiplicadas por su frecuencia dará el tiempo total requerido para ejecutar el PMP (Hrs de MP/años).

La duración de cada inspección, es un dato fundamental, para realizar la programación anual de las inspecciones.

En el caso de las inspecciones orientadas a corregir “si es necesario”, la duración debe contemplar la posibilidad de corrección.

Operarios por inspección (Cantidad y Especialidad)

Se refiere a la cantidad y especialidad de los operarios requeridos para ejecutar cada inspección.

Se debe determinar para cada inspección, la cantidad y especialidad de los operarios requeridos para ejecutarla.

Normalmente se indica, la cantidad y el código de la especialidad.

11. Etapa No. 11

Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.

Esta determinación se refiere al cálculo de la cantidad de repuestos por año requeridos por la inspección.

Se debe determinar para cada inspección, el tipo y la cantidad de repuestos requeridos para la ejecución.

Se debe analizar la descripción y la frecuencia de la inspección y así determinar los repuestos la cantidad requerida.

Según las “orientaciones”, las inspecciones que requirieran repuestos, serán las que están orientadas a corregir si es necesario o cambiar.

12. Etapa No 12

Calcular la Disponibilidad para mantenimiento Preventivo.

DMP = Disponibilidad para mantenimiento preventivo

Se puede expresar en horas y minutos.

Representa la cantidad total de horas o minutos por semana, que se tiene para realizar las inspecciones.

La DMP se debe calcular por sección productiva y especialidad.

Para el cálculo de la DMP se deberá tomar en cuenta los siguientes factores:

1. 1. Tiempo de no producción.

TNP = Tiempo de no producción

Se refiere a las horas o minutos por semana, que las máquinas están paradas, según sus horarios de trabajo.

Se debe determinar por sección productiva.

Para determinar este factor, se debe estudiar en detalle el funcionamiento del proceso productivo.

Según este factor, el PMP se ejecutará sin afectar la producción.

Si no existe tiempo de no Producción, se debe por medio de la coordinación mantenimiento producción negociar y definir la disponibilidad para mantenimiento preventivo.

2. Operarios disponibles.

OPD = Operarios Disponibles

Se debe estimar la cantidad de operarios por especialidad, que ejecutarán la inspección.

3. Tiempo de no producción Equivalente.

TNP(e) = Tiempo de no producción Equivalente

Es el tiempo de no producción que depende del número de operarios asignados para trabajar en mantenimiento preventivo.

Se puede expresar en [(Min-Operarios)/sem]

Ecuación para el cálculo de TNP(e)

$$\text{TNP(e)} = \text{TNP} * \text{OPD}$$

4. Cálculo de la disponibilidad para el Mantenimiento Preventivo

Cuando dentro del tiempo de no producción se realicen trabajos que correspondan a otros tipos de mantenimiento. Por ejemplo:

- trabajos derivados de mantenimiento correctivo temporal
- trabajos de mantenimientos programados

El cálculo de la disponibilidad de considerar estos tiempos.

Ecuación para el cálculo de la DMP

$$DMP = TNP(e) - TOT$$

TOT = tiempo para otros trabajos

Una vez calculada la DMP se elabora el Gantt Anual y se determina si todas las inspecciones fueron programadas.

Si existen inspecciones no programadas, estas se deben valorar y decir si es necesario ejecutarlas o no.

Si se dice que es necesario ejecutarlas, se debe aumentar la DMP, incrementando algunos de los factores que intervienen en su cálculo y elaborar nuevamente el Gantt Anual.

Este proceso de aumentar la DMP, elaborar el Gantt Anual y verificar si las inspecciones fueron programadas, se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que se programen todas las inspecciones que formarán el PMP.

De lo anterior se deduce la importancia de utilizar la computadora en la elaboración del Gantt Anual.

En este sentido, existen en el mercado software que pueden facilitar y agilizar la elaboración del Gantt Anual, el diseño y la administración de un PMP, por ejemplo el Microsoft Project ®

13. Etapa No. 13

Elaboración del Gantt Anual

Consiste en la programación de las inspecciones.

El Gantt Anual es un cuadro que permite la distribución en el tiempo, de las inspecciones.

Normalmente el Gantt Anual se divide en las 52 semanas del año.

Las inspecciones se programan en las diferentes semanas del año, según su período, frecuencia y según la disponibilidad que exista para ejecutar el mantenimiento preventivo.

Tipos de Gantt Anuales: Gantt Anual 1-II y Gantt Anual 2-GI

Con el Gantt Anual 1-II se realiza una programación “inspección por inspección”.

Las inspecciones se programarán según su periodo, iniciando con las de período semanal y finalizando con las del periodo anual.

La programación de cada inspección o de cada grupo de inspecciones se debe intentar a partir de la semana No. 1 y se distribuirán en el Gantt según su periodo y frecuencia.

Si la DMP en la semana No. 1 es excedida, se debe intentar en la semana siguiente y así sucesivamente, hasta encontrar disponibilidad.

Se debe de considerar que hay meses que tienen más de cuatro semanas.

Dentro de los cuadros o semanas se coloca la duración de la inspección o del grupo de inspecciones.

Para la elaboración del Gantt anual, es fundamental el cálculo de la disponibilidad para mantenimiento preventivo (DMP).

14. Etapa No. 14

Organizar la ejecución de las inspecciones

Esta etapa consiste en la definición de procedimiento administrativo y el diseño de la documentación necesaria par ejecutar las inspecciones.

El procedimiento administrativo involucra el diseño de un flujograma Columnar, que tome en cuenta todos los conceptos de formas y contenidos relacionados con el diseño de procedimientos.

La documentación involucra el diseño de los documentos que se utilizarán para solicitar la ejecución de las inspecciones, registrar la retroalimentación técnica, registrar el historial de las reparaciones y registrar los datos técnicos.

15. Etapa No. 15

Definir la estrategia de motivación

Busca determinar la mejor manera de involucrar a los participantes en el PMP y conscientizarlos de la importancia del mismo.

Las estrategia utilizada debe lograr que los jefes de taller y operarios se sientan parte del PMP.

Se debe de realizar reuniones para informar sobre los beneficios, funcionamientos y objetivos

La estrategia de motivación puede empezar desde la etapa de elaboración de manuales de mantenimiento preventivo, efectuando reuniones para discutir sobre las inspecciones, frecuencias y duración de las mismas.

16. Etapa No. 16

Calcular el Costo Total de PMP

Normalmente este cálculo se realiza para un año de ejecución del PMP. Por lo tanto, los costos de la mano de obra y repuestos serán costo/año.

El cálculo se debe realizar inspección por inspección. Determinando costo de mano de obra y repuesto para cada inspección.

1. Cálculo de la mano de obra

CMO = Costo de la Mano de Obra

D = Duración de la inspección

F = Frecuencia de la inspección

CHH = Costo de la hora – hombre

Ecuación para calcular el costo de la mano de obra de una inspección.

$$CMO = D * CHH * F$$

2. Cálculo de los repuestos

CRE = Costo de los repuestos

CRA = Cantidad de repuestos

CUT = Costo unitario

Ecuación para calcular el costo de los repuestos de una inspección

$$CRE = CRA * CUT$$

3. Cálculo del Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo

El Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo se obtiene sumando el costo de la mano de obra de todas las inspecciones más el costo de los repuestos de todas las inspecciones.

CTMP = Costo del Programa de Mantenimiento Preventivo

CTMO = Costo de la Mano de Obra de todas las Inspecciones

CTRE = Costo de los Repuestos de todas las Inspecciones

Ecuación para calcular el costo total del Programa de Mantenimiento Preventivo

$$CTMP = CTMO + CTRE$$

17. Etapa No. 17

Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo

La gerencia debe anunciar oficialmente el inicio del PMP.

Se debe de registrar oficialmente la fecha de inicio del PMP

Estas fechas será la referencia a partir de la cual se cuantificarán los resultados del PMP.

18. Etapa No. 18

Evaluar Programa de Mantenimiento Preventivo

Un criterio para evaluar los resultados del PMP es registrar los parámetros de funcionamiento global.

Concretamente, los datos de funcionamiento global se pueden graficar en el tiempo y observar su comportamiento.

Además, se puede llevar un registro de inspecciones realizadas contra inspecciones solicitadas y así determinar el porcentaje de cumplimiento de PMP

19. Etapa No. 19

Actualización Programa de Mantenimiento Preventivo

Esta etapa pretende resaltar la importancia de dar un seguimiento detallado al PMP.

Normalmente el ciclo de ejecución de un PMP es de un año.

La actualización indica la necesidad de que cada vez que se cumpla un ciclo se ejecución de PMP, este se debe revisar, ajustar y mejorar antes de iniciar un nuevo ciclo.

También, la actualización se puede realizar dentro de un ciclo de ejecución, conforme el PMP se ejecuta.

D. METODOLOGÍA PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En el desarrollo de este proyecto, se seguirán las etapas del diseño de un mantenimiento preventivo mencionadas en el punto C de este capítulo, las cuales se citaran a continuación:

ETAPA No 1 : Seleccionar las Máquinas que formaran parte del PMP.

ETAPA No 2 : Valorar el Grado de Deterioro de las Máquinas

ETAPA No 3 : Estudio Técnico de las Máquinas

ETAPA No 4 : Formación del Archivo Técnico

ETAPA No 5 : Codificación de las Máquinas

ETAPA No 6 : Determinar los parámetros de funcionamiento global

ETAPA No 7 : Definir los objetivos específicos del PMP

ETAPA No 8 : Dividir las Máquinas en Partes

ETAPA No 9 : Dividir las Partes de Máquinas en Subpartes

ETAPA No 10 : Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP)

ETAPA No 11 : Determinar Repuesto requeridos para ejecutar cada inspección.

ETAPA No 12 : Calcular la Disponibilidad para Mantenimiento Preventivo (DMP)

ETAPA No 13 : Elaboración del Gantt Anual.

ETAPA No 14 : Organizar la Ejecución de las Inspecciones.

ETAPA No 15 : Definir la Estrategia de Motivación.

ETAPA No 16 : Calculara el Costo Total del PMP.

ETAPA No 17 : Inicio del PMP.

ETAPA No 18 : Evaluar el PMP

ETAPA No 19 : Actualizar el PMP

Las últimas tres etapas, quedarán a criterio de las personas que estarán a cargo del PMP dentro de la Cía.

E. DESARROLLO DE LAS ETAPAS

Este programa se ha desarrollado como una necesidad de la Compañía, de reducir los tiempos muertos por reparaciones de equipos, cumplir con los tiempos de entrega establecidos en el ámbito nacional como internacional; mejorar la calidad del producto y sobre todo velar por la seguridad del personal que labora en la empresa.

1. Selección de las máquinas para el PMP

El programa se iniciará con un total de nueve máquinas, divididas entre las tres secciones (Tintorería, Acabado Tubular y Acabado Plano), que se están contemplando para el Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP), su selección se ha hecho con base en aspectos como:

- ◆ La importancia en el proceso productivo. Esto significa que al darse una falla en éstas, la producción se detiene o sea, son máquinas “cuellos de botella”.
- ◆ El costo de la falla. La mayoría de los repuestos para estas máquinas, deben ser importados y en otros casos se deben de realizar adaptaciones de los mismos, que hacen que la eficiencia de la máquina se vea afectada al variar sus condiciones de trabajo.
- ◆ La disponibilidad de información técnica. Como medio de facilitar la comprensión del funcionamiento y constitución física de la máquina.
- ◆ Parte del plan piloto. Por la existencia de un gran número de máquinas es difícil poder aplicar el PMP a toda la empresa de una sola vez; por lo que, con la experiencia y los resultados obtenidos por el PMP piloto, se facilite la incorporación en futuro de nuevas máquinas hasta abarcar toda la compañía.

En las siguientes tablas, observamos los aspectos por los que se seleccionaron cada una de las diferentes máquinas que se incluyen en el PMP.

Tabla 1.1. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección Tintorería

Máquinas	Importancia en el proceso			Costo de la falla		Disponibilidad información		Plan Piloto	
	Alta	Media	Baja	Alto	Bajo	Si	No	Si	No
Autoclave Scholl 1	X			X		X		X	
Barca Obermaier	X			X		X		X	
Barca Thies	X			X		X		X	
Teñidora Scholl	X			X		X		X	

Tabla 1.2. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección Acabado Tubular

Máquinas	Importancia en el proceso			Costo de la falla		Disponibilidad información		Plan Piloto	
	Alta	Media	baja	Alto	Bajo	Si	No	Si	No
Hidroextractora Santex	X			X		X		X	
Secador 2	X			X		X		X	
Compactadora Santex	X			X		X		X	

Tabla 1.3. Selección de las máquinas para Mantenimiento Preventivo de la Sección de Acabado Plano

Máquinas	Importancia en el proceso			Costo de la falla		Disponibilidad información		Plan Piloto	
	Alta	Media	baja	Alto	Bajo	Si	No	Si	No
Rama # 2	X			X		X		X	
Foulard	X			X		X		X	

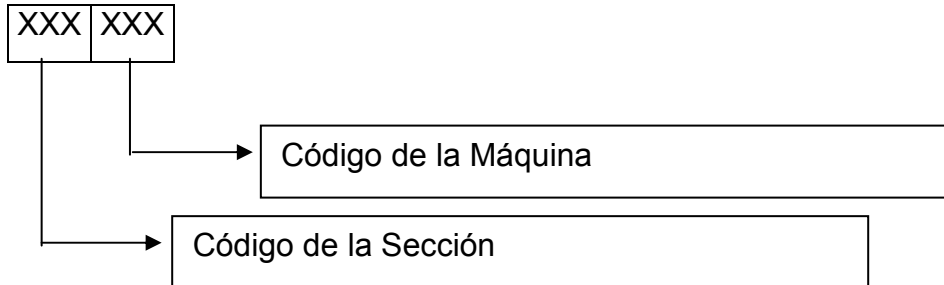
2. Determinación del grado de deterioro de las máquinas

Se pudo constatar que físicamente las máquinas seleccionadas, se encuentran en condiciones normales de desgaste. Con base en la opinión de los jefes de los departamentos involucrados, así como el jefe de mantenimiento; se consideró, que el deterioro de las máquinas es normal y pueden tomarse en cuenta para el PMP, esto porque dentro de la Compañía, no existen parámetros de funcionamiento global estándares para compararlos con los parámetros actuales que maneja el departamento de Producción como son: kilos de tela procesados y horas de producción de la máquina.

3. Codificación de las máquinas

La Compañía no cuenta con un sistema de codificación para las máquinas y los equipos; se encontró un listado de las máquinas y la cantidad de motores que posee cada máquina basado en Centros de Costo, el cual es un parámetro del departamento de Recursos Humanos, utilizado para cargar diferentes tópicos a las cuentas de gastos de cada departamento y en algunos casos estos están desactualizados; además muchas de las máquinas que contemplan estos Centros de Costos están desechadas o se han vendido, por lo cual para efectos del PMP, esta lista de máquinas no funciona y se recodificarán los equipos utilizando un código alfanumérico sin Centros de Costos.

La estructura del código para la identificación de las máquinas estará conformado de la siguiente manera:



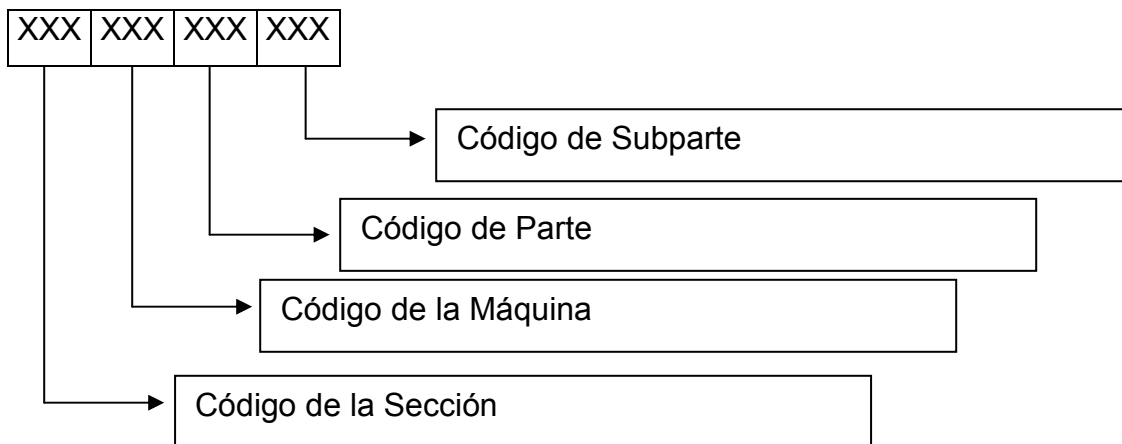
Fuente: Diseñador del PMP

Fig. 5. Estructura de la codificación de las máquinas.

Código de la Sección: constituido por el nombre del área productiva a la que pertenece la máquina.

Código de la Máquina: constituido por el nombre y número de máquina según su ubicación dentro del proceso productivo.

La estructura del código para las inspecciones estará conformado de la siguiente manera:



Fuente: Diseñador del PMP

Fig. 6. Estructura código de para las inspeccione.

Código de la Sección: constituido por el nombre del área productiva a la que pertenece la máquina.

Código de la Máquina: formado por el nombre y número de máquina según su ubicación dentro del proceso productivo.

Código de Parte: formado por el nombre de la parte de máquina.

Código de Subparte: formado por un número que representa la subparte de la parte de máquina.

En las siguientes tablas se muestra un resumen de la codificación utilizada en las secciones y las máquinas que formaran parte del PMP.

Tabla 3.1. Codificación de las secciones que formarán parte del PMP

Nombre de la sección	Código
Tintorería	Tin
Acabado Plano	AP
Acabado Tubular	AT

Tabla 3.2. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección Tintorería

Nombre de la sección	Código Sección	Código Máquina
Autoclave Scholl	Tin	AS1
Barca Obermaier	Tin	BO
Barca Thies	Tin	BT
Teñidora Scholl	Tin	TS

Tabla 3.3. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección de Acabado Tubular

Nombre de la sección	Código Sección	Código Máquina
Hidroextractora Santex	AT	HS
Compactadora Santex	AT	CS
Secador Obermaier 2	AT	SO2

Tabla 3.4. Codificación de las máquinas que formarán parte del PMP de la Sección Acabado Plano

Nombre de la sección	Código Sección	Código Máquina
Rama # 2	AP	R2
Foulard	AP	Fo

4. Determinación de los parámetros de funcionamiento global

No se cuenta con un control de parámetros específicamente; pero si lleva un documento de producción de la máquina en el que entre otros puntos se intenta llevar el control de tiempos de parada de la máquina. El cual se puede determinar sumando los tiempos reportados que estuvo la máquina parada por reparación; por lo que se le solicitó al departamento de producción que levantara un informe de los tiempos de paradas de las máquinas de la sección de Tintorería de los meses de agosto y septiembre. De esta manera, se obtiene un dato aproximado de este índice de funcionamiento global, esto por cuanto en algunos caso no se registraron los tiempos de parada por falta de costumbre de los operadores.

Según los datos obtenidos, podemos determinar para el mes de agosto el porcentaje de los paros por mantenimiento correctivo alcanzados que son de un 11.2 %y para el mes de septiembre un 17.6 %.

Para determinar estos porcentajes se siguieron los siguientes pasos:

1. Se determinó el promedio de las horas de funcionamiento de las máquinas durante la 24 hrs el cual fue de un 85%. (o sea 20 hrs de trabajo efectivo)
2. Como en la empresa se trabaja de lunes a domingo, se calculó el total de las horas por mes que trabajaría la sección de Tintorería, el cual es de 612 hrs, funcionando al 85%.
3. Se calculó el porcentaje entre las horas de paro y las horas totales de funcionamiento.

(Ver anexo 1)

5. Objetivo específico a alcanzar con el PMP

Un PMP, es un tipo de mantenimiento que nos brinda muchas ventajas y herramientas para mejorar las condiciones de una empresa en aspectos administrativos y laborales, permitiéndole a ésta, crecer tanto en el plano económico como de presentación (imagen).

Esta es una etapa que nos permitirá, estimar las mejoras que se esperan con la aplicación del PMP, así como ayudarnos a evaluar el mismo. [Valverde 2001].

La determinación de los objetivos específicos, se realizará máquina por máquina, permitiéndonos aplicar y evaluar de una manera más flexibilidad y ágil el PMP.

Dentro de los aspectos por considerar para la definición de los objetivos específicos están:

- ❖ Que estas secciones son las que tienen el mayor costo de mantenimiento.
- ❖ La eficiencia global de algunas máquinas es baja.
- ❖ Algunas máquinas son de gran tamaño.
- ❖ Por el tipo de proceso productivo.

Las siguientes tablas, muestran los objetivos específicos asignados a cada una de las diferentes máquinas que integran el PMP.

Tabla 5.1. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Tintorería

Máquinas	Objetivo específicos
Autoclave Scholl	Reducir los costos de mantenimiento
Barca Obermaier	Reducir los costos de mantenimiento
Barca Thies	Reducir los costos de mantenimiento
Teñidora Scholl	Reducir los costos de mantenimiento

Tabla 5.2. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Acabado Tubular

Máquinas	Objetivo específicos
Hidroextractora Santex	Aumentar la eficiencia global de la máquina de un 65% a un 70%.
Compactadora Santex	Aumentar la eficiencia global de la máquina de un 65% a un 70%.
Secador Obermaier 2	Reducir las horas extras.

Tabla 5.3. Objetivos específicos para las máquinas de la Sección Acabado Plano

Máquinas	Objetivo específicos
Rama # 2	Reducir las pérdidas por mala calidad.
Foulard	Reducir las horas extras.

6. División de las máquinas en partes

Con esta etapa se pretende desglosar las máquinas y formar una lista de partes que nos ayude a comprender mejor el funcionamiento de la misma. Los siguientes puntos y sus respectivas tablas nos mostrarán cada un de las partes y su respectiva codificación en que se separaron cada una de las máquinas que componen este PMP.

6.1 Desglose y lista de partes de la Sección de tintorería

Tabla 6.1.1. Desglose de las partes de la máquina Autoclave Scholl

Partes de la máquina	Código de la parte
Intercambiador de calor	IC
Sistema de alimentación	AV
Conjunto motor – bomba axial.	AB1
Conjunto motor – bomba adiciones	AB2
Panel de Control	PC

Tabla 6.1.2. Desglose de las partes de la máquina Barca Obermaier

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema alimentación agua y vapor	AV
Conjunto motor – bomba principal	MB1
Conjunto motor – bomba adiciones	MB2
Panel de control eléctrico	PC
Sistema neumático	SN
Conjunto motor – reductor malacate	MR1
Conjunto motor – reductor rodillo	MR2
Intercambio de calor	IC

Tabla 6.1.3. Desglose de las partes de la máquina Barca Thies

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema alimentación agua y vapor	AV
Conjunto motor – bomba principal	MB1
Conjunto motor – reductor malacate (Fajas)	MR1
Panel de Control eléctrico	PC
Conjunto motor – reductor rodillo	MR2
Sistema neumático	SN
Intercambiador de calor	IC

Tabla 6.1.4. Desglose de las partes de la máquina Teñidora Scholl Americana

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema de alimentación agua y vapor	AV
Conjunto motor – bomba principal	MB1
Conjunto motor – bomba adiciones	MB2
Conjunto motor – reductor rodillo	MR1
Conjunto motor – reductor rolo	MR2
Conjunto motor – reductor malacate	MR3
Panel de Control eléctrico	PC
Sistema neumático	SN

6.2 Desglose y lista de partes de la Sección de Acabado Plano

Tabla 6.2.1. Desglose de las partes de la máquina Foulard

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema cadenas, engranajes y muñoneras	CEM
Conjunto motor – abanico	MA1
Conjunto motor – abanico	MA2
Conjunto motor – reductor rollo	MR1
Sistema neumático e Hidráulico	NH
Motor	M1
Panel de Control eléctrico	PC

Tabla 6.2.2. Desglose de las partes de la máquina Rama # 2

Partes de la máquina	Código de la parte
Bancada de entrada	BE
Bancada de salida	BS
Guía derecha para la cadena principal	GDC
Guía izquierda para la cadena principal	GIC
Panel de Control eléctrico	PC
Conjunto cámara de calefacción	CC
Cámara de enfriamiento	CE
Motor Principal	MP
Conjunto motor - extractor	ME
Sistema de alimentación del aceite	AA

6.3 Desglose y lista de partes de la Sección de Acabado Tubular

Tabla 6.3.1. Desglose de las partes de la máquina Compactadora Santex

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema neumático y alimentación de vapor	NV
Sistema de cadenas, engranes y muñoneras	CEM
Sistema de fijación de la tela en la entrada	SF
Conjunto unidad calefactora	UC
Mesa de salida	MS
Bancada de salida	BS
Sistemas del plegador	SP
Motor – reductor ancho de tela	MR
Panel de control eléctrico	PC
Sistema sensorial	SS

Tabla 6.3.2. Desglose de las partes de la máquina Secador Obermaier 2

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema neumático y alimentación de vapor	NV
Conjunto motor - extractor	ME
Sistema de cadenas, engranes y muñoneras	CEM
Conjunto cámaras de secado	CCS
Sistema de vibración	SV
Conjunto banda transportadora	CBT
Sistema de centrado	SC
Motor - reductor plegador de entrada	MR1
Panel de control eléctrico	PC

Tabla 6.3.3. Desglose de las partes de la máquina Hidroextractora Santex

Partes de la máquina	Código de la parte
Sistema neumático	SN
Sistema de cadenas, engranes y muñoneras	CEM
Unidad entrada	UE
Unidad salida	US
Unidad par girar las rueda de los brazos	UGR
Unidad para abrir brazos	UAB
Unidad para dar el ancho de tela	UAT
Unidad del plegador	UP
Unidad para mover rodillos de la entrada	UMR
Panel de control eléctrico	PC
Unidad hidráulica	UH

7. Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP)

El MMP se ha desarrollado como una forma de determinar aquellas inspecciones más importantes que nos permitan mantener las condiciones óptimas de funcionamiento de la máquina, además de permitirnos modificarlas dependiendo de

la exigencias del programa y la experiencia que se vaya adquiriendo con el tiempo. Para esta practica profesional se mostrará la elaboración del manual de mantenimiento preventivo para un de las máquinas. **(ver apéndice 1)**

Para determinar la frecuencia y la duración de cada inspección se tomaron en cuenta aspectos como:

- ❖ Recomendaciones del fabricante de la máquina.
- ❖ Ambiente que rodea la máquina.
- ❖ Horas de funcionamiento.
- ❖ Experiencia del personal técnico: Jefe de taller, Mecánicos, Electricistas.
- ❖ Juicio del diseñador del PMP.
- ❖ Costos de la falla.

Se debe tener presente que las frecuencias para iniciar el PMP, estarán sujetas a modificaciones conforme el PMP se ejecute. Solamente a través de la experiencia generada es que se pueden tener frecuencias definitivas.

8. Determinación de repuestos requeridos para cada inspección

Inicialmente, la mayoría de las inspecciones no requieren de repuesto alguno, por lo que se ha decidido dejar esta sección del programa para más adelante, y definirse en el transcurso del mismo. Se estima que no habrá grandes diferencias en cuanto al cálculo de los costos del PMP puesto que de momento las tareas en su mayoría serán realizadas por los mecánicos.

Se debe mencionar, que en la bodega se ha procurado en la medida de lo posible mantener el mínimo de repuesto, lo que facilitará la realización de la inspección. Una alternativa, es que la persona encargada del PMP tome en consideración el factor repuesto para la inspección, con un buen tiempo de anticipación antes de aplicarla; tomando en consideración que estas máquinas tienen manuales técnicos donde se dan listas de los repuestos más comunes que se deben cambiar debido a las condiciones de trabajo a los que están sometidos.

9. Cálculo de disponibilidad

En la Compañía se trabajan tres turnos de lunes a domingo, por lo que se negociará con el departamento de producción el tiempo para el PMP, ya que dadas estas condiciones no existe Tiempo de No Producción (TNP). Se ha proyectado un tiempo total de 10 horas por día, de 10 a.m. a 8 p.m. lapso en el cual algunas máquinas se paran para evitar los picos de corrientes. Tomando en cuenta que se da una hora entre almuerzos y café para los operarios, se partirá de un total de **9 hrs / día** para el PMP.

Esta disponibilidad de 9 hrs / días, esta dividida entre las tres secciones que abarca el PMP de la siguiente manera:

- ❖ Para la sección de Tintorería por tener un mayor número de máquinas se le asignará una disponibilidad de 4 hrs / día,
- ❖ Para la sección de Acabados Tubular por el tamaño de las máquinas se le asignará una disponibilidad de 3 hrs / día.
- ❖ Para la sección de Acabados Plano por tener un menor número de máquinas se le asignará una disponibilidad de 2 hrs / día.

(Ver Apéndice 2)

Cálculo de la Disponibilidad Eléctrica: DMP(E)

No existe variación, en los cálculos de la disponibilidad eléctrica y de la mecánica, por lo que se asume el mismo tiempo para ambas disponibilidades, a continuación se presenta la disponibilidad eléctrica.

$$\text{DMP(E)} = 1440 \text{ min / semanas}$$

10. Elaboración del Gantt Anual

La Compañía Textil Centroamericana al poseer máquinas, que siendo de diferentes marcas, dimensiones y utilización; las tareas destinadas al preventivo se vuelven repetitivas, y una misma tarea se debería registrar en la mayoría de las máquinas provocando que, si una de esas tareas tuviera una duración considerable y se programaran todas en la misma fecha, provocaría que el tiempo para la

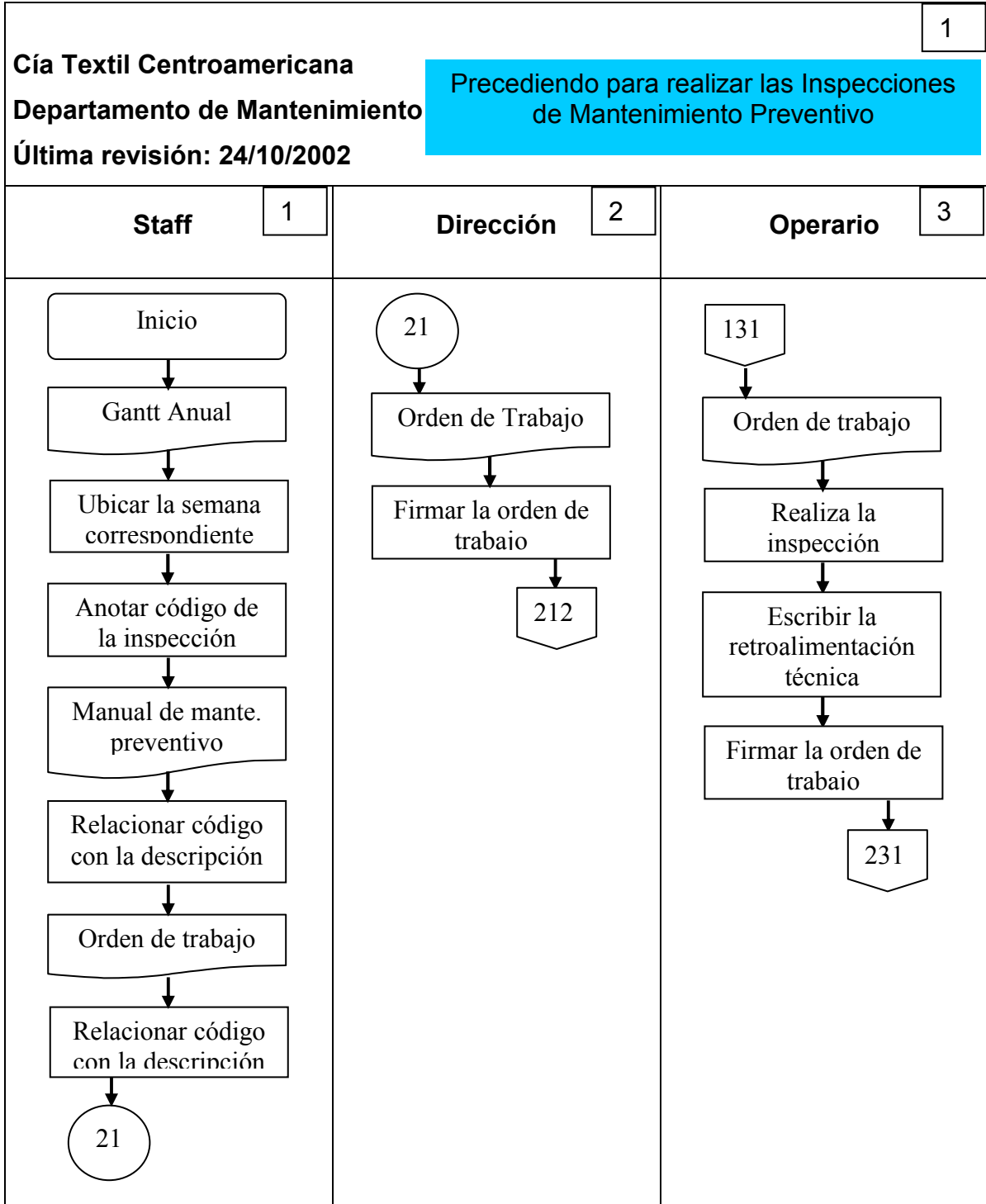
11. Organización de las inspecciones

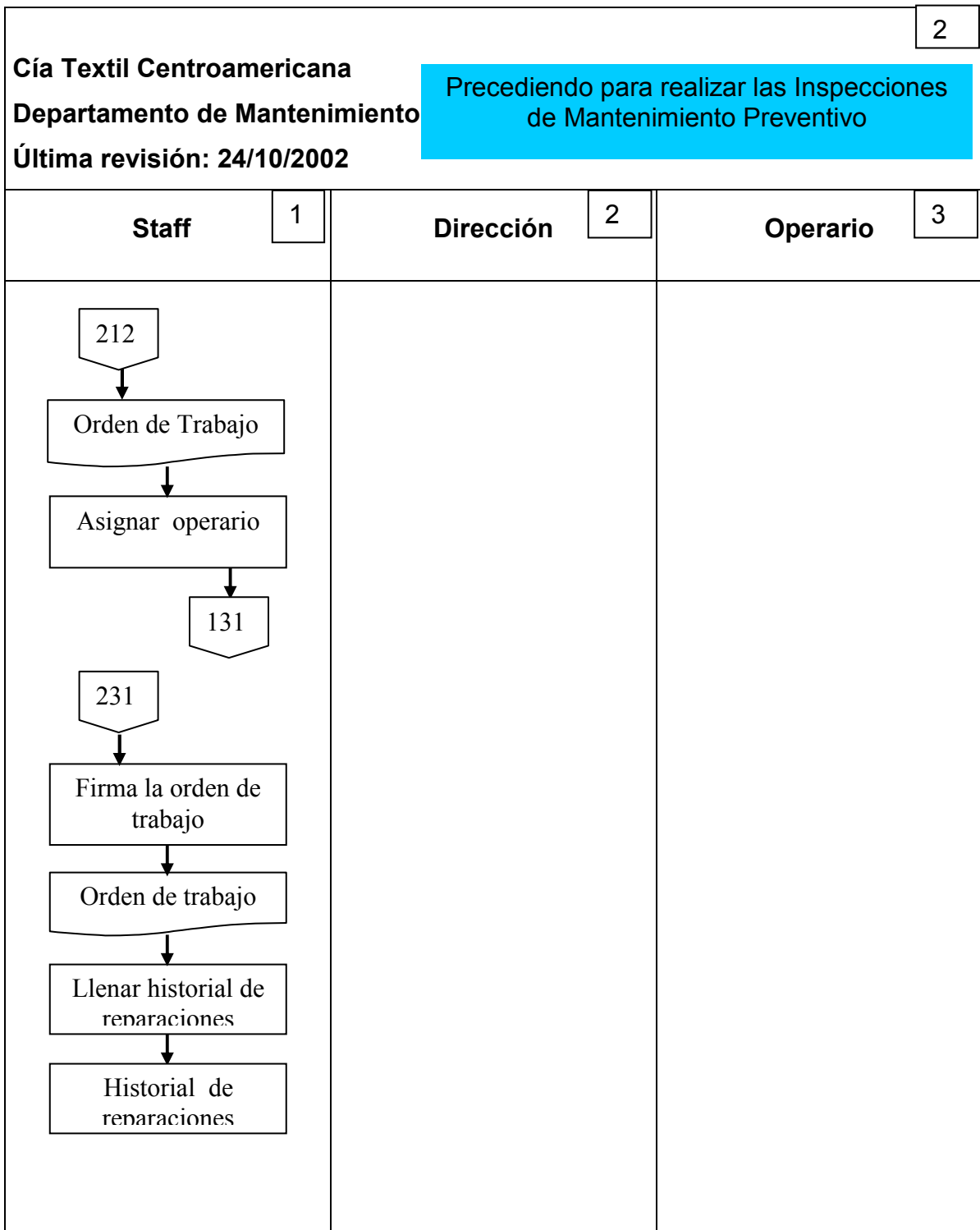
Para estandarizar los procedimientos a la hora de ejecutar una inspección, desde la verificación de las tareas en el Gantt hasta la documentación de la retroalimentación, se establece un flujograma, el cual indica las personas involucradas y los respectivos pasos que deben seguir en dicho procedimiento.

Habíamos mencionado, la documentación utilizada por el departamento de mantenimiento (orden de trabajo y solicitud de repuestos y materiales), la cual es muy poca para poder llevar adecuadamente el PMP, razón por la cual se diseñará nueva documentación que nos permita ayudar a consolidar el preventivo. Esta documentación se irá desarrollando durante las exigencias del programa. Para inicios entre la nueva documentación se diseñará una hoja de inspecciones (HI), para poder programar las inspecciones correspondientes y un historial de reparaciones, para poder llevar un control de las reparaciones realizada a la máquina y con ello tomar acciones que venga a mejorar el funcionamiento de la máquina o prolongar su vida útil.

11.1 Documento para el Procedimiento 2-HI

Este documento nos permite ver las personas involucradas en la inspección y los pasos administrativos que se deben de seguir para realizarla adecuada.





Fuente: Diseñador el PMP

Fig. 8. Procedimientos para organizar las inspecciones del P.M.

11.2 Formato para el documento Hoja de Inspección Semanal

Cía Textil Centroamericana		Nombre de la sección		Semanal	
Departamento de Mantenimiento		HOJA DE INSPECCIÓN		S	
Última revisión: 24/10/2002					
Máquina		Parte		Código	
Número	Inspección			Si	No
	Subparte				
	Subparte				
Semana No:	Fecha emisión:		Fecha realización:		
Duración	Autorizado	supervisado	Realizado		

Fuente: Diseñador del PMP

Fig. 9. Formato para la hoja de inspección semanal

12. Definir la Estrategia de Motivación

La estrategia de motivación es un punto del PMP, que se recomienda formular bajo la supervisión de la gerencia general de la empresa. Se ha planeado realizar una serie de reuniones que involucre al personal técnico, administrativo e ingenieril; para hacer un proceso de inducción por etapas, en el cual se les explique inicialmente los objetivos del programa de mantenimiento, luego se les capacite en el manejo de los documentos y por último se les haga entender a los mecánicos la importancia de presentar una retroalimentación escrita. Por parte de la gerencia quedaría la opción de definir si se les va a dar algún tipo de reconocimiento económico por el recargo de tareas.

13. Cálculo del Costo Total del PMP

Por medio de este cálculo se tendrá una noción del costo del programa de mantenimiento preventivo, dicho costo se calcula por año y por tarea, una vez que se tienen los costos de todas las tareas se suman y dan el resultado del costo del PMP.

En teoría se debería incluir los costos por mano de obra y repuestos; pero en nuestro caso, al no tener de momento los repuestos respectivos de cada tarea se estimará tomando como referencia el costo que tiene cada sección por repuestos datos suministrados por el departamento contable.

Como una muestra de cálculos, se trabajará con la inspección AT-HS-CEM-1-5, inspección para la Hidroextractora Santex, que propone una engrase del conjunto de cadenas, engranes y muñoneras de la máquina, tiene una duración de 120 minutos y es mensual, por los que se realiza treces veces al año.

Los costos de la mano de obra para del electricista como del mecánico es el mismo de 1100 colones por hora.

13.1 Costo por mano de obra

CMO = Costo por mano de obra.

D = Duración de la Inspección.

F = Cuántas veces por año se realiza la inspección.

CHH = Costo de la Hora – Hombre.

CMO = D*F*CHH

CMO = 120 min * 13 veces / año * 1100/60 ¢/min

CMO = 28600 ¢/año

13.2 Costos por Repuestos

CRE = Costos por Repuestos.

CRA = Cantidad de Repuestos por Año.

CUT = Costo Unitario.

CRE = CRA*CUT

CRE = 0 ¢/año

13.3 Costo total del Programa de Mantenimiento Preventivo

Una vez que se calculan los costos por mano de obra y por repuestos de cada tarea se suman, y dan como resultado los costos totales por mano de obra y costos totales por repuestos.

CTMP = Costo total del Programa de Mantenimiento Preventivo.

CTMO = Costo total por mano de obra

CTRE = Costo total por repuestos

CTMP = CTMO + CTRE

14. Inicio del PMP

El inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo, queda a criterio del jefe de departamento y de la gerencia de la Cía. Estos entes, son los encargados dependiendo de las condiciones dadas de determinar el momento adecuado para dar inicio al PMP.

Como se mencionó al inicio, este PMP va a iniciar con un total de nueve máquinas, pero la idea inicial era aplicarlo a toda la empresa, pero por razones de tiempo, número de máquinas y dimensiones de éstas en algunos casos, disposiciones de las partes involucrados en el programa, se aplicó a nueve máquinas

seleccionadas de las secciones que más dependencia tienen del departamento de mantenimiento, esto como punto de partida para en un futuro no muy lejano ir incrementando el número de máquinas que formen parte de este PMP, hasta desplazar en un buen porcentaje el mantenimiento correctivo que se realiza actualmente en la compañía.

Una de las ventajas que presenta este PMP, es facilitar una futura incorporación de nuevas máquinas. Estas en su mayoría son gemelas o las partes de estas son las mismas lo que permite que sea más sencillo una vez realizadas las modificaciones al PMP actual, determinar las inspecciones para cada máquina. Por ejemplo el gran número de motor – reductores que encontramos en cada máquina, donde las inspecciones son las mismas lo único en que se diferencia son los tiempos de la ejecución de las inspecciones por la dificultad que presentan algunas, las distancias que se encuentran del taller de mantenimiento, el tamaño de la misma.

F. Software para Administración de Mantenimiento.

La empresa cuenta con un software para lubricación MI/DAC II, el cual se puede utilizar como complemento del PMP. Este programa permite generar ordenes de trabajo, inventarios, datos de mantenimiento, los cuales son funciones que se deben de realizar dentro del PMP.

REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Al proyectar una red de aire comprimido debemos de tener presente que la misma debe cumplir tres condiciones importantes:

- .Mínima pérdida de presión
- .Mínima pérdida por fugas
- Mínima cantidad de agua en la red

Tales condiciones inciden de tal forma en el rendimiento económico de una instalación de aire comprimido, que habrá que tomar las precauciones posibles para asegurarse un buen comportamiento. Por lo tanto es preciso obtener, por todos los medios, rentabilidad a esta inversión, y la única forma de conseguirla consiste en diseñar correctamente una instalación conforme a la finalidad de cada caso particular [Rojas].

A. CONCEPTOS TEÓRICOS

1. Generalidades

Aunque el aire existe en todo nuestro alrededor, industrialmente no puede usarse si no se le comprime a una presión muchísimo más alta que la atmosférica. El uso del aire comprimido en la industria se debe a su combinabilidad y su rapidez de respuesta en el trabajo. Pese a que el aire comprimido tiene un sin fin de campos de

aplicaciones, básicamente la neumática en el campo de la industria es utilizada en dos aplicaciones específicas a saber:

- Herramientas neumáticas
- Máquinas de producción

La compresión del aire y su posterior distribución hasta los puntos de consumo requiere de la utilización de ciertos equipos y dispositivos, entre los que podemos mencionar:

- Compresores:** Son máquinas que aspiran el aire ambiental (a presión atmosférica) y lo comprimen hasta conferirle una presión superior.
- Depósitos de aire:** Toda instalación de aire comprimido debe disponer de un depósito de aire a presión entre el compresor y la red de distribución. Algunas de las funciones de los depósitos de aire son: equilibrar pulsaciones de aire procedentes del compresor, acumular aire comprimido, refrigerar el aire y recoger el aceite y el agua condensada.
- Unidades de mantenimiento neumático:** Se encarga de preparar el aire antes de su utilización en un dispositivo neumático. El aire debe ser depurado (filtro), la presión debe ajustarse a un valor determinado y constante (regulador de presión) y finalmente debe enriquecerse con una fina neblina de aceite (lubricador).
- Red de aire comprimido:** Se debe de entender por red de aire comprimido, el conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, colocadas fijamente, unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales.

Los criterios principales de una red son la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías, así como la estanqueidad de la red en conjunto. Se pueden considerar cuatro tipos de tuberías:

- **Tubería principal:** es la línea que sale del depósito de aire comprimido y conduce la totalidad del caudal del aire.

- **Tubería secundaria:** es la que toma el aire de la tubería principal, ramificándose por las áreas de trabajo, el caudal del aire que transportan es igual a la suma de los caudales parciales que de ellos se deriven.
- **Tubería de servicio:** es también conocida con el nombre de bajante, provienen de las tuberías secundarias y son las que alimentan los equipos neumáticos.
- **Tubería de interconexión:** es la que lleva el aire de la salida del bajante hasta las máquinas de procesos o equipos neumáticos.

e. **Instalación de las tuberías:** En lo posible, las tuberías de aire comprimido de instalación fija deben ser accesibles, por lo que ha de evitarse su colocación dentro de paredes o en los ductos de difícil acceso al personal de mantenimiento.

Las derivaciones verticales hacia abajo no deben de terminar en toma para el consumidor, sino que deben de prolongarse un poco más con el fin de que el agua producida por la condensación no pase al aparato consumidor, sino que se acumule en el punto más bajo de esta derivación, para su respectiva evacuación.

Para esto deben de colocarse dispositivos (purgas) para acumular y evacuar el agua.

En lo que respecta a las tomas de las tuberías de servicio con respecto a las secundarias, estas deben derivarse perpendicularmente unos 10 cm hacia arriba, luego en sentido horizontal otros 10 cm y de ahí bajar la línea al punto de servicio, esto con el fin de evitar el paso de condensado a la tubería de servicio.

La red de aire comprimido debe subdividirse en secciones mediante válvulas de bloqueo, con el fin de poder realizar trabajos de mantenimiento y reparaciones sin tener que sacar toda la red de funcionamiento.

2. Consideraciones para el diseño de una red de aire comprimido

2.1 Pérdidas de presión

Entre el compresor y el lugar de trabajo de la herramienta, se encuentra el depósito y una vasta red de tuberías que distribuyen el aire comprimido por toda la planta industrial. Además existen mangueras, válvulas, conexiones, etc., cuyo sistema en conjunto oponen resistencia al paso del aire y, por tanto, éste va

perdiendo en su recorrido parte de la presión de descarga del compresor. En condiciones normales de trabajo de una instalación de aire comprimido, su máximo rendimiento se obtiene a una presión de trabajo de 6 a 7 bar en la misma herramienta o equipo neumático. Como no es posible mantener la presión de descarga del compresor en toda la tubería, lo que persigue es limitar esas pérdidas de presión a valores relativamente pequeños y que sean admisibles en la práctica, por lo tanto **se admite una caída de presión entre el compresor y el útil neumático no superior a un 2% de la presión efectiva del compresor.**

Entre los factores que afectan la caída de presión en las tuberías podemos citar:

- ◆ **Longitud de tubería:** la caída de presión es directamente proporcional a la longitud de la tubería, de allí que a mayor longitud, mayor será la caída de presión.
- ◆ **Presión absoluta:** la presión a la cual debemos trabajar (presión efectiva) se mide mediante el manómetro industrial, este valor más el valor de la presión atmosférica es la presión absoluta, y va a afectar en forma directamente proporcional la caída de presión.
- ◆ **Velocidad del aire:** cuanto mayor es la velocidad de circulación, tanto mayor es la pérdida de presión en el recorrido hasta el punto de aplicación, de manera que existe un límite de velocidad dependiendo de la tubería que sea.

Las velocidades máximas recomendadas en las tuberías son las siguientes:

Tubería principal = 8 m/s.

Tubería secundaria = 10 m/s.

Tubería de servicio = 15 m/s.

Tubería de interconexión = 20 m/s.

- ◆ **Diámetro de la tubería:** la caída es inversamente proporcional al valor del diámetro de la tubería.
- ◆ **Índice de resistividad:** es el grado medio de rugosidad, variable con el caudal de aire suministrado, la caída de presión es proporcional a su valor.

- ♦ **La temperatura:** se supone que es aproximadamente ambiental, la caída de presión es inversamente proporcional a su valor y debe estar expresada en grados absolutos o Kelvin.

2.2 Pérdidas por fugas

Las fugas o la pérdida de aire comprimido en una instalación es de volumen sorprendentemente alto, y no es fácil de descubrir dado que el aire no es visible y es inodoro, sin embargo el costo de conservar las pérdidas de aire por escape dentro de los límites tolerables, es muy pequeño en comparación con el costo de las pérdidas en sí.

Se puede considerar que las pérdidas por fugas no deben ser mayores a un 5 %; en plantas con demasiados equipos neumáticos se puede ajustar como máximo a un 10 %.

2.3 Presión de trabajo

Es indispensable saber la presión de trabajo de los equipos y herramientas que intervendrán en la instalación para poder determinar cual es la mínima presión que debe existir en la tubería, de lo contrario podríamos tener menos presión de la que necesita algún equipo en particular.

2.4 Futuras ampliaciones

Al diseñar una tubería de aire comprimido es importante prever futuras ampliaciones de la red, para que cuando ellas se den, no afecten las condiciones favorables ya existentes. Es por eso que se toma un factor llamado de ampliación.

Se debe considerar un 20 % de factor de ampliación como mínimo.

2.5 Caudales

Son diferentes para cada tubería. Existen dos tipos de caudales a saber: caudal máximo y caudal de diseño. El caudal máximo corresponde a la suma aritmética de los caudales consumidos por las máquinas y equipos; el caudal de diseño es el caudal máximo modificado por los factores de ampliación y fugas.

2.6 Otros conceptos a conocer

- **Consumo específico:** se llama consumo específico de una herramienta, al consumo de aire requerido por la misma, o por el útil, para servicio continuo a la presión de trabajo dada por el fabricante. Se expresa en aire libre (litros por minuto o $\text{N m}^3 / \text{min}$), dicho dato es obtenido por medio del manual del fabricante o el uso de tablas que indican el consumo de algunas herramientas.
- **Coefficiente de utilización:** este coeficiente busca involucrar el tiempo de parada que por la índole de su trabajo tiene un equipo neumático.
- **Coefficiente de simultaneidad:** cuando hay en funcionamiento varias herramientas o, en general, todos los equipos que integran una industria, el promedio de los coeficientes de utilización de cada una de ellas, nos dará una cifra denominada coeficiente de simultaneidad. Como es laborioso determinar el coeficiente de utilización por unidad, se da una cifra global para todo el conjunto de equipos de la planta.
- **Capacidad de los compresores:** para determinar la capacidad de los compresores que deben entrar en servicio es, pues, necesario conocer el consumo medio del conjunto de utilidades del aire comprimido de la planta

B. METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

En el desarrollo de este proyecto, se seguirán los siguientes pasos:

1. Reconocimiento de la red de aire comprimido existente y de los equipos que consumen aire.
2. Levantamiento de un plano de la red de aire comprimido.
3. Cálculo del consumo de cada una de las salidas.
4. Determinación del momento en que se lleva a cabo el mayor consumo de aire.
5. Cálculo de la presión absoluta.
6. Cálculo del caudal de diseño.
7. Selección del compresor.
8. Determinación del caudal en cada tramo.

9. Cálculo de diámetros en las tuberías.

10. Cálculo de los bajantes.

Para una mejor facilidad en el desarrollo de este proyecto, se seguirán los pasos para un diseño nuevo de la red de aire y se comparará con la existente en la compañía. Con base en estos cálculos, se harán las recomendaciones y mejoras necesarias en la instalación existente de manera que sea capaz de satisfacer las demandas exigidas por la planta en general.

C. DESARROLLO DEL PROYECTO

1. Ubicación de la red de aire comprimido

El primer paso que se realizó en el desarrollo de este proyecto, ha sido ubicar la distribución de la red de aire comprimido por toda la planta y determinar cuales son las máquinas o los equipos que necesitan de esta fuente de energía para ejecutar alguna operación.

Además, nos ha permitido: valorar el estado físico de la instalación de aire comprimido, observar las conexiones entre los diferentes tipos de tuberías de conexión existentes en la red de aire, los diámetros de la misma y la distribución de los puntos de purga del condensado; así como la localización de las válvulas de bloqueó en las líneas de la red.

2. Cálculo del caudal máximo

Para una mayor facilidad en los cálculos de consumo de aire se realizará por sección, esto por cuanto la red de aire ha ido creciendo sin una planificación adecuada y su estructura tal y como está, dificultaría los cálculos; además de hacer demasiado largo el proceso para determinar los consumos específicos por tramos. También el factor de simultaneidad, así como el coeficiente de utilización serian demasiado tequioso de determinar.

2.1 Consumo de aire en la Sección Circulares 1

El aire comprimido se usa en estas máquinas para accionar un lubricador, encargado de proporcionar la lubricación de los puntos móviles de la máquina y el hilo que entra en el área de tejido; además, se usa para limpiar la pelusa producida en el área de tejido, lo cual se hace por medio de salidas de aire libre, activadas a través de una electroválvula.

El consumo de aires es el mismo para cada una de las salidas de esta sección, por lo que solo se mostrara el procedimiento para calcular una.

Consumo del Lubricador Electro-Spray, se obtuvo de catálogo del fabricante.

$$Q = 0,03 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Consumo de la salida libre de aire esta se obtuvo de tabla.

$$Q = 0,981 \text{ m}^3 / \text{min}, \text{ para } 2 \text{ bar y un } \downarrow = 6 \text{ mm. (Ver anexo 2)}$$

Consumo de aire por salida

$$Q = 1,011 \text{ m}^3 / \text{min}.$$

El consumo de la pistola soplante se obtuvo de tabla. (Ver anexo 3)

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}.$$

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas

Tabla 2.1.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Circulares 1

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		bar	psi	L / min
2	Circular Camber	2	30	1011
1	Circular Singer	2	30	1011
2	Circular Fukuhara	2	30	1011
1	Circular Stebbe	2	30	1011
2	Circular Terrot	2	30	1011
2	Circular Supreme	2	30	1011
1	Pistola soplante	7	100	150

El caudal máximo de esta sección es igual a la suma de cada uno de los caudales de cada máquina o herramienta; en este caso, como se cuenta con varias máquinas de un mismo tipo, es necesario aplicar un factor de simultaneidad, este factor va a

ser calculado mediante una fórmula, que va a depender del número de elementos de un mismo tipo, la ecuación es:

$$f = \frac{1}{\sqrt{k-1}}$$

Donde:

f = factor de simultaneidad

k = número de elementos de un mismo tipo

Cálculo de f

Para $k = 10$ máquinas

$$f = 0,33$$

El coeficiente de utilización promedio (CU) para esta sección se cálculo de la siguiente manera:

1. Se determinó el tiempo efectivo de trabajo de cada una de las circulares y se sacó un promedio el cual es 20 hrs / día.
2. Las circulares trabajan durante las 24 hrs. / día.
3. Se calculó el porcentaje entre el promedio y el tiempo de trabajo programado el cual es de 85%.

Este será el procedimiento que se utilizará para las demás secciones, del mismo modo se estará calculando el factor de simultaneidad cuando sea necesario.

Cálculo del consumo máximo para esta sección

$$Q = 1011 * 10 * 0,33 * 0,85 + 150 * 0,1$$

$$Q = 2850 \text{ l/min}$$

El **CU = 10 %**, el cual se mantendrá constante para efectos de estos casos de la pistola soplante se obtuvo de tabla. **(Ver anexo 4)**

Consumo máximo de esta sección

2.2 Consumo de aire en la Sección Circulares 2

En esta sección el aire solo se utiliza para el lubricador el cual se determinó del catálogo de fabricante.

$$Q = 30 \text{ l/min}$$

Para el cálculo del factor de simultaneidad (f) y el coeficiente de utilización se siguieron los mismos pasos de la sección anterior.

$f = 0,71$ para las circulares

CU = 83 % para 20 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas

Tabla 2.2.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Circulares 2

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		Bar	psi	L / min
2	Circular Camber	2	30	30
1	Circular Terrot	2	30	30
1	Pistola soplante	7	100	150

Consumo máximo de la sección Circulares 2

$$Q = 30 * 3 * 0,71 * 0,83 + 150 * 0,1$$

$$Q = 68 \text{ l / min.}$$

2.3 Consumo de aire en la Sección Tintorería

Básicamente, el aire en esta sección se utiliza para accionar válvulas de control neumáticas, por lo que se obtuvo el consumo de catálogo de fabricante de una de las máquinas y se utilizó como referencia para las demás máquinas, esto por cuanto los tiempos de operación son muy similares y los procesos parecidos.

Consumo de una válvula de control neumático es **0,0006 m³ / min.**

Salida de la Barriquand, el consumo se obtuvo de catálogo de fabricante

$$Q = 0,292 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Autoclave Scholl, el consumo se obtuvo de catálogo de fabricante

$$Q = 0,014 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Barca Scholl, el consumo se obtuvo de multiplicar la cantidad de válvulas de control que tiene por el consumo específico de una válvula de control neumático $Q = 0,0006 \text{ m}^3 / \text{min.}$, obtenida de catálogo de fabricante.

$$Q = 0,0006 * 4$$

$$Q = 0,002 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Barca Obermaier, el consumo se obtuvo de la misma forma que el de la Salida de la Barca Scholl para las válvulas de control neumático, más una salida de aire libre.

Consumo de las válvulas de control neumático

$$Q = 0,0006 * 10$$

$$Q = 0,006 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo de la salida de aire libre

$\varnothing = 6 \text{ mm}$, presión 2 bar

$$Q = 0,981 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo de la Barca Obermaier

$$Q = 0,006 + 0,981$$

$$Q = 0,987 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Barca Thies, el consumo se obtuvo de la misma forma que el de la Salida de la Barca Scholl.

$$Q = 0,0006 * 4$$

$$Q = 0,002 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Teñidora Scholl, el consumo se obtuvo de catálogo de fabricante

$$Q = 0,009 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Jet, el consumo se obtuvo de la misma forma que el de la Salida de la Barca Scholl.

$$Q = 0,0006 * 8$$

$$Q = 0,005 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Máquina Cero, utiliza el aire para accionar un pistón. Para este cálculo se usará la ecuación:

$$Q = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q) \text{ (N litros / minuto)}$$

Donde:

Q = consumo de aire total en litros / minuto.

q = consumo de aire por centímetro de carrera en litros / minuto.

s = carrera del pistón en centímetros.

n = número de carreras por minuto

Datos del pistón:

$\varnothing = 16 \text{ mm}$

q = 0,016 l / min. **(Ver anexo 5)**

s = 30 cm

n = 48

P_{Trab} 7 bar

Doble efecto

$$Q = 0,023 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}$$

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas

Tabla 2.3.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Tintorería

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		bar	psi	L / min
1	Barriquand	7	100	292
3	Autoclave Scholl	2	30	14
1	Barca Scholl	2	30	2
1	Barca Obermaier	2	30	987
1	Barca Thies	3,5	51	2
2	Teñidora Scholl Americana	2	30	9
2	Jet	2	30	5
1	Máquina Cero	7	100	23
4	Pistola soplante	7	100	150

Datos para el cálculo del consumo máximo:

f = 0,71 para las Autoclaves Scholl

f = 0,58 para las pistolas soplantes

CU = 75% para 18 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

Consumo máximo de la Sección Tintorería

$$Q = (292 + (14 * 0,71) + 2 + 987 + 9 + 5 + 23) 0,75 + (150 * 0,1 * 4 * 0,58)$$

$$Q = 1031 \text{ l / min.}$$

2.4 Consumo de aire en la Sección de Acabado Tubular

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Salida de la Hidroextractora Santex, se compone de 2 pistolas soplantes, 2 blowing (sopladores), 4 pistones: doble efecto, $\varnothing = 16 \text{ mm}$, $s = 10 \text{ cm}$, $n = 1 \text{ vez}/10 \text{ hrs}$; 2 pistones: doble efecto, $\varnothing = 40 \text{ mm}$, $s = 40 \text{ cm}$, $n = 10 \text{ vez}/8 \text{ hrs}$; 2 pistones: doble efecto, $\varnothing = 40 \text{ mm}$, $s = 30 \text{ cm}$, $n = 10 \text{ vez}/8 \text{ hrs}$; 3 pistones: simple efecto, $\varnothing = 16 \text{ mm}$, $s = 20 \text{ cm}$, $n = 1 \text{ vez}/10 \text{ hrs}$.

Presión de trabajo de esta máquina **P_{Trab} = 6 bar**.

Podemos observar, que el número de carrera por minuto (n) de los pistones es muy poco por lo que se despreciaran para estos cálculos. Se mostraran las ecuaciones para sus cálculos:

Para el pistón de doble efecto:

$$Q = 2 * (s * n * q) \text{ (N litros / minuto)}$$

Para el pistón de simple efecto:

$$Q = s * n * q \text{ (N litros / minuto)}$$

Donde:

Q = consumo de aire total en litros / minuto.

q = consumo de aire por centímetro de carrera en litros / minuto.

s = carrera del pistón en centímetros.

n = número de carreras por minuto

Consumo del blowing (soplador) se obtuvo de tabla

Q = 0,252 m³ / min / orificio, para una presión de 6 bar y un $\downarrow = 2$ mm. **(Ver anexo 2)**

número de blowing 2

número de orificios por blowing 3

Consumo total por los blowing

$$Q = 1,512 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo máximo de la Hidroextractora Santex

$$Q = 1,512 + (2 * 0,150)$$

$$Q = 1,812 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la Compactadora Santex, se compone de 1 pistola soplante, 4 pistones: doble efecto, $\varnothing = 40$ mm, s = 15 cm, n = 15 vez/8 hrs; 2 pistones: doble efecto, $\varnothing = 40$ mm, s = 40 cm, n = 15 vez/8 hrs; 3 válvulas de control neumático y 1 salida de aire libre $\varnothing = 3$ mm.

Para esta máquina **P_{Trab} = 4 bar**.

Se desprecian los consumos de los pistones con base en los criterios aplicados para los pistones de la Hidroextractora Santex.

El consumo del soplador se obtuvo de tabla

$$Q = 0.406 \text{ m}^3 / \text{min. } P_{\text{Trab}} = 4 \text{ bar; } \downarrow = 3 \text{ mm. (Ver anexo 2)}$$

El consumo de las válvulas de control neumático, se obtuvo de multiplicar la cantidad de válvulas de control de la máquina por el consumo específico de una válvula de control neumático **0,0006 m³ / min** obtenida de catálogo de fabricante.

Esto como un medio de aproximación del consumo real.

$$Q = 0,0018 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Consumo máximo de la Compactadora Santex

CU = 83% para 20 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

f = 0,71 para las válvulas de control neumático.

$$Q = (0,0018 * 0,71 + 0,406) + 0,150$$

$$Q = 0,557 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida del Secador Obermaier 2, consta de 4 válvulas de control neumático, para su cálculo se aplicó el mismo procedimiento de la Compactadora Santex.

$$Q = 0,0006 * 4$$

Consumo máximo del Secador Obermaier 2

$$Q = 0,0024 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Salida de la Bomba neumática, su consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 2,3 \text{ m}^3 / \text{min. (Ver anexo 3)}$$

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas.

Tabla 2.4.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Acabado Tubular

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal L / min
		bar	psi	
1	Hidroextractora Santex	6	90	1812
1	Secador Obermaier 2	2	30	2.4
1	Compactadora Santex	4	60	557
1	Bomba Neumática	7	100	2300
1	Pistola soplante	7	100	150

Datos para el cálculo del consumo máximo:

$$f = 0,5 \text{ para toda la sección}$$

$CU = 83\%$ para 20 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

$CU = 21\%$ para 5 hrs de trabajo efectivo trabajadas de las 24 hrs para la bomba neumática

Consumo máximo Sección Acabado Tubular

$$Q = [(1812 + 2,4 + 557) 0,83 + (2300 * 0,21) + (150 * 0,1)] 0,5$$

$$Q = 1233 \text{ l/min}$$

2.5 Consumo de aire en la Sección de Acabado Plano

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Salida del quemador de la Rama # 2, el consumo se obtuvo de catálogo de fabricante no necesariamente es de la potencia del quemador, pero se ha tomado como referencia ya que fue difícil poder determinar el consumo real de para este quemador.

$$Q = 0,054 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Salida de la Rama # 2, esta salida utiliza: 3 pistones doble efecto, $\varnothing = 16 \text{ mm}$, $s = 20 \text{ cm}$, $n = 10 \text{ vez}/8 \text{ hrs}$ es implica que se accionaría 0,167 veces / min. Esto va a producir un consumo mínimo por lo cual esta salida es despreciable.

La presión de trabajo para todas las salidas anteriores de esta sección es $P_{\text{Trab}} = 7 \text{ bar}$.

Salida de la Foulard, esta máquina utiliza 2 diafragma para ejercer presión sobre los rodillos. Las dimensiones del diafragma son: $\varnothing = 205 \text{ mm}$, por 180 mm de longitud. Su volumen es de **0,006 m³**, el cual se asume como :

$$Q = 0,006 \text{ m}^3 / \text{min}$$

El consumo de esta salida es despreciable ya que el diafragma se infla al arrancar la máquina y se desinfla al apagar totalmente la máquina.

Este arranque y pare se da 3 veces cuando mucho durante las 24 hrs., provocando que el consumo sea mínimo razón por la cual se desprecia.

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas

Tabla 2.5.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Acabado Plano

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		bar	psi	L / min
1	Quemador de la Rama # 2	7	100	54
1	Pistola soplante	7	100	150

Datos para el cálculo del consumo máximo:

$CU = 75\%$ para 18 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

Consumo máximo de la sección de Acabado Plano

$$Q = 54 * 0,75 + 150 * 0,1$$

$$Q = 56 \text{ l / min.}$$

2.6 Consumo de aire en la Sección Cuarto de calderas

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida del quemador para la caldera de 100 HP, el consumo se obtuvo de catálogo de fabricante.

$$Q = 0,054 \text{ m}^3 / \text{min}$$

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas

Tabla 2.6.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Cuarto de Calderas

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		bar	psi	L / min
1	Quemador de caldera de 100 HP	7	100	54
1	Pistola soplante	7	100	150

Datos para el cálculo del consumo máximo:

CU = 75% para 18 hrs de trabajo efectivo de las 24 hrs establecidas

Consumo máximo de en la sección de cuarto de calderas

$$Q = 54 * 0,75 + 150 * 0,1$$

$$Q = 56 \text{ l / min.}$$

2.7 Consumo de aire en la Sección Control de Calidad

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo máximo en la Sección Control de Calidad

$$Q = 150 * 0,1$$

$$Q = 15 \text{ l / min.}$$

2.8 Consumo de aire en la Sección Bodega de Despacho Nacional

Salida de la pistola soplante

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Consumo máximo en la Sección Bodega de Despacho Nacional

$$Q = 15 \text{ l} / \text{min.}$$

2.9 Consumo de aire en la Sección Texturizado y Enconado

Salida de la pistola soplante, tiene 2 pistolas soplantes

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo máximo en la Sección Texturizado y Enconado

$$Q = 30 \text{ l} / \text{min.}$$

2.10 Consumo de aire en la Sección Urdidor

Salida de la pistola soplante

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Consumo máximo en la Sección Urdidor

$$Q = 15 \text{ l} / \text{min.}$$

2.11 Consumo de aire en la Sección Taller

Salida de la pistola soplante

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Tiene 2 pistolas soplantes

Consumo máximo en la Sección Taller

$$Q = 30 \text{ l} / \text{min.}$$

2.12 Consumo de aire en la Sección Corte y Confección

Salida de la pistola soplante, el consumo se obtuvo de tabla

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Salida de la máquina de coser, para determinar el número de carreras por minuto y poder calcular el consumo promedio de una máquina de coser, asumiendo que todas las máquinas son accionadas por pistones, se realizó un muestreo que consiste en

determinar el número de veces que una persona acciona el pedal. Se le aplicó a una muestra de 10 costureras siendo $n = 8,75$ el número de veces por minuto para una máquina de coser en que se acciona el pedal que activa al pistón.

Ecuación utilizada para el cálculo:

$$Q = (s * n * q) \text{ (N litros / minuto)}$$

Datos del pistón:

$$\varnothing = 12 \text{ mm}$$

$$q = 0,009 \text{ l / min. (Ver anexo 5)}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$n = 8,75$$

$$P_{\text{Trab}} = 7 \text{ bar}$$

Efecto simple

$$Q = 0,001 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

En la siguiente tabla se muestran las máquinas y sus presiones de trabajo, así como el consumo de cada una de ellas.

Tabla 2.12.1. Presiones de trabajo y consumos de aire en la Sección Corte y Confección

Cantidad	Máquina o Herramienta	Presión de trabajo		Caudal
		bar	psi	L / min
40	Máquina de coser	7	100	1
6	Pistola soplante	7	100	150

Datos para el cálculo del consumo máximo:

$$CU = 90\% \text{ para 11hrs de trabajo efectivo de las 12 hrs establecidas}$$

$$f = 0,16 \text{ para las máquinas de coser}$$

$$f = 0,45 \text{ para las pistolas}$$

Consumo máximo en la Sección Corte y Confección

$$Q = (1 * 0,9 * 0,16) + (150 * 0,1 * 0,45)$$

$$Q = 46 \text{ l / min.}$$

2.13 Consumo de aire en la Sección Estampado y Fotograbado

Salida de la pistola soplante

$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$

Consumo máximo en la Sección Estampado y Fotograbado

$$Q = 15 \text{ l / min.}$$

2.14 Consumo de aire en la Sección Pasamanería

Salida de la pistola soplante

$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$

Consumo máximo en la Sección Pasamanería

$$Q = 15 \text{ l / min}$$

2.15 Consumo de aire en la Sección Tejeduría Plana

Salida de la pistola soplante

$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{min.}$

Consumo máximo en la Sección Tejeduría Plana

$$Q = 15 \text{ l / min.}$$

2.16 Datos de los consumos por sección

La siguiente tabla muestra los consumos totales para cada una de las secciones que utilizan esta fuente de energía.

Tabla 2.16.1. Consumo total para cada sección

Nombre de la sección	Consumo máximo (l / min)
Sección Circulares 1	2850
Sección Circulares 2	68
Sección Tintorería	1031
Sección Acabado Tubular	1233
Sección Acabado Plano	56
Sección Cuarto de Calderas	56
Sección de Control de Calidad	15
Sección Bodega de Despacho Nacional	15
Sección Texturizado y Enconado	30
Sección Urdidor	15
Sección Taller	30
Sección Corte y Confección	46
Sección Estampado y Fotograbado	15
Sección Pasamanería	15
Sección Tejeduría Plana	15

Consumo máximo de aire de la Compañía

Se calcula sumando todos los caudales totales de la **Tabla 2.16.1.**

$$Q = 5490 \text{ l / min.}$$

3. Cálculo de la Presión Absoluta del Sistema

Este cálculo nos muestra la presión que tiene el aire a la salida del compresor (en la tubería), para ello primero tomamos la mayor presión de trabajo ($P_{\text{Trab}} = 7 \text{ bar}$) de los equipos, y con ella se inicia el cálculo.

La compañía se encuentra a una altitud de 1200 metros sobre el nivel del mar, y su temperatura promedio es de 20° C . Lo que implica que la presión atmosférica (P_{Atmo}) = **0,875 bar.**(Ver Anexo 6).

Como en toda la tubería no se debe dar una caída de presión que supere el 2 %, se calcula entonces la presión mínima absoluta, de a siguiente forma:

$$\text{Presión mínima absoluta } (P_{\text{Min. Abs}}) = (P_{\text{Trab}} + P_{\text{Atmo}}) * 2\% + (P_{\text{Trab}} + P_{\text{Atmo}})$$

$$P_{\text{Min. Abs}} = 8 \text{ bar}$$

$$\text{Presión mínima manométrica } (P_{\text{mín. mano}}) = P_{\text{Min. Abs}} - P_{\text{Atmo}}$$

$$P_{\text{mín. mano}} = 7,12 \text{ bar}$$

Presión de arranque del compresor \cong Presión mínima manométrica

$$\text{Presión de arranque del compresor } (P_{\text{arra}}) = 7 \text{ bar}$$

$$\text{Presión de pare del compresor } (P_{\text{pare}}) = P_{\text{arra}} + 1 \text{ bar}$$

$$P_{\text{pare}} = 8 \text{ bar}$$

$$\text{Presión absoluta del sistema } (P_{\text{abs}}) = P_{\text{arra}} + P_{\text{Atmos}}$$

$$P_{\text{abs}} = 7,875 \text{ bar.}$$

Presión que se utilizará para el cálculo de los diámetros de las tuberías.

4. Caudal de diseño

Para poder calcular el caudal de diseño primero se debe establecer dos factores, un factor que contemple las fugas (ff) y otro que contemple las posibles ampliaciones (fa) del sistema. De realizarse la red de aire con tubería de aluminio, esta no debería presentar fugas, pero para ser conservadores **se tomará un 5 % de fugas** en el sistema; por parte del factor de ampliación, este no debe ser inferior a 20 %, en este caso **se tomará un 30 % para futuras ampliaciones.**

Bajo estas condiciones el caudal de diseño se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Qd = Q_{\text{max}} * ff + Q_{\text{max}} * fa + Q_{\text{max}}$$

$$Qd = 7412 (l / \text{min})$$

5. Capacidad de los compresores

Hasta el mes de agosto la compañía, poseía con un compresor de tornillo Ingersoll-Rand, 40 HP, capacidad 5101 l / min y un compresor de pistones Ingersoll-Rand, 5 HP, capacidad 566 l / min . Ambos compresores conectados a la red de aire comprimido, pero sólo el de 40 HP era el encargado de proporcionar el aire

comprimido el cual presentaban muchos problemas en los momentos más críticos de consumo de aire en la empresa por la gran cantidad de fugas existentes.

Actualmente, se compró un compresor de tornillos Sullair, modelo 12b-60H, de 60 HP, de segunda; el cual tiene una capacidad de 7510 l / min. **(Ver anexo 7)**
Capacidad suficiente para satisfacer la demanda de aire de la planta

6. Nuevo factor de ampliación

Antes el factor de ampliación era de un 30% y el caudal de diseño de 7412 l / min, pero ahora que el compresor seleccionado entrega más que eso, el factor de ampliación se ve aumentado, ese nuevo factor de ampliación se obtiene mediante la siguiente fórmula:

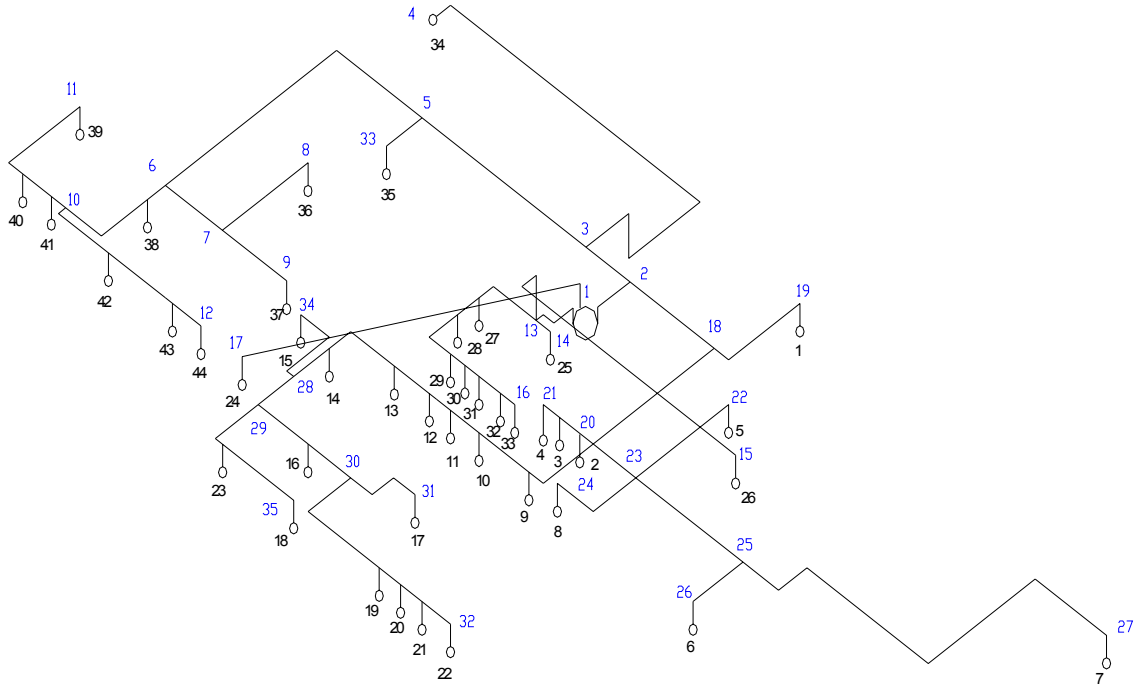
$$fa = \frac{Qd - Qmax * 5\% - Qmax}{Qmax}$$

$$fa = 31.7\%$$

7. Determinación del caudal en cada tramo

En este paso es necesario conocer las máquinas que son alimentadas por cada tramo de la tubería, se debe tomar en cuenta también el aire comprimido que circula por el tramo y que alimenta a máquinas en tramos posteriores, de este modo se calculan los caudales de cada tramo como se hizo con el caudal máximo.

El siguiente es una plano que muestra las salidas (números negros) y los tramos de la tubería (números azules).



Fuente: Analistas

Fig.11. Plano de la red de aire comprimido, tramos de tubería

7.1 Tramo 1-2

Este tramo de tubería conduce gran parte de aire comprimido que alimenta la planta.

Para determinar este caudal se procedió de la siguiente manera:

- Las secciones que se encuentran abastecidas por el tramo se suman los consumos máximos de la **Tabla 2.16.1**
- Las secciones que se encuentra abastecidas por diferentes tramos se suman individualmente cada máquina, y se les aplica el factor de utilización promedio de la sección; cuando tenemos más de dos máquinas idénticas se les aplica el factor de simultaneidad.

$$Q = 4122 \text{ l / min.}$$

7.2 Tramo 2-3

Alimenta a once salidas distribuidas de la siguiente manera:

- ◆ 1 en la Sección Corte y Confección **Q = 46 l / min**
- ◆ 1 en la Sección Pasamanería **Q = 15 l / min**
- ◆ 3 en la Sección Acabado Plano **Q = 56 l / min**
- ◆ 1 en la Sección Estampado y Fotograbado **Q = 15 l / min**
- ◆ 1 en la Sección Control de Calidad **Q = 15 l / min**
- ◆ 4 en la Sección Acabado Tubular **Q = 962 l / min**

Para su cálculo se sigue el mismo procedimiento del tramo 1-2

$$Q = 1124 \text{ l/min}$$

Para determinar los consumos en los demás tramos de la red de aire comprimido se seguirán los mismo procedimientos aplicados a los tramos 1-2 y 2-3.

En la siguiente tabla se mostrará el caudal obtenido para cada tramo de la red de aire comprimido.

Tabla 8.1. Consumo para cada tramo de la red de aire comprimido.

Tramo	Consumo (l/min)	Tramo	Consumo (l/min)	Tramo	Consumo (l/min)
1-2	4122	1-17	1504	25-26	30
2-3	1124	2-18	2278	25-27	15
3-4	46	1-13	2430	20-28	1089
3-5	1078	13-14	839	28-34	15
5-6	1063	13-16	2267	28-29	1074
6-7	30	13-15	15	29-30	796
7-8	15	18-20	1790	30-31	740
7-9	15	20-23	169	29-35	17
6-10	1033	23-22	68	30-32	55
10-11	71	23-24	56	5-33	15
10-12	500	23-25	45	18-19	30

8. Cálculo de los diámetros de las tuberías

8.1 Tubería principal

El caudal que pasa por ella es de 7412 l / min, que es el caudal de diseño de red de aire. Por regla la tubería principal debe de tener una velocidad de 8 m / s [Rojas]

Regla # 2: Las velocidades máximas deben de ser las siguientes:

Tubería principal: 8 m/s

Tubería secundaria: 10 m/s

Tubería de servicios: 15 m/s

Tuberías interconexión: de 20 a 30 m/s

Además en el punto 3, habíamos calculado la $P_{abs} = 7,9 \text{ bar}$, podemos utilizar la siguiente ecuación para calcular el diámetro:

Ecuación # 1

$$D(mm) = \sqrt{\frac{Qd(l/min) * 100}{4,71 * P(bar) * V(m/s)}}$$

D = 50 mm. (Ver anexo 8)

Seleccionamos el diámetro inmediatamente superior o igual al calculado y con el diámetro interno, calculamos la caída de presión en el tramo principal utilizando la siguiente ecuación.

Ecuación # 2

$$\Delta P = \frac{\beta \cdot Qd^2 \cdot 15,2 \cdot L}{T \cdot D^5 \cdot P}$$

Donde

ΔP = Caída de presión (bar)

β = Índice de resistividad para caudales de aire

Qd = Caudal de diseño (l / min)

L = Longitud del tramo de tubería (m)

T = Temperatura (K)

D = diámetro interno de la tubería (mm)

P = Presión absoluta del sistema (bar)

1. La idea es calcular primero el diámetro de la tubería y verificar que no se genere una pérdida de presión mayor al 2%. Esta caída de presión se debe calcular inicialmente para una ruta crítica, que es el camino más largo que debe recorrer el aire desde el compresor hasta el equipo neumático. Para la distribución mostrada por esta red se tomara como referencias las siguientes rutas críticas:
 1. Ruta crítica 1: 1-2, 2-18; 18-26; 26-28; 28-29 y 29-31, que tiene una longitud de 130 m.
 2. Ruta crítica 2: 1-2, 2-3, 3-5, 5-6, 6-10, 10-12, que tiene un longitud de
 3. Ruta crítica 3: 1-2, 2-18, 18-20, 20-23, 23-25, 25-27, que tiene un longitud de
 4. Ruta crítica 4: 1-2, 2-3, 3-5, 5-6, 6-7, 7-9, que tiene una longitud de
 5. Ruta crítica 5: 1-13, 13-15, que tiene una longitud de

El método para evaluar esa caída de presión consiste en calcular el 2% de la presión absoluta del sistema, dividir ese resultado entre la longitud de la tubería de la ruta crítica (en nuestro caso serán cinco rutas críticas) y así obtener una caída de presión por metro; esta sería la caída de presión permitida, que se debe comparar con la caída de presión real; para ello se calcula la caída de presión permitida multiplicando la caída de presión permitida por metro por la longitud del tramo, luego se calcula la caída real y se comparan esos dos valores, si la caída real es menor que la permitida no hay problema, si por el contrario, la caída real es mayor que la permitida se debe entonces aumentar el diámetro de la tubería, hasta que la caída real sea menor que la permitida.

Estos cálculos se muestran a continuación:

El 2% de la presión absoluta es $7,9 * 2 \% = 0,158$ bar; si dividimos esta caída entre la longitud de la ruta crítica 1, se tiene $0,158 \text{ bar} / 130 \text{ m} = 0,00122 \text{ bar} / \text{m.}$, Esta es la caída permitida por metro de tubería a lo largo de la ruta crítica 1.

Para calcular la caída de presión real es necesario conocer un coeficiente β , que se obtiene a partir de la relación:

$$\beta = 2,8628 \cdot m^{-0,148} \text{ O por tablas. (Ver anexo 9)}$$

Donde:

m = flujo de masa (kg / h)

Este flujo de masa se calcula por la ecuación

$$m = Qd \cdot \rho$$

Donde:

ρ = es la densidad del aire (kg / m³)

Esta densidad se calcula por la ecuación

$$\rho = 1,2 * \rho_{\text{relativa}}$$

ρ_{relativa} = 0,848 kg / m³. Se obtiene de tablas. (Ver anexo 10)

$$\rho = 1 \text{ kg / m}^3$$

Por lo que:

$$\beta = 1,36 \text{ kg / h. (Ver anexo 10)}$$

con el diámetro calculado con la ecuación # 1 y haciendo uso de la ecuación # 2, obtenemos ΔP .

$$\Delta P = 0,001 \text{ bar. Caída de presión calculada.}$$

Ahora al multiplicar la longitud del tramo principal (L = 5 m) obtenemos:

$$\Delta P = 0,007 \text{ bar. Caída de presión permitida}$$

Notemos que la caída de presión calculada es menor que la permitida, esto implica que el diámetro seleccionado esta bien. En caso contrario debe de tomarse el diámetro inmediatamente superior y volver a calcular la caída de presión con el nuevo diámetro hasta lograr que esta sea menor a la caída permitida. Este será el procedimiento que se siga para cada un de los tramos que formen parte de la ruta crítica.

En las siguientes tablas se mostrarán los diámetros obtenidos para cada tramos de la red de aire comprimido.

Tabla 8.2. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 1.

Tramo	Q_d	m	β	L	D_N	D_{int}	ΔP_{cal}	ΔP_{per}
1-2	5635	338	1,21	10	50	50,41	0,006	0,012
2-18	3114	187	1,32	15	38	38,22	0,015	0,018
18-20	3073	184	1,33	15	38	38,22	0,015	0,018
20-28	1490	89	1,48	50	32	32,12	0,032	0,061
28-29	1468	88	1,48	6	32	32,12	0,004	0,007
29-30	1012	61	1,56	9	25	26,03	0,008	0,011
30-32	75	4	2,14	25	12	13,84	0,004	0,031

Tabla 8.3. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 2.

Tramo	Q_d	m	β	L	D_N	D_{int}	ΔP_{cal}	ΔP_{per}
1-2	5635	338	1,21	10	50	50,41	0,006	0,011
2-3	1537	67	1,49	12	32	32,12	0,007	0,013
3-5	1474	87	1,49	30	32	32,12	0,02	0,033
5-6	1453	87	1,49	40	32	32,12	0,024	0,044
6-10	1412	85	1,49	25	32	32,12	0,014	0,028
10-12	684	41	1,16	30	25	26,03	0,009	0,033

Tabla 8.4. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 3.

Tramo	Q_d	m	β	L	D_N	D_{int}	ΔP_{cal}	ΔP_{per}
1-2	5635	338	1,21	10	50	50,41	0,006	0,012
2-18	3114	187	1,32	15	38	38,22	0,015	0,018
18-20	3073	184	1,33	15	38	38,22	0,015	0,018
20-23	231	14	1,92	6	12	13,84	0,0080	0,012
23-25	62	4	2,14	6	12	13,84	0,0006	0,012
25-27	21	1	2,14	30	12	13,84	0,0004	0,060

Tabla 8.5. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 4.

Tramo	Q_d	m	β	L	D_N	D_{int}	ΔP_{cal}	ΔP_{per}
1-2	5635	338	1,21	10	50	50,41	0,006	0,011
2-3	1537	67	1,49	12	32	32,12	0,007	0,013
3-5	1474	87	1,49	30	32	32,12	0,02	0,033
5-6	1453	87	1,49	40	32	32,12	0,024	0,044
6-7	41	3	2,14	6	12	13,84	0,0003	0,009
7-9	21	1	2,14	10	12	13,84	0,0001	0,070

Tabla 8.6. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo de la ruta crítica 5.

Tramo	Q_d	m	β	L	D_N	D_{int}	ΔP_{cal}	ΔP_{per}
1-13	3322	200	1,31	5	32	32,12	0,0140	0,020
13-15	21	1	2,14	35	12	13,84	0,0004	0,138

El procedimiento que se sigue para calcular la caída de presión en los tramos restantes, es restar las caídas de presión ya definidas en cada ruta crítica establecida, el 2 % de la caída permitida, de la presión absoluta que se encuentren en el trayecto que nos permite llegar hasta el tramo a calcular. **(Ver apéndice 3)**

En las siguientes tablas se muestran los diámetros de cada un de los tramos que no están contemplados en las rutas críticas establecidas, como un medio de facilitar el calculo de la caída de presión en los restantes tramos y obtener resultados más exactos.

Tabla 8.7. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 1.

Tramo	Q _d	m	β	L	D _N	D _{int}	ΔP _{cal}	ΔP _{per}
18-19	41	3	2,14	10	12	13,84	0,0005	0,105
20-21	2447	147	1,36	6	25	26,03	0,0270	0,081
28-34	21	1	2,14	12	12	13,84	0,0001	0,071
30-31	1012	61	1,56	9	25	26,03	0,0080	0,058
29-35	23	1	2,14	25	12	13,84	0,0004	0,076

Tabla 8.8. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 2.

Tramo	Q _d	m	β	L	D _N	D _{int}	ΔP _{cal}	ΔP _{per}
3-4	63	4	2,14	60	12	13,84	0,0070	0,137
5-33	21	1	2,14	6	12	13,84	0,0001	0,083
10-11	97	6	2,14	30	12	13,84	0,0080	0,078
1-17	2056	123	1,41	50	32	32,12	0,0600	0,148

Tabla 8.9. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 3

Tramo	Q _d	m	β	L	D _N	D _{int}	ΔP _{cal}	ΔP _{per}
23-22	93	6	2,14	13	12	13,84	0,0030	0,091
23-24	77	5	2,14	15	12	13,84	0,0020	0,088
25-26	41	3	2,14	7	12	13,84	0,0003	0,068

Tabla 8.10. Resultados de los cálculos para los diámetros de cada tramo relacionados con la ruta crítica 4 y la ruta crítica 5

Tramo	Q _d	m	β	L	D _N	D _{int}	ΔP _{cal}	ΔP _{per}
7-8	21	1	2,14	10	12	13,84	0,0001	0,015
1-13	3322	200	1,31	5	32	32,12	0,0140	0,020
13-14	1147	69	1,53	2	12	13,84	0,0520	0,055
13-16	3100	186	1,24	20	32	32,12	0,0460	0,120

9. Cálculo de los bajantes

Para este cálculo se utiliza el caudal consumido en cada salida, además para calcular el caudal de diseño sólo se debe tomar en cuenta el factor de fugas (ff) = 5 % y la velocidad de 15 m / s.

La longitud para todos los bajantes es L = 3 m

En la siguiente tabla se muestra el caudal de diseño de cada salida, ya que los consumos

Tabla 9.1. Caudales de diseño para cada salida

Salida	Q _d	Salida	Q _d	Salida	Q _d	Salida	Q _d
1	31.5	12	9.5	23	15.75	34	48
2	1062	13	9.5	24	1579	35	15.75
3	1062	14	15.75	25	1062	36	15.75
4	1062	15	15.75	26	1062	37	15.75
5	71	16	2.1	27	1062	38	585
6	31.5	17	1036	28	1062	39	15.75
7	15.75	18	2.1	29	1062	40	15.75
8	59	19	24.15	30	1062	41	56.7
9	307	20	14.7	31	15.75	42	15.75
10	5.25	21	14.7	32	1062	43	2.5
11	5.25	22	14.7	33	1062	44	1450

Tabla 9.2. Resultado de los cálculos de los diámetros para cada salida.

salida	m	β	D_N	D_{Int}	ΔP_{cal}	salida	m	β	D_N	D_{Int}	ΔP_{cal}
1	2	2.14	6	7.99	0.024	22	1	2.14	6	7.99	0.085
2	64	1.54	19	19.93	0.033	23	1	2.14	6	7.99	0.073
3	64	1.54	6	7.99	0.33	24	16	1.92	25	26.03	0.07
4	64	1.54	6	7.99	.033	25	64	1.54	19	19.93	0.077
5	4	2.14	6	7.99	0.055	26	1	2.14	6	7.99	0.016
6	2	2.14	6	7.99	0.052	27	64	1.54	19	19.93	0.072
7	1	2.14	6	7.99	0.046	28	64	1.54	19	19.93	0.072
8	4	2.14	6	7.99	0.052	29	64	1.54	19	19.93	0.072
9	18	1.85	12	13.84	0.076	30	64	1.54	19	19.93	0.072
10	1	2.14	6	7.99	0.07	31	1	2.14	6	7.99	0.061
11	11	2.14	6	7.99	0.07	32	64	1.54	19	19.93	0.072
12	1	2.14	6	7.99	0.07	33	64	1.54	19	19.93	0.072
13	1	2.14	6	7.99	0.07	34	3	2.14	***	***	***
14	1	2.14	6	7.99	0.07	35	1	2.14	6	7.99	0.034
15	1	2.14	6	7.99	0.07	36	1	2.14	6	7.99	0.039
16	1	2.14	6	7.99	0.081	37	1	2.14	6	7.99	0.039
17	62	1.56	12	13.84	0.154	38	35	1.7	12	13.84	0.075
18	1	2.14	6	7.99	0.085	39	1	2.14	6	7.99	0.061
19	2	2.14	6	7.99	0.085	40	1	2.14	6	7.99	0.061
20	1	2.14	6	7.99	0.085	41	3	2.14	6	7.99	0.016
21	1	2.14	6	7.99	0.085	42	87	1.49	19	19.93	0.082

10. Humedad en la red de aire comprimido

Uno de los mayores problemas que presentaba la red de aire, era la presencia de grandes cantidades de condensado en las salidas de los equipos, esto ocasionado, por razones de diseño inadecuados en el sistema, no poseer un secador de aire en el cuarto de compresores y un crecimiento no planificado que se ha venido dando al punto tal que, al ser esta red un circuito cerrado, con el crecimiento de la misma se fue transformando en una red de circuito abierto, en la cual no se colocaron los dispositivos de evacuación de condensados en los lugares apropiados y en algunos casos no se instalaron. Además, no se consideró la pendiente que deben llevar la tubería para este tipo de circuito (abierto), ni se tomaron en cuenta las uniones entre los diferentes tipos de tuberías presentes en la red de aire. Todo esto, vino a ocasionar que se formen grandes volúmenes de condensado provocando que, para utilizar el aire se debía de dejar abierta salida de aire por lo menos unos 15 a 20 minutos, que en algunos casos sobrepasaban los 30 minutos según información de los operadores.

Este problema disminuyó considerablemente al adquirir la compañía un secador de aire, el cual se colocó a la entrada del tanque de almacenamiento. La verificación de la disminución del condensado en la red y el tiempo que permanece esta seca se realizó de la siguiente manera:

- ◆ Diariamente, se purgaron los dispositivos existentes y los tanques de almacenamientos, para eliminar presencia de condensado probablemente debido a residuos existentes antes de colocar el secador. Esto se hizo durante una semana.
- ◆ Después cada semana, se purgaron los dispositivos existentes y los tanques de almacenamiento, notando que presencia de condensado era poca, al punto que se puede considerar un estado de aire seco y adecuado para su uso sin causar daños a las máquinas que lo utilizan. Esto se hizo durante dos semanas.
- ◆ Por último cada quince días, se purgaron los dispositivos de evacuación de condensados observándose un aumento en el volumen del condensado. Por lo

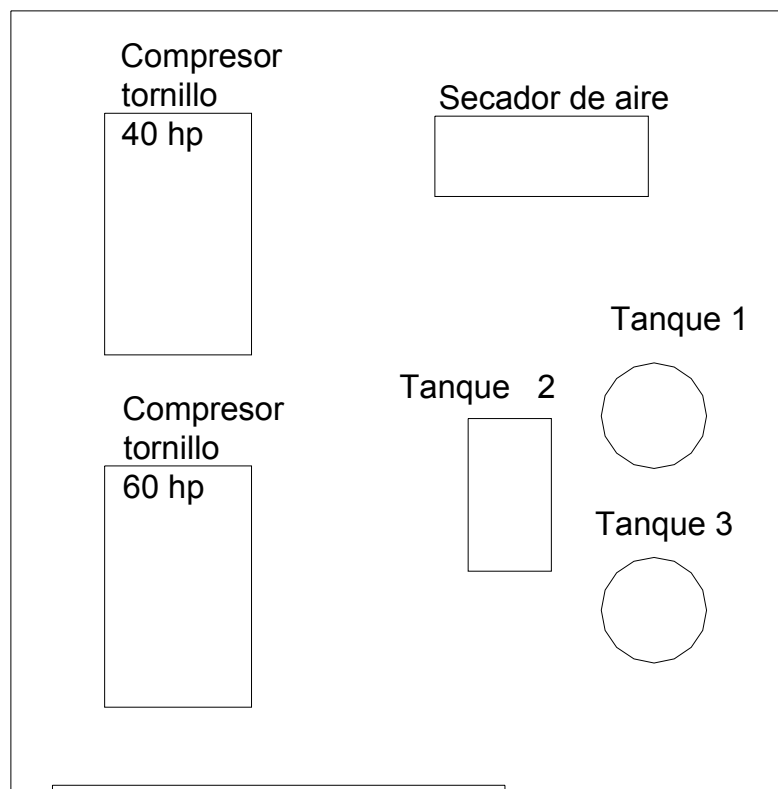
que se debe de purgar los dispositivos de evacuación de condensados semanalmente.

11. Cuarto de compresores

El cuarto de compresores no presenta inconvenientes para que los equipos trabajen eficientemente. Es amplio, esta ubicado afuera de las instalaciones en un lugar ventilado, a temperatura ambiente. Los elementos existentes en este (2 compresores, 3 tanque de almacenamiento, 1 secador y las tuberías de conexión) se encuentran bien distribuidos lo cual permite hacer reparaciones cómodamente.

11.1 Distribución del Cuarto de Compresores

Vista de planta del cuarto de compresores



Fuete : Analista

Fig.12. Distribución del Cuarto de Compresores.

12. Cálculo del volumen de aire desperdiciado por fugas

No se pudo realizar la prueba de estanqueidad (fugas de aire en el sistema), porque la empresa se encuentra en un momento de producción alto en el cual hasta los domingos trabajan durante las 24 horas, por lo que no fue posible coordinar con el departamento de producción para poder realizar esta prueba.

No obstante se presenta dos procedimientos que se pudieron haber seguido par efectuar esta prueba.

12.1 Procedimiento 1

1. Cuando se alcanza la máxima presión tomar el dato de P1.
2. Controlar el tiempo en que el compresor trabaja en vacío (t).
3. Controlar y tomar el dato de presión mínimo.
4. Anotar el tiempo en que el compresor tarda en dispararse (t_1) en minutos.
5. Si el aire suministrada por el compresor es $q = m^3 / min$, el tiempo que el compresor estaba funcionando es t resulta que las pérdidas por fugas será $q * t (m^3)$
6. Se puede calcular el aire desperdiciado por fugas en un tiempo T en minutos.

$$Q = (q * t_1) / t (m^3 / min)$$

12.2 Procedimiento 2

1. Se determina la máxima capacidad del tanque de almacenamiento (volumen).
2. Anotar la lectura del manómetro en kg / cm^2 .
3. Registrar el cambio de presión que se da en el tanque, en un determinado tiempo (30 segundos).
4. Se determina la cantidad de aire libre contenido en el deposito, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Aire libre (AL1)} = V * (P1 + 1)$$

5. Determinar la cantidad de aire que se redujo

$$\text{Aire libre (AL2)} = V * (P2 + 1)$$

Cantidad de aire reducido: AL1 – AL2

6. Determinar la presión promedio

$$(P1 + P2) / 2$$

7. Con la presión promedio recalcular el escape para obtener un valor más aproximado.

13. Estudio económico por fugas

Al no tener un dato preciso del porcentaje de fugas, se procedió de la siguiente manera:

Utilizando el compresor de 40 HP con una capacidad de 5101 l / min y conociendo el consumo máximo de 4260 l / min (para este consumo se omitieron varios equipos que en estos momentos no utilizan el aire por estar dañados, estos serán reparados por lo que si se contemplaron en el cálculo original); el compresor esta en capacidad de suministrar el consumo de la compañía, lo cual no se está cumpliendo por lo que se asume que el porcentaje de fugas es:

$$5101 - 4260 = 841 \text{ l/min}$$

$$\% \text{ d fugas} = (841 / 5101) * 100 \%$$

$$\% \text{ de fugas} = 16.5 \%$$

Como se nos permite un **5 %** de fugas esto implica que el % fugas a utilizar para realizar el estudio económico es de **11.5 %** o sea 587 l / min., de os 5101 l / min., se están desperdiciando por fugas.

Conociendo:

Potencia del compresor 40 HP = 30 kw

Horas de trabajo 24 hrs

Costo del kw / h = 19 colones en la punta

Tenemos que:

Potencia requerida para las 24 hrs = 720 kw / h

Potencia requerida para la fuga = 82.8 kw / h, (11.5 % de los 720 k / h)

$$\text{Perdida total} = 82.8 * 19 = 1573$$

Perdida total = 1573 colones por día

Perdida anual = perdidas diarias * # de días de la semana * # de semanas del año

Perdida anual = 1573 * 7 * 52

Perdida anual = 572645 colones

Se puede observar que es considerable el costo por fugas existente en la empresa por lo que es conveniente poner la atención a las fugas existentes en la red de aire comprimido.

14. Mantenimiento de compresores

En el mantenimiento de compresores lo más recomendable es seguir las instrucciones de los fabricantes, producto de la diversidad de modelos y formas constructivas que existen, sin embargo se pueden recomendar ciertas prácticas generales que ayudaran a tener una visión más práctica al respecto.

La comprobación, limpieza y reparación en caso de necesidades de los filtros de la aspiración, de la lubricación con aceite y de la refrigeración son parte del mantenimiento elemental en un compresor. El ciclo de limpieza de las partes dependerá del grado de pureza del aire aspirado, siendo necesario la comprobación semanal en caso de que el aire este muy contaminado.

14.1 Manual de inspecciones

14.1.1 Diario

1. Verifique el nivel de aceite en el cárter (con el compresor parado).
2. Purgue el depósito hasta que no salga agua condensada.
3. Limpie el filtro de aspiración.
4. Compruebe que el motor esta bien lubricado.
5. Verifique el funcionamiento de la válvula de descarga.

14.1.2 *Semanal*

1. Limpiar las aletas de los cilindros.
2. Compruébese las válvulas de seguridad.
3. Limpiar externamente todas las partes del sistema, motor, compresor, tanque.
4. Limpiar el filtro de aceite en le conducto de la línea principal de aire.

14.1.3 *Mensual*

1. Limpiar el filtro.
2. Cambiar el aceite del cárter.
3. Limpiar las válvulas de seguridad.

14.1.4 *Trimestral*

1. Lubricar el motor eléctrico.
2. Verificar la tensión de las correas y el ajuste del acoplamiento.
3. Apriétese las tuercas de las culatas y compruébese si la turca del anclaje está bien apretada.
4. Inspeccionar y limpiar internamente el sistema de control del motor.
5. Limpiar e inspeccionar la válvula antirretorno.

14.1.5 *Anual*

1. Desarmar el compresor, verificar tolerancias y juegos de las partes en movimiento, inspeccionar el cigüeñal. realizar una limpieza general interna, desarmar el motor, inspeccionar y corregir los ajustes entre los cojinetes.
2. Realizar la prueba hidrostática del tanque y del sistema neumático.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

En este capítulo, se procederá a realizar las recomendaciones y las conclusiones obtenida a partir del desarrollo de estos proyectos. Estas serán como un medio de soporte que vengán a introducir mejoras en el accionar del Departamento de Mantenimiento y contribuir con ello, en el desarrollo de la empresa.

Para lograr que se realicen estos cambios o modificaciones, se deben tener presentes los beneficio que estas acciones nos puede generar. Estos son los más importantes: una red de aire comprimido adecuada a las exigencias de la compañía y una reducción de los tiempos muertos por reparaciones en las maquinarias o equipos. No así, la inversión inicial la cual, por las condiciones actuales en que se encuentra la empresa se estarían recuperando en un corto o mediano plazo.

A. Recomendaciones para el Programa de Mantenimiento Preventivo

1. Contratar a una persona que se encargue de la programación, retroalimentación, análisis e informes de todo lo concerniente al trabajo de PMP y control de costos en general. Este puesto puede asignarse como un Staff al departamento.
2. Sustituir, antes de la implementación de este programa, todas aquellas partes ó piezas constitutivas de la maquinaria que presenta un desgaste superior a lo normal.

3. Crear un manual de procedimientos basado en la información de los manuales de las máquinas, la observación, reuniones y aporte de los operarios, el cual deberá ser:
 - a. Estudiado por los operarios.
 - b. Evaluado por los mismos, estableciendo alteraciones y mejoras a los procedimientos.
 - c. Así mismo se deberán corregir todos los hábitos indebidos y que no correspondan a los procedimientos establecidos.
4. Adquirir una computadora y una impresora para uso exclusivo del departamento.
5. Brindar cursos de capacitación al personal de mantenimiento, ofreciéndoles las facilidades de horarios para su realización.
6. Contratar los servicios de un lubricador o capacitar a un operario que se encargue de la lubricación, para un mejor control y soporte de esta área en el PMP.

B. Recomendaciones para la red de Aire Comprimido

1. La tubería de aire se debe pintar de color azul (según código de colores para facilitar las inspecciones, seguridad y como medio de codificación)
2. Aplicar el programa del mantenimiento preventivo para los compresores, propuesto en este proyecto.
3. Eliminar los tramos de la red de aire que no se están utilizando, para evitar la acumulación de condensado en estos puntos.
4. Seguir, al pie de la letra, los principios básicos para la instalación de una red de aire comprimido, para no incurrir en montajes inadecuados, entre ellos:
 - ◆ Hacer una buena selección del material de la tubería, el más adecuado es aluminio, uno de los más usados es hierro galvanizado.
 - ◆ Evitar tomas de aire por la parte inferior de la tubería.
 - ◆ Montar un buen sistema de soportería, que disminuya la posibilidad de esfuerzos adicionales en la tubería.

- ◆ Instalar la menor cantidad de manguera en cada salida, para disminuir las pérdidas de presión.
- 5. Hacer una buena selección de los equipos principales y auxiliares de un sistema de aire comprimido, que permitan un buen desempeño del sistema.
- 6. Estandarizar procedimientos para las purgas de condensado de los compresores.
- 7. Estar calentando frecuentemente el compresor de tornillo de 40 HP, que se conectó como auxiliar a la red de aire.
- 8. El flujo de aire de las pistolas soplantes no se debe de utilizar como medio de limpieza personal, porque este puede traer partículas sólidas y provocar lesiones físicas.

C. Conclusiones para el Programa de Mantenimiento Preventivo

1. El éxito de un MP no dependerá únicamente de su diseño, sino de la visión, interés y capacidad de aquellos que se encarguen de su aplicación.
2. La retroalimentación que se obtenga a lo largo de la implementación del programa es esencial en la aplicación de medidas correctivas, reestructuración y evaluación de resultados.
3. El diseño del PMP no contempla la eliminación de las fallas, ésta orientado a disminuir su número, reducir (a partir de mediano plazo) los costos por reparaciones y aumentar la vida útil de la maquinaria.
4. El PMP es un programa flexible, por lo tanto deberá verse expuesto a su reestructuración e introducción de mejoras.
5. Este programa constituye un conjunto de medidas orientadas a alcanzar y cuantificar objetivos específicos, por lo que no se recomienda su implementación parcial.
6. La maquinaria analizada presenta un desgaste normal (considerando su antigüedad), sin embargo, la sustitución de partes deterioradas ayudaría en forma directa a elevar su productividad.

7. La planeación de este programa permite su ejecución sin afectar negativamente el proceso productivo.

D. Conclusiones para la red de Aire Comprimido

1. El cuarto de compresores se encuentra ubicado adecuadamente, esta fuera de la instalación en un lugar ventilado, la temperatura del cuarto es la ambiental y sus dimensiones permiten una buena distribución de los equipos existentes.
2. El compresor de tornillos de 60 HP adquirido por la compañía, tiene la capacidad de suplir el consumo máximo.
3. Con la instalación del secador de aire antes de los tanques de almacenamiento de aire, el problema de la humedad en la red se solucionó.
4. El compresor proporciona la presión de trabajo requeridos por las diferentes máquinas.
5. Se debe modificar la red de aire en los puntos donde el diámetro es inadecuado.
6. La caída de presión esta fuera de lo permitido en algunos puntos, esto producto de los diámetros inadecuados.
7. Se pasó de una red de circuito cerrado a una red de circuito abierto, por las modificaciones no planificadas.
8. El porcentaje de fugas excede los casos extremos permitidos.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍAS

Rojas, J. (1999) "Folleto Principios de Mecánica de Fluidos"

Rojas, J. (1999) "Instructivo Laboratorio de Mecánica de Fluidos"

Streeter, V (1999) " Mecánica de Fluidos". Mc Graw Hill.

Alfaro, J.(1997) "Informe práctica de especialidad en Polipak de Costa Rica, Mantenimiento Industrial, Cartago, Costa Rica.

López, W (1994). "Informe práctica de especialidad en Cinta Azul S.A., Mantenimiento Industrial. Cartago, Costa Rica.

Valverde, J.(1992) "Folleto Administración de Mantenimiento I., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Rojas, J. "Folleto Cálculo de tuberías para aire comprimido", Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Apéndice

Apéndice 1

Manual de Mantenimiento Preventivo

Empresa Cía. Textil Centroamericana Departamento de Mantenimiento Máquina: Autoclave Scholl 1 Código: Tin-AS1		SECCION TINTORERÍA MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No.	INSPECCIÓN	Per.	Frec.	Dur.	Oper.
PARTE: Conjunto motor - bomba axial SUBPARTE: Conjunto motor - bomba axial		Código: MB1 Código: 1			
1	Verificar ruidos anormales en el conjunto. Reportar	S	13	20	1M
2	Verificar el apriete de los pernos de anclaje. Resocar	T	4	60	1M
3	Medir corriente y tensión en el motor. Reportar	M	13	40	1E
4	Lubricar los rodamientos de la bomba.	E	2	60	1M
5	Verificar el tensado de las fajas. Ajustar si es necesario	M	13	60	1M
6	Quitar la suciedad y el polvo de las aletas de refrigeración y cubierta del ventilador del motor	T	4	40	1M
7	Verificar que la salida de agua del prensa estopa sea de 60 gotas por minuto. Ajustar si es necesario	M	13	40	1M

Empresa Cía. Textil Centroamericana Departamento de Mantenimiento Máquina: Autoclave Scholl 1 Código: Tin-AS1		SECCION TINTORERIA MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No.	INSPECCION	Per.	Frec.	Dur.	Oper.
PARTE: Conjunto motor - bomba adiciones		Código: MB2			
SUBPARTE: Conjunto motor - bomba adiciones		Código: 2			
8	Verificar el acople y alineamiento entre la bomba y el motor. Corregir si es necesario.	T	4	90	1M
9	Verificar ruidos anormales en el conjunto. Reportar	S	52	20	1M
10	Verificar fugaz por la carcasa de la bomba. Reportar	M	13	20	1M
11	Verificar el apriete de los pernos de anclaje. Resocar	T	4	60	1M
12	Quitar la suciedad y el polvo de las aletas de refrigeración y cubierta del ventilador del motor	T	4	30	1M
13	Desarmar el motor. Cambiar partes desgastadas	A	1	240	1E
14	Medir corriente y tensión en el motor. Reportar	M	13	40	1E

Empresa Cía. Textil Centroamericana		SECCION TINTORERIA			
Departamento de Mantenimiento		MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Máquina: Autoclave Scholl 1					
Código: Tin-AS1					
No.	INSPECCION	Per.	Frec.	Dur.	Oper.
PARTE: Sistema alimentación Agua y Vapor		Código: AV			
SUBPARTE: Válvulas manuales		Código: 3			
15	Lubricar el vástago de todas las válvulas existentes.	Q	26	30	1M
16	Verificar que no existan fugas. Reportar	S	52	20	1M
SUBPARTE: Trampas de vapor y filtros		Código: 4			
17	Desarmar el filtro. Limpiar y cambiar partes desgastadas	E	2	90	1M
18	Verificar el funcionamiento de la trampa. Reportar	M	13	20	1M
SUBPARTE: Uniones y tuberías		Código: 5			
19	Verificar que no existan fugas. Reportar	S	52	20	1M
20	Verificar el apriete en las conexiones. Resocar	T	4	40	1M
SUBPARTE: Válvulas de control neumático		Código: 6			
21	Desarmar. Limpiar y cambiar partes desgastadas	E	2	120	1M
22	Verificar el funcionamiento. Reportar	M	13	20	1M

Empresa Cía. Textil Centroamericana Departamento de Mantenimiento Máquina: Autoclave Scholl 1 Código: Tin-AS1		SECCION TINTORERIA MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
No.	INSPECCION	Per.	Frec.	Dur.	Oper.
PARTE: Intercambiador de calor		Código: IC			
SUBPARTE: Intercambiador de calor		Código: 7			
23	Desarmar el serpentín. Limpiar	A	1	180	1M
PARTE: Panel de control eléctrico		Código: PC			
SUBPARTE: Panel de control eléctrico		Código: 8			
24	Verificar el estado físico de los conductores. Cambiar si es necesario	T	4	60	1E
25	Medir corrientes y voltajes en los principales contactores y conductores. Reportar	M	13	90	1E

Apéndice 2

Muestra de Cálculo de Disponibilidad para la Sección: Tintorería

Disponibilidad Mecánica: DMP(M)

Horario de producción

De Lunes a Sábados las 24 Hrs/día

Horario de mantenimiento

De Lunes a Sábado 24 hrs/día

TNP = Tiempo de No Producción

En este caso el TNP, no existe asumiendo establecido tentativamente

TNP = 4 Hr/día = 240 min/día

TNP = 4 Hr/día * 6 días = 24 Hrs/Semana

TNP = 1440 min/Semana

TNP(e) = Tiempo de No Producción Equivalente

TNP(e) = TNP * OPD

OPD = 1 M

TNP(e) = 3600 * 1 = 3600 [(min-M)/s]

TOT = Tiempo para otros trabajos

TOT para nuestro caso de cero

DMP(M) = 1440 - 0 = 1440 [(min-M)/Semana]

DMP(M) = 1440 / 60 min / 1 M = 24hrs

Se pueden programar inspecciones mecánicas hasta un máximo de 1440 min/semana utilizando 1 mecánico

DMP(M) constante para las 52 semanas del año

Para esta muestra de cálculo de disponibilidad no se considero el día domingo.

Apéndice 3

Muestra de los cálculos de la caída de presión para los tramos que no son parte de la ruta crítica 1.

La longitud de los bajantes es de 3 m

Para el cálculo de la caída de presión para estos tramos se debe de restar a la presión absoluta calculada (esta menos el 2% permitido) las caídas de todos los tramos que se encuentre en la dirección del tramo a calcular menos la caída principal.

Tramo 18-1

L = 13 m porque se le suma la longitud del bajante, para calcular la caída de presión por metro y obtener la caída de presión permitida Esto es:

$$\Delta P = (7.9 * 2\%) - \Delta P_{\text{prin}} - \Delta P_{1-2} - \Delta P_{2-18}$$

$$\Delta P_{\text{prin}} = 0.001 \text{ bar}$$

De Tabla 29, tenemos:

$$\Delta P_{1-2} = 0.006 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{2-18} = 0.015 \text{ bar}$$

Lo que nos permite calcular

$$\Delta P = 0.136 \text{ bar} / 13$$

$$\Delta P = 0.0105 \text{ bar} / \text{m}$$

$$\Delta P_{\text{perm.}} = 0.0105 * 10$$

$$\Delta P_{\text{perm.}} = 0.105 \text{ bar}$$

De la ecuación 2, obtenemos la caída de presión calculada.

$$\Delta P = 0.0005 \text{ bar}$$

Comparamos con la permitida y como es menor la calculada el diámetro seleccionado es correcto.

Este procedimiento se aplicará a todos los demás tramos que no estén en la ruta crítica (23-22; 23-24; 25-26; 28-34; 29-35; 30-31; 7-8; 1-179)

Para los demás tramos se calcularon como si fueran rutas críticas (20-23; 23-25; 25-27; 6-7; 7-9, 1-13; 13-)

Para los bajantes la caída de presión se calcula de la siguiente manera:

- Se calcula normalmente el diámetro y la caída de presión en la tubería
- Se suma esta caída de presión a todas las demás caídas que estén en la misma dirección del bajante.
- Se compara con 0.158 bar que es la caída perdida y si la suma es menor entonces el diámetro seleccionado es correcto.

Anexos

Anexo 1

Datos para determinar el índice de funcionamiento global (paros por reparación) para la Sección Tintorería.

Tabla 1. Datos para el mes de agosto.

Maquina	Duración de la reparación Mensual (hrs)
SCHOLL 1	2.4
SCHOLL 2	14.15
SCHOLL 3	2.4
THIES	16.9
OBERMAEIR	30.4

Tabla 2. Datos para el mes de setiembre.

Maquina	Duración de la reparación Mensual (hrs)
SCHOLL 1	48
SCHOLL 2	16.85
SCHOLL 3	2
THIES	67
OBERMAEIR	9

Anexo 2

Tabla 3. Gasto de los sopladores

Gasto en m ³ / min de aire libre (760 mmHg)							
Diámetro de Orificio mm	Presión efectiva en kg / cm ²						
	2	3	4	5	6	7	8
0.1	0.00027	0.00036	0.00045	0.00045	0.00063	0.00072	0.00081
0.2	0.00109	0.00145	0.00181	0.00217	0.00252	0.00288	0.00324
0.3	0.00245	0.00326	0.00406	0.00487	0.00568	0.00649	0.0073
0.5	0.00681	0.00905	0.0113	0.0135	0.0158	0.018	0.0203
1	0.0272	0.0362	0.0452	0.0541	0.0631	0.0721	0.0811
1.5	0.0613	0.0815	0.102	0.122	0.142	0.162	0.183
2	0.109	0.145	0.181	0.2171	0.252	0.288	.0324
3	0.245	0.326	0.406	0.4871	0.568	0.649	0.73
4	0.436	0.579	0.723	0.865	1.01	1.15	1.3
5	0.681	0.905	1.13	1.35	1.58	1.8	2.03
6	0.981	1.304	1.63	1.95	2.27	2.6	2.92
8	1.75	2.32	2.89	3.46	4.04	4.062	5.19
10	2.72	3.62	4.52	5.41	6.31	7.21	8.11
12	3.92	5.22	6.5	7.78	9.09	10.4	11.68
15	6.13	8.15	10.2	12.2	14.2	16.2	18.25
20	10.9	14.5	18.1	21.7	25.2	28.8	32.4
25	17	22.6	28.2	33.8	39.5	45	50.7

Anexo 3

Tabla 4. Consumo de aires comprimido de diversas máquinas y herramientas en m³ / min

DESIGNACIÓN	CONSUMO
Martillo, servicio ligero	0.160
Martillo de cincelar, ligero	0.280
Martillo de cincelar, mediano/pesado	0.650 / 0.730
Martillo remachador, ligero	0.220
Martillo remachador 1/2" diam.remache	0.560
Martillo remachador 1" diam.remache	0.840
Martillo remachador 1 1/4" diam.remache	0.890
Prensa remaches	0.300
Pistón, moldeo a mano, ligero 5/7 kg	0.400 / 0.600
Pistón, moldeo a mano, ligero 9 kg	0.620
Pistón, moldeo a mano, ligero 10/16 kg	0.780
Taladros hasta 1/4" (6 mm) diam. en acero	0.195
Taladros hasta 1/4" (mayor potencia)	0.275
Taladros hasta 3/8" (10 mm) diam.	0.450
Taladros de 1/2" diam. en acero	0.560
Taladros de 7/8" diam. en acero	1.130 / 1.270
Taladros de 1 1/4" diam. en acero	1.410 / 1.690
Taladros de 1 1/2" diam. en acero	1.410 / 1.690
Taladros de 2" diam. en acero	1.410 / 1.690
Atornilladores no reversibles, hasta 1/4" diam.	0.195
Atornilladores reversibles, hasta 1/4" diam.	0.300
Atornilladores de 8 mm diam.	0.350
Amoladora de 2 1/2" y 3/8" diam.muela	0.420
Amoladora de 6" y 1" diam.muela	0.990 / 1.130
Amoladora de 8" y 1" diam.muela	1.270
Esmeriladora muelas/discos (130/127 mm) diam	1.270
Esmeriladora muelas/discos (178/178 mm) diam	2.400
Esmeriladora muelas/discos (235/235 mm) diam.	3.200
Pulidoras disco pulir 125 mm diam.	0.300
Pulidoras disco, 80,127, 152 mm diam.	0.650
Llaves de impacto con árbol cuadrado 3/8"	0.300
Llaves de impacto con árbol cuadrado 1/2 "	0.900 / 1.500
Llaves de impacto con árbol cuadrado 3/4 " - 1/2"	0.500
Fresadoras radiales, fresa 10/12 mm diam.	0.300 / 0.400
Fresadoras de ángulo, fresa 12/15 mm diam.	0.300 / 0.400
Motores neumáticos 0.45 HP	0.500
Motores neumáticos 1 HP	0.875
Motores neumáticos 1.4 HP	1.200
Bomba neumática	2.260 / 2.400
Elevador neumático, carga en kg 55/454	0.060 / 0.360
Pistola soplante	0.150
Pistola de pintar	0.150

Anexo 4

Tabla 5. Coeficiente de utilización para algunas herramientas

Herramientas	coef
Atornilladores	25 %
Amoladoras	40 %
Remachadoras	50 %
Taladros	25 %
Lijadoras	50 %
Roscadoras	30 %
Pistoleta limpieza	10 %
Máquina de soldar	70 %

Anexo 5

Tabla. 6 Consumo de aire para cilindros neumáticos

Diámetro del cilindro (mm)	Presiones de trabajo en Bares												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Consumo de aire en litros por cm de carrera del cilindro												
6	0.0005	0.0008	0.0011	0.0014	0.0016	0.0019	0.0022	0.0025	0.0027	0.0030	0.0033	0.0036	0.0038
12	0.0020	0.0030	0.0040	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090	0.0100	0.0110	0.0120	0.0130	0.0140	0.0150
16	0.0040	0.0060	0.0080	0.0100	0.0120	0.0140	0.0160	0.0180	0.0200	0.0220	0.0240	0.0260	0.0280
25	0.0100	0.0140	0.0190	0.0240	0.0290	0.0330	0.0380	0.0430	0.0840	0.0520	0.0570	0.0620	0.0670
35	0.0190	0.0280	0.0380	0.0470	0.0560	0.0660	0.0750	0.0840	0.0930	0.1030	0.1120	0.1210	0.1310
40	0.0250	0.0370	0.0490	0.0610	0.0730	0.0850	0.0970	0.1100	0.1220	0.1350	0.1460	0.1570	0.1710
50	0.0390	0.0580	0.0770	0.960	0.1150	0.1340	0.1530	0.1720	0.1910	0.2100	0.2290	0.2480	0.2670
70	0.0760	0.1130	0.1500	0.1870	0.2250	0.2620	0.2990	0.3350	0.3740	0.4110	0.4480	0.4850	0.5230
100	0.1550	0.2310	0.3070	0.3830	0.4590	0.5350	0.6110	0.6870	0.7630	0.8390	0.9150	0.9910	1.0670
140	0.3030	0.4520	0.6010	0.7500	0.8990	1.0480	1.1970	1.3460	1.4950	1.6440	1.7930	1.9420	2.0910
200	0.6180	0.9230	1.2270	1.5310	1.8350	2.1390	2.4430	2.7470	3.0520	3.3560	3.6600	3.9640	4.2680
250	0.9660	1.4410	1.9160	2.3920	2.8670	3.3420	3.8170	4.2920	4.7680	5.2430	5.7180	6.1930	6.6680

Anexo 6

Tabla 7. Variación de la presión atmosférica con la altitud

Altitud	Presión	Altitud	Presión
msnm	Bar	msnm	Bar
0	1.012	1200	0.875
100	1.001	1500	0.844
200	0.989	1600	0.834
300	0.978	1800	0.813
400	0.967	2000	0.792
500	0.955	2500	0.741
800	0.921	3000	0.697
1000	0.896	3500	0.652

Anexo 7

Tabla 8. Compresor de Tornillo.

modelo	H:P	Pie ³ / min	l/min	M ³ / min
KRS15	15	55	1561	1.561
KRS20	20	78	2196	2.196
KRS25	25	95	2698	2.698
KRS30	30	110	3117	3.117
KRS40	40	180	5101	5.101
KRS50	50	225	6376	6.376
KRS60	60	265	7510	7.510
KRS75	75	340	9635	9.635
KRS100L	100	463	13121	13.121
KRS125L	125	574	16266	16.266
KRS150L	150	696	19724	19.724
KRS200L	200	670	27488	27.488

Esta tabla es para una presión de 7 bar.

Anexo 8

Tabla 9. Diámetros de la tubería de cobre.

D.nominal	D. externo	Di.tipo L	Di.tipo M
6.3	9.52	7.99	8.25
9.5	12.70	10.92	11.43
12	15.87	13.84	14.45
16	19.05	16.92	*****
19	22.22	19.93	20.60
25	28.57	26.03	26.80
32	34.92	32.12	32.99
38	41.27	38.22	38.78
50	53.97	50.41	51.02
62	66.67	62.61	63.31
75	79.37	74.80	75.71
100	104.80	99.18	99.95
125	130.20	123.80	124.60

Anexo 9

Tabla 10. Índice de resistividad para caudales de aires en kg / h.

flujo	índice	flujo	índice	flujo	índice
5	2.14	110	1.43	350	1.21
10	2.03	120	1.41	400	1.18
15	1.92	130	1.40	500	1.15
20	1.85	140	1.38	600	1.12
25	1.78	150	1.36	700	1.09
30	1.74	160	1.35	800	1.07
35	1.70	170	1.34	900	1.05
40	1.66	180	1.33	1000	1.03
45	1.64	190	1.32	2000	0.94
50	1.61	200	1.31	3000	0.86
55	1.59	210	1.30	4000	0.84
60	1.56	220	1.29	5000	0.82
65	1.54	230	1.28	6000	0.80
70	1.53	240	1.27	7000	0.78
75	1.51	250	1.26	8000	0.76
80	1.50	260	1.25	9000	0.74
85	1.49	270	1.25	10000	0.73
90	1.48	280	1.24	15000	0.69
95	1.46	290	1.24	20000	0.67
100	1.45	300	1.23	25000	0.64

Anexo 10

Tabla 11. Variación de la densidad del aire con la altitud.

Altitud relativa al nivel del mar	Densidad relativa		
	0 ° C	20 ° C	40 ° C
Nivel del mar	1.070	1.000	0.936
300 m sobre	1.015	0.947	0.886
600 m sobre	0.983	0.915	0.856
900 m sobre	0.945	0.881	0.825
1200 m sobre	0.910	0.848	0.793
1500 m sobre	0.882	0.822	0.769
1800 m sobre	0.847	0.790	0.739
2400 m sobre	0.783	0.730	0.683
3000 m sobre	0.720	0.671	0.628
4500 m sobre	0.593	0.553	0.518