

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**BASES PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA LINEA DE  
VAPOR, AIRE COMPRIMIDO Y SISTEMA  
ELECTRICO DE UNA FABRICA TEXTIL MULTI  
ESTILOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA MECANICO ELECTRICISTA**

**BENIGNO CHAPARRO CONCHA**

**PROMOCION 1995-II**

**LIMA-PERU**

**2008**

**A la memoria de mis padres:  
Avelino y Maximiliana,  
a mi querida familia  
y a los amigos que  
me apoyaron en  
la culminacion  
de mi carrera.**

## INDICE

	<b>Página</b>
<b>PROLOGO</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>12</b>
1.1. Antecedentes	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Alcances	13
<b>CAPITULO 2</b>	<b>14</b>
<b>DESCRIPCION DE LA EMPRESA</b>	<b>14</b>
2.1. ORGANIGRAMA	
2.2. Características de los materiales y productos fabricados	17
2.3. Descripción del proceso productivo	19
2.3.1 Proceso de control del hilo	19
2.3.2. Proceso de tejeduría	21
2.3.3. Proceso de tintorería	23
2.3.4. Proceso de diseño y ploteo	23
2.3.5. Proceso de corte	24
2.3.6. Proceso de costura	24
2.3.7. Proceso de acabado	25
2.3.8. Proceso de almacén y exportación	25

<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>26</b>
<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA LÍNEA DE VAPOR, AIRE COMPRIMIDO Y SISTEMA ELÉCTRICO</b>	<b>26</b>
3.1. Línea de vapor	26
3.1.1. Método de pérdidas de calor	27
3.1.2. Método de entradas y salidas	28
3.1.3. Formulario para los cálculos	29
3.1.3.1 Cálculo de la eficiencia	29
3.1.3.1.1 Cálculos preliminares	30
3.1.3.1.2. Cálculo de créditos	33
3.1.3.1.3 Cálculo de pérdidas de calor	34
3.1.3.1.4. Cálculo de la eficiencia	36
3.1.3.1.5. Balance de Calor en el generador de vapor	36
3.1.3.1.5.1 Combustible y créditos	36
3.1.3.1.5.2. Vapor y agua de alimentación	37
3.1.3.1.5.3. Pérdidas en el generador de vapor	38
3.1.3.1.5.4. Calor total que entra	39
3.1.3.1.5.5 Calor total que sale	39
3.1.4. Pérdida de calor en líneas y tanques	39
3.1.4.1. Formulario para los cálculos	40
3.1.4.2 Cálculo de la pérdida de calor en líneas (tuberías)	40
3.1.4.3. Cálculo de la pérdida de calor en tanques (superficies planas)	41
3.1.5 Pérdida de calor en trampas para vapor, fugas, purgas, y balance en intercambiadores de calor	42

3.1.5.1. Trampas para vapor	42
3.1.5.2. Fugas y purgas	43
3.1.5.3. Formulario para los cálculos	
3.2. Aire Comprimido	46
3.2.1 Descripción de la red	46
3.2.1.1 Tubería principal	47
3.2.1.2 Tuberías secundarias	47
3.2.1.3 Tuberías de servicio	48
3.2.1.4 Configuración	48
3.2.1.5. Accesorios	52
3.2.1.5.1 Postenfriadores	53
3.2.1.5.2 Válvulas de drenaje automático	53
3.2.1.5.3 Válvulas de drenaje automático mecánico	54
3.2.1.5.4 Válvulas de drenaje automático de flotador	54
3.2.1.5.4 Válvulas de drenaje automático electrónica	55
3.2.1.5.5 Filtros	55
3.2.1.5.5.1 Filtros de partículas	55
3.2.1.5.5.2 Filtros coalescentes	56
3.2.1.5.6 Secadores	56
3.2.1.5.7 Tanques de almacenamiento	58
3.3. Sistema Eléctrico	60
3.3.1. Prescripciones generales	61
3.3.2. Diseño y protección de las instalaciones eléctricas	62
3.3.2.1. Protección contra fugas a tierra	62

3.3.2.2.	Protección contra sobrecorriente	63
3.3.2.3.	Requerimiento de Dispositivos de Protección y Control	63
3.3.3.	Lugares peligrosos	64
3.3.3.1.	Clase	64
3.3.3.2	División	65
3.3.3.3.	Clase I	65
3.3.3.3.1	Zona 0	65
3.3.3.3.2.	Zona 1	65
3.3.3.3.3.	Zona 2	65
3.3.3.4.	Clase II	66
3.3.3.4.1.	División 1	66
3.3.3.4.2.	División 2	66
3.3.3.5.	Clase III	6
3.3.3.5.1.	División 1	67
3.3.3.5.2.	División 2	67
3.3.4.	Lugares con Líquidos o Vapores Corrosivos o Muy Húmedos	67
3.3.5.	Tomacorrientes, Enchufes y Cordonos para Equipos Portátiles	67
3.3.6.	Artefactos de Iluminación	68
3.3.7.	Materiales Resistentes a la Corrosión	68
3.3.8.	Clases de protección	68
3.3.8.1.	Contra cuerpos sólidos	68
3.3.8.2.	Contra los líquidos	69
3.3.9.	Consideraciones y reglamento técnico de tomacorrientes	69
3.4.	Teoría de Programa de Mantenimiento	70

3.4.1.	Sistema de mantenimiento	70
3.4.1.1.	Sistema típico de mantenimiento	70
3.4.1.2.	Operaciones y control de mantenimiento	70
3.4.1.3.	Mantenimiento preventivo, conceptos, modelos y análisis	74
3.4.1.4.	Planeación y Programación del Mantenimiento	75
<b>CAPITULO 4</b>		<b>80</b>
<b>BASES PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>80</b>
4.1.	Línea de Vapor	80
4.1.1.	Caldero pirotubular	80
4.1.1.1	Motobomba	80
4.1.1.2	Quemador	81
4.1.1.3	Ablandador	81
4.1.2.	Programa de mantenimiento preventivo...	83
4.1.2.1	Diario y/o semanal	83
4.1.2.2	Mensual...	85
4.1.2.3	Semestral	86
4.1.2.4.	Ventajas del mantenimiento preventivo	87
4.1.2.5.	Mediciones	89
4.1.2.5.1.	Lista de mediciones y lugares donde se van a efectuar	89
4.1.2.5.2	Instrumentos de medición	90
4.1.2.5.2.1.	Temperatura...	90
4.1.2.5.2.2.	Presión	90
4.1.2.5.2.3.	Flujo	91
4.1.2.5.2.4.	Combustión	91

4.2.	Línea de Aire Comprimido	91
4.2.1.	Compresores	91
4.2.1.1.	Equipamiento	94
4.2.2	Programa de mantenimiento preventivo	95
4.2.2.1	Compresores	95
4.2.2.2.	Tuberías	97
4.2.2.3.	Tanque de almacenamiento	97
4.2.2.4.	Secador	97
4.2.2.5.	Consideraciones adicionales	98
4.3.	Sistema Eléctrico	98
4.3.1	Calidad de los componentes eléctricos	99
4.3.2.	Resistencia de aislamiento	99
4.3.3.	Medición de la resistencia de puesta a tierra	100
4.3.4.	Equipamiento...	100
<b>CAPITULO 5</b>		<b>103</b>
<b>COSTOS...</b>		<b>103</b>
5.1.	Medidas de Ahorro	104
5.2.	Evaluación Económica	107
5.3.	Formulario para la Evaluación Económica	108
5.4.	Calculo de los Principales Indicadores Económicos	110
5.4.1	Consumo de Combustible para la Línea de Vapor	110
5.4.2	Calculo del costo Anual del Aire Comprimido	111
5.4.2.1	Perdidas por Fugas	113
5.4.2.2	Pérdidas por Presión del Compresor	113



5.4.2.3	Utilización de Demandas “extras”	114
5.4.2.4	Mantenimiento correcto del Secador	114
	<b>Conclusiones</b>	<b>115</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>118</b>
	<b>Planos</b>	<b>119</b>

## **PROLOGO**

El presente Informe de Suficiencia se basa en la experiencia obtenida como asistente de mantenimiento en la Compañía Textil Hitepima S.A.

En el *primer capítulo* se presenta una introducción del informe así como los antecedentes, objetivos y alcances del mismo.

En el *segundo capítulo* se presenta a la empresa, el organigrama y una descripción del proceso productivo que termina en el control de calidad y almacenaje para la exportación.

En el *capítulo tercero* se hace una descripción de las características principales de la línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico. Sistemas que serán motivo para el desarrollo de un mantenimiento preventivo.

En el *capítulo cuarto* se describe el plan de mantenimiento para la línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico.

En el *capítulo quinto* se presenta un cuadro de costos para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los sistemas propuestos, se hace un análisis económico sobre la prioridad de realizar el mantenimiento.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Recientemente, las organizaciones manufactureras se han visto sometidas a una enorme presión para ser competitivas y ofrecer una entrega oportuna de productos de calidad. Este nuevo entorno ha obligado a los gerentes y a los ingenieros a optimizar todos los sistemas que intervienen en sus organizaciones.

El mantenimiento como sistema tiene la función clave del logro de las metas y objetivos de la empresa, contribuyen a reducir los costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y contar con equipo confiable que sea seguro y esté bien configurado para lograr la entrega oportuna de las órdenes a los clientes. Además, un sistema de mantenimiento juega un papel importante en minimizar el costo del ciclo de vida de los equipos. Para alcanzar la tasa de rendimiento sobre la inversión que se ha fijado como meta, se deben maximizar la disponibilidad de la planta y la eficacia de los equipos. Lo que ha motivado a que se desarrolle un programa de mantenimiento preventivo, en primer lugar a la línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico de esta fábrica textil.

## **1.2 OBJETIVOS**

Establecer un programa de mantenimiento preventivo para el consumo óptimo de energía y obtener productos de calidad estandarizados en el proceso de fabricación de prendas.

Mantener los equipos de la planta en condiciones de servicio seguro, eficiente y confiable para no interrumpir las labores de producción y de esa forma contribuir con los medios disponibles a sostener lo más bajo posible los costos de operación.

El presente trabajo busca crear un plan de mantenimiento de la línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico para mejorar la competitividad de la empresa

## **1.3 ALCANCES**

El presente trabajo aborda sólo la planificación del mantenimiento preventivo a la línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico de Compañía Hitepima S.A.

Se presenta el aspecto teórico del programa de mantenimiento, con la finalidad de integrarlo a la realidad de la empresa. Antes de efectuar el mantenimiento, se tiene que hacer un análisis económico de costo - beneficio, para lo cual se presenta la formulación correspondiente.

El éxito de la planificación del mantenimiento permitirá a la empresa una mayor productividad al reducirse, al mínimo, las tasas de falla de los sistemas propuestos.

## **CAPITULO 2**

### **DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

La Compañía Hitepima S.A. es una empresa dedicada a la confección y comercialización de productos textiles en algodón tangüis y pima, tanto como cardado y mercerizado, destinado a satisfacer las necesidades del mercado local y de los mercados de Estados Unidos y Alemania.

Se inicia en el año 1957 produciendo medias de nylon con el nombre de Nylon Peruana, en 1995 amplió su rubro con la fabricación de polos para el mercado externo y ropa interior para el mercado local, cambiando el nombre a Compañía Hitepima S.A., actualmente cuenta con dos locales, uno ubicado en Ate y su antiguo local en Breña, estos locales funcionan independientes uno del otro, contando cada uno con las maquinarias y equipamiento necesarios para la fabricación de sus productos.

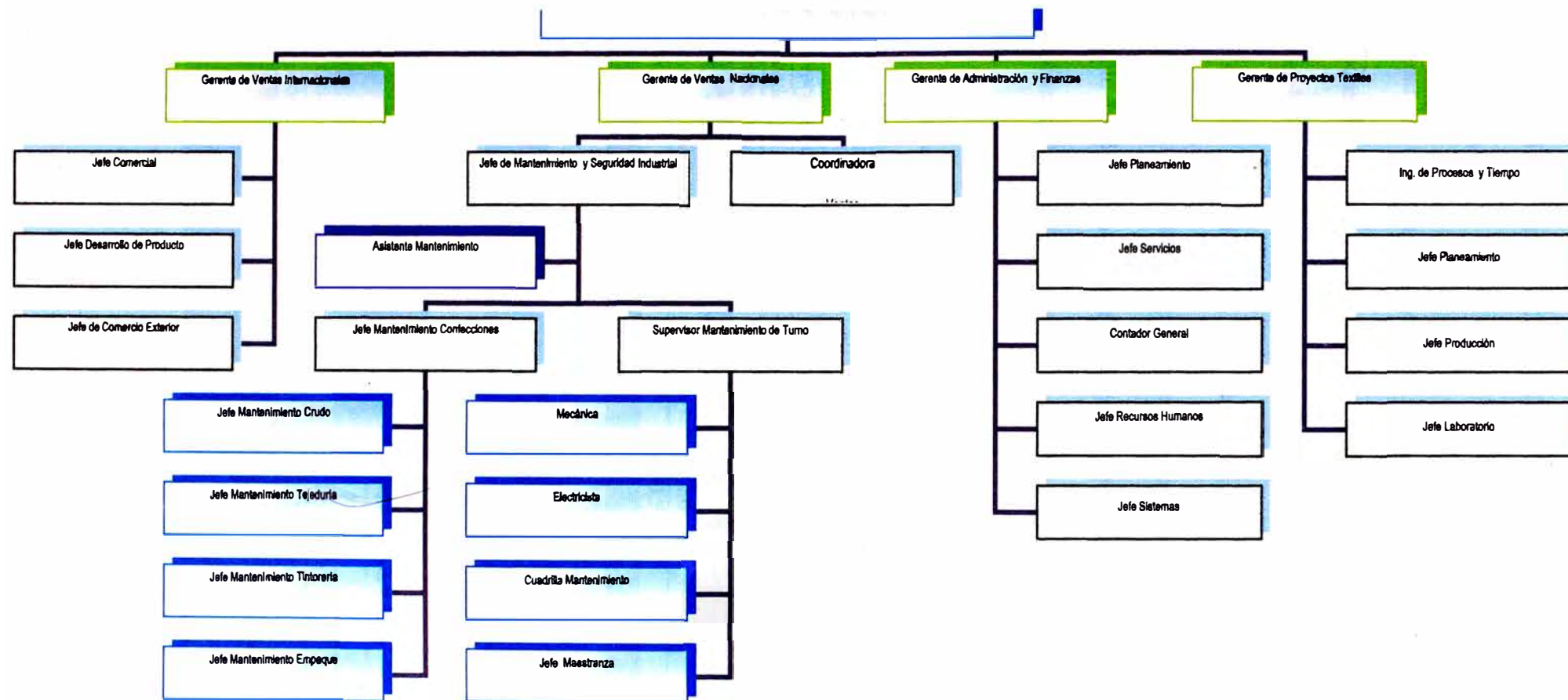
Todo el personal se encuentra en planilla y están asegurados. Las dos plantas se encuentran implementadas con todas las medidas de seguridad e higiene industrial acorde con las reglamentaciones nacionales e internacionales y su personal se encuentra instruido y capacitado para hacer frente a cualquier accidente y/o

emergencia, semanalmente se les instruye por brigadas con personal paramédico exclusivamente contratado del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú.

## **2.1. ORGANIGRAMA**

La Compañía Hitepima S.A. tiene el organigrama que se presenta en la figura 2.1.

FIGURA 2.1 ORGANIGRAMA DE LA CIA. HIPEPIMA S.A.





## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y PRODUCTOS FABRICADOS

Para determinar las características de los diferentes materiales que se utilizan en el proceso, se considera como marco referencial la línea de producción y el proceso de fabricación, debido a que el trabajo fue realizado en la sección de tejeduría, se tomaron en cuenta los materiales correspondientes a esta etapa del proceso. Los materiales que constituyen la materia prima son las diferentes variedades de algodón (tangüis, pima, cardado, mercerizado), destinados a satisfacer las necesidades de empresas textiles de tejeduría y en confecciones de área local y exportación.

**Cuadro 2.1: Propiedades del Algodón Blanqueado**

<b>1. Longitud (pulgadas)</b>	
A. Longitud de Consumo Normal	0.75 - 1.25
B. Motas de Despepitador	0.5 - 0.75
C. Borra de Peinadora	<0.5
D. Linters de Primer Pase	0.25 - 0.5
<b>2. Diámetro de la Fibra</b>	
A. Micronaire ( $\mu\text{g}/\text{pulgada}$ )	2.0 - 6.5
B. Denier ( $\text{g}/9000\text{m}$ )	0.7 - 2.3
<b>3. Recuperación Elástica</b>	
A. Extensión del 2%	74%
B. Extensión del 5%	45%
<b>4. Alargamiento a la Ruptura (seco)</b>	3 - 9.5%
<b>5. Resistencia a la Tracción</b>	
A. Seca	27 - 44 g/tex; 3.0 - 4.9 g/denier
B. Húmeda	28 - 57 g/tex; 3.3 - 6.4 g/denier
<b>6. Recuperación de Humedad a Condiciones Standard</b>	7%
<b>7. Capacidad de Absorción de Agua (Método USP)</b>	>24 g agua/g fibra
<b>8. Gravedad Específica</b>	
A. Polímero de Celulosa	1.54 g/cm <sup>3</sup>
B. Fibra de Algodón	1.27 g/cm <sup>3</sup>
<b>9. Grado de Polimerización</b>	9000 - 15,000
<b>10. Cristalinidad por Difracción de Rayos-X (promedio)</b>	73%
<b>11. Color (Colorímetro Hunter)</b>	
A. Índice de Blancura	90 - 100
B. Reflectancia de Azul	75 - 85

<b>12. Resistencia al Calor</b>
A. La exposición prolongada al calor por encima de 300°F causa descomposición gradual
B. Las temperaturas por encima de 475°F causan deterioro rápido
<b>13. Resistencia a los Ácidos</b>
A. Se desintegra con ácidos diluidos calientes o ácidos concentrados fríos
B. No es afectado por los ácidos débiles fríos
<b>14. Resistencia a las Sustancias Alcalinas Se hincha en NaOH por encima del 18%, pero no se daña</b>
<b>15. Resistencia a los Solventes Orgánicos Resistente a la mayoría de los solventes industriales comunes y de uso en el hogar</b>
<b>16. Formación de Napas</b>
A. Formación seca (cardado, máquina garnett)
B. Formación con aire
<b>17. Mecanismos de Ligado</b>
A. Punzonado
B. hidrolizado
C. Ligado con Costuras
D. Ligado Químico
E. Termoligado (cuando es mezclado con fibras termoplásticas)
<b>18. Propiedades Generales</b>
Absorbente, permeable, módulo húmedo elevado (más resistente cuando está húmedo), biodegradable (bajo ciertas condiciones), excelente absorción, buen desempeño como secador, esterilizable por todos los métodos industriales, bajo potencial estático, estampable, teñible, modificable utilizando sustancias químicas, es un recurso renovable
<b>19. Potencial para Aplicación</b>
Trapos de limpieza, tela para recubrimiento, filtros, artículos de higiene personal, entretelas, aislamiento, medio absorbente, productos de alto volumen, productos compuestos, prendas desechables, componentes médicos/quirúrgicos, artículos para el hogar

### ¿Qué es LYCRA®?

En 1958 los científicos de DuPont inventaron la fibra LYCRA®, en seguida se dieron cuenta que una de sus características especiales - la capacidad de estirarse hasta siete veces su propia longitud y luego recuperar su forma original – tenía un gran potencial para la industria de la moda, y gracias a su continuo desarrollo ha promovido la creación de nuevos tejidos.

Pero, ¿qué es esta fibra que ha tenido tanto impacto en el aspecto de las prendas y en la sensación que producen en los que las llevamos? LYCRA® es un fibra química,

perteneciente a la clasificación genérica de elastano (que en Estados Unidos y Canadá se conocen como “spandex”).

LYCRA® nunca se utiliza sola sino que se combina con otras fibras naturales, sintéticas o químicas. A veces la fibra LYCRA® se recubre con uno o dos hilos, por ejemplo de poliamida, y se conoce como recubierta, simple o doble. También se puede hilar una fibra como algodón o lana alrededor de un alma de LYCRA®, o bien el hilo de LYCRA® se retuerce con otra fibra, el resultado son unos hilos elastizados, que al tejerse confieren elasticidad a gran variedad de tejidos para todo tipo de prendas de vestir.

## **2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **2.3.1 Proceso de control del hilo**

Las exigencias del mercado, en cuanto a calidad se refiere, nos obligan a ser cada vez más exigentes en nuestros estándares de calificación. Un adecuado criterio y parámetros de inspección dentro del proceso, nos llevarán a obtener productos (telas o prendas) de aceptación por nuestros inspectores y a su vez por el usuario final.





**Figura 2.2: Control y Análisis del Hilo**

Nuestros estándares de control de hilos están directamente relacionados con nuestros parámetros de calidad en la evaluación de tejido y prendas confeccionadas. Parámetros que a su vez coinciden con la exigencias mínimas de clientes usuarios, por tanto, cualquier desviación de los rangos límites de evaluación, producirán productos (tejidos y/o prendas) no aceptables, considerándose al hilado evaluado fuera de estándar.

Podemos resumir el control de calidad al hilado como la evaluación de las características técnicas del material ingresado y detección de las variables fuera de estándar, comparadas con patrones ya establecidos.

Las variables a controlar son las siguientes:

- Apariencia
- Título promedio y coeficiente de variación
- Uniformidad de tonalidad
- Torsión
- Tenacidad – Elongación
- Índice de vivacidad

El control al hilado comienza cuando almacén de hilados selecciona muestras al azar del lote de hilado, enviando a control de calidad once conos de hilado para su evaluación y clasificación.

El supervisor de calidad de planta designará a la persona encargada de realizar la evaluación y calificación del hilado. Se cuenta con instrumentos de medición especialmente diseñados que permiten la obtención de resultados confiables. Los resultados son anotados en un formato impreso “Características Técnicas del Hilado” para fines de control.

### **2.3.2. Proceso de tejeduría**

Constituye el segundo gran grupo de operación que se realiza para tejer el hilo. Tiene como objetivo cubrir las veinticinco toneladas que tienen programado durante un mes, y se realiza con los siguientes equipos:

**Cuadro 2.2: Proceso de tejeduría.**

Sistema	Máquina	Marca	Modelo	Galga	Diámetro	Agujas	Tipo tejido
72	T1	Terrot	UP-372-1 Ripera Gamuzera	18	30	1692x2	Minijaquard (36 jacks), Interlock, Rib, Waffle, 50/% Lycra, Jacquard de 36
72	T2	Terrot	UP-372-1 Ripera Gamuzera	18	30	1692x2	Minijaquard (36 jacks), Interlock, Rib, Waffle, 50/% Lycra, Jacquard de 36
72	T3	Terrot	UP-372 Ripera Gamuzera	24	30	2268x2	Minijaquard, Rib1x1, 50% Lycra, Interlock, Varigate, Winter Sólido
96	T4	Terrot	S-296 Jersera	28	30	2640	4 pistas Lycra 100%, Jersey, Pique simple y doble franela simple
72	T5	Terrot	S3P-172 Jersera Minijaquard	28	30	2628	Minijaquard, pique simple y doble, jersey, franela simple y lycra 100%
54	T6	Terrot	13P-154 Ripera Gamuzera	24	30	2268x2	Gamuza, waffle, flat back, rib 1x1, winter solido, 100% lycra



**Figura 2.3: Proceso de Tejido**

### **2.3.3. Proceso de tintorería**

Comprende la evaluación de las características físicas y de apariencia en el proceso de tintorería y acabado conocido también como “proceso húmedo”.

La evaluación del tono y solidez se hacen con la carta patrón del color (aprobado por el área comercial), trabajándose con una única carta patrón de color para todos los artículos (jersey, franela, interlock, etc.) este proceso se realiza a través de terceros.

### **2.3.4. Proceso de diseño y ploteo**

En este grupo de operación, se diseña las prendas primero manualmente y luego se diseña por computadora los trazos y cortes a seguir.

En esta área se cuenta con: una mesa larga donde se ejecutan los diseños manuales, 20 computadoras para el diseño y 2 ploteadores para el trabajo de impresión de este proceso.

### **2.3.5. Proceso de corte**

En esta etapa se ejecuta el corte de la tela de acuerdo al diseño, empleando máquinas de corte.

### **2.3.6. Proceso de costura**

Constituye también uno de los grupos de operación de gran importancia, porque aquí es donde se arman las prendas, en donde se cuenta con un gran número de máquinas de coser para los diferentes tipos de costuras.

Contamos con maquinas de:

- Costura recta
- Remalladoras (3, 4, 5 hilos)
- Elastiqueras (3 agujas)
- Basteras
- Collareteras
- Recubridoras
- Botoneras
- Ojaladoras
- Atracadoras
- Bordadoras
- Tapeteras
- Multiagujas (6 agujas)





**Figura 2.4: Sala de Costura.**

### **2.3.7. Proceso de acabado**

En este proceso se realizan las operaciones de vaporización y limpieza de las prendas, para lo cual contamos con:

- 5 vaporizadoras
- 4 limpiadoras

### **2.3.8. Proceso de almacén y exportación**

Constituye el último grupo de operación que se realiza y tiene como objetivo almacenar las prendas con sus respectivos códigos y empaques para su exportación.

## **CAPÍTULO 3**

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA LÍNEA DE VAPOR, AIRE COMPRIMIDO Y SISTEMA ELÉCTRICO**

Nuestro programa de mantenimiento estará orientado a las tres líneas señaladas. La buena marcha o no de cada línea deberá comprobarse con la toma de propiedades utilizando la instrumentación adecuada y la evaluación correspondiente utilizándose las fórmulas correspondientes y la normalización existente, tanto nacional, internacional o lo que recomienden los fabricantes.

A continuación se detallan las características teóricas de cada línea.

#### **3.1. LÍNEA DE VAPOR**

El vapor de agua es uno de los medios de transmisión de calor de mayor efectividad y su fácil generación y manejo lo han situado como uno de los servicios auxiliares más difundidos en la industria.

El sistema de distribución de vapor está constituido por tuberías, tanques, y trampas de vapor.

Las diversas pérdidas que se pueden encontrar en un generador de vapor son: las pérdidas por gases secos (gases de escape por la chimenea), pérdidas por la formación de CO, por radiación, por la humedad del combustible, por humedad en el aire, por la humedad producto de la combustión de hidrógeno, así como la consideración de pérdidas no determinadas, las cuales son normalmente establecidas por el fabricante.

También existen pérdidas de calor a través de aislamientos (tuberías y ductos) y calor perdido por fugas de vapor y purgas.

Para el cálculo de la eficiencia energética del generador de vapor se utilizará el “Código de pruebas para generadores de vapor ASME”, correspondiente a los métodos de pérdidas de calor y al de entradas y salidas.

### **3.1.1. Método de pérdidas de calor**

Consiste en la evaluación de las pérdidas en el generador de vapor y del calor suministrado como crédito con los fluidos que entran a él, como son el combustible y el aire a quemadores entre otros. Para la aplicación del método de pérdidas de calor se requiere determinar lo siguiente:

#### **Total de pérdidas de calor:**

- Por gases secos
- Por formación de CO
- Por radiación

- Por la combustión del H<sub>2</sub>
- Por la humedad del aire
- Por la humedad en el combustible
- Pérdidas incalculables

### **Créditos**

- Calor en el aire de entrada
- Calor sensible en el combustible
- Calor que entra con la humedad del aire
- Calor en el vapor de atomización (externo)

La eficiencia será cuantificada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia} = (1 - \text{Pérdidas}) * 100$$

### **3.1.2. Método de entradas y salidas**

En este método lo que se pretende es cuantificar la forma en que es utilizado el calor suministrado por el combustible, agua de alimentación y créditos. Esto es, cuánto de este calor es usado para la producción del vapor, que es el objetivo del sistema de generación, y cuánto calor es perdido por la purga continua y las pérdidas del generador de vapor.

**Para el método de entradas y salidas se requiere evaluar lo siguiente:**

Calor que entra con el combustible.

Calor que entra con el agua de alimentación.

Calor que entra por créditos.

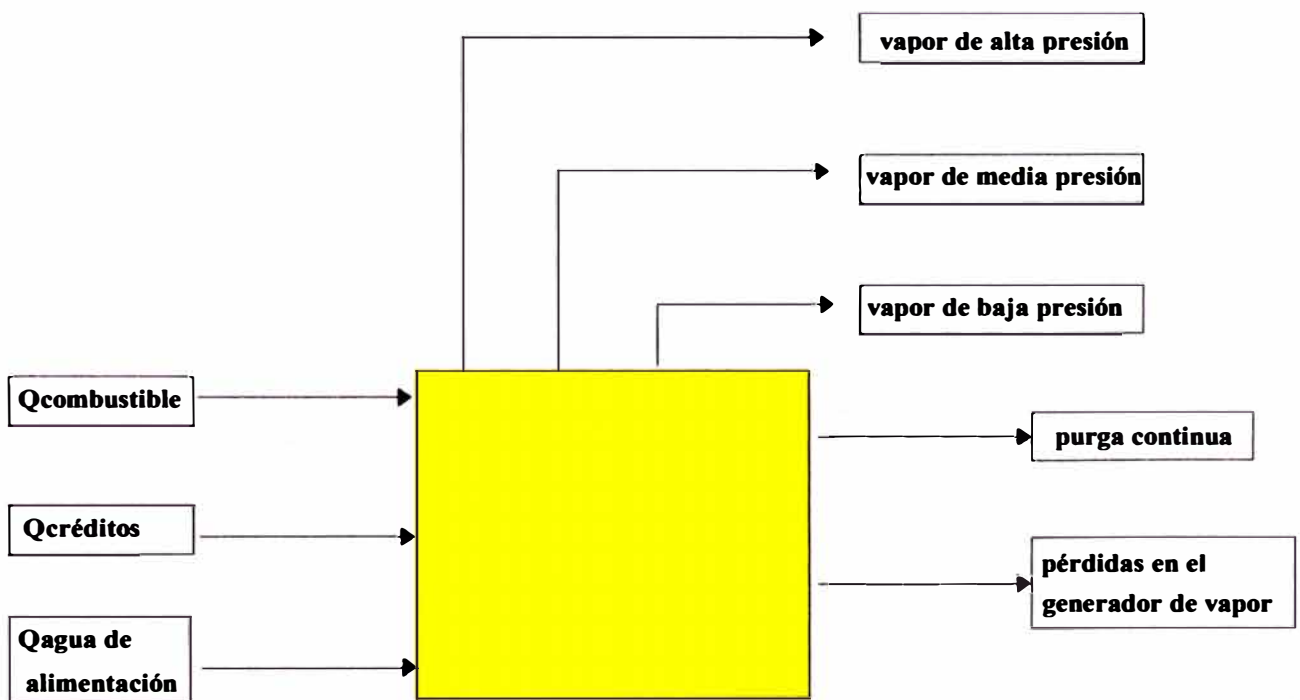
Calor que sale con el vapor generado.

Calor que sale con la purga continua.

Calor que sale con las pérdidas en el generador de vapor.

La eficiencia será cuantificada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia} = (Q_{\text{aprovechado}} / Q_{\text{suministrado}}) * 100$$



**Figura 3.1: Balance de calor en el generador de vapor**

### **3.1.3. Formulario para los cálculos**

#### **3.1.3.1 *Cálculo de la eficiencia***

La eficiencia de un generador será calculada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = 100 - (L / (H_f + B)) * 100 \quad (\%)$$

Donde:

L	Pérdidas en el generador de vapor	kJ/kg
Hf	Calor suministrado con el combustible	kJ/kg
B	Créditos	kJ/kg

### 3.1.3.1.1 Cálculos preliminares

#### a) Gasto de nitrógeno

$$W_{N_2} = ((28.02 * N_2 / (12.01 * (CO_2 + CO))) * (C + 12.01 * S / 32.07) / 100) \quad \text{kgN}_2/\text{kg cq}$$

Donde:

$W_{N_2}$	Gasto de nitrógeno	kgN <sub>2</sub> / kg cq
$N_2$	Nitrógeno en los gases de escape	%
$CO_2$	Bióxido de carbono en los gases de escape	%
$CO$	Monóxido de carbono en los gases de escape	%
$C$	Carbono en el combustible	%
$S$	Azufre en el combustible	%
cq	combustible quemado	

#### b) Gasto de aire

$$W_a = (W_{N_2} - N_2 / 100) / 0.7685 \quad \text{kg as/ kg cq}$$

Donde:

$W_a$	Gasto de aire seco	kg as/ kg cq
$W_{N_2}$	Gasto de nitrógeno	kgN <sub>2</sub> / kg cq
	Nitrógeno en el combustible	%

**c) Gasto de gases de combustión**

$$W_g = \frac{\{(44.01 \cdot CO_2 + 32 \cdot O_2 + 28.02 \cdot N_2 + 28.01 \cdot CO) \cdot (C + 12.01 \cdot S / 32.07)\}}{12.01 \cdot (CO + O_2) / 100} \quad \text{kg gas/ kg cq}$$

Donde:

$W_g$	Gasto de gases secos	kg gas/ kg cq
$CO_2$	Bióxido de carbono en los gases de escape	%
$O_2$	Oxígeno en los gases de escape	%
$N_2$	Nitrógeno en los gases de escape	%
$C$	Carbono en el combustible	%
$S$	Azufre en el combustible	%
$CO$	Monóxido de carbono en los gases de escape	%

**d) Relación carbono / hidrógeno**

$$C/H = C/H_2$$

Donde:

$C$	Carbono en el combustible	%
$H_2$	Hidrógeno en el combustible	%

**e) Presión parcial de la humedad en el flujo de gases**

$$m_g = 8.936 \cdot H_2 / 100 + W_a \cdot W_{aw} \quad \text{kg agua/ kg g}$$

Donde:

$m_g$	Contenido de humedad en los gases de escape	kg agua/ kg g
$H_2$	Hidrógeno en el combustible	%
$W_a$	Gasto de aire seco	kg as/ kg cq

Waw Humedad en el aire kg agua/ kg as

$$P_{mg} = P_b / \{ 1 + (1.5 * C / mg * (CO_2 + CO)) \} \quad \text{bar}$$

Donde:

P<sub>mg</sub> Presión parcial de la humedad en el flujo de gases bar

P<sub>b</sub> Presión barométrica del lugar bar

mg Contenido de humedad en los gases de escape kg agua/ kg g

CO<sub>2</sub> Bióxido de carbono en los gases de escape %

CO Monóxido de carbono en los gases de escape %

C Carbono en el combustible %

#### f) Exceso de aire

$$A_t = \{ 11.51 * C + 34.3 * (H - O/7.937) + 4.335 * S \} / 100 \quad \text{kg as/ kg cq}$$

Donde:

A<sub>t</sub> Aire teórico (estequiométrico) kg as/ kg cq

C Carbono en el combustible %

H<sub>2</sub> Hidrógeno en el combustible %

S Azufre en el combustible %

$$E_a = 100 * (O_2 - CO/2) / \{ 0.2682 * N_2 - (O_2 - CO/2) \} \quad \%$$

Donde:

E<sub>a</sub> Exceso de aire %

CO Monóxido de carbono en los gases de escape %

O<sub>2</sub> Oxígeno en los gases de escape %

N<sub>2</sub> Nitrógeno en los gases de escape %



### 3.1.3.1.2. Cálculo de créditos

#### a) Calor en el aire de entrada

$$B_a = W_a * c_{pas}(T_a - T_{ref}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$B_a$  Calor en el aire de entrada kJ / kg cq

$W_a$  Gasto de aire seco kg as/ kg cq

$c_{pas}$  Calor específico del aire seco kJ/kgas °C

$T_a$  Temperatura del aire a quemadores °C

$T_{ref}$  Temperatura de referencia °C

#### b) Calor sensible en el combustible

$$B_f = C_{pf} * (T_f - T_{ref}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$B_f$  Calor sensible en el combustible kJ / kg cq

$c_{pf}$  Calor específico del combustible kJ/kg °C

$T_f$  Temperatura del combustible °C

#### c) Calor en el vapor de atomización

$$B_z = W_{va} * (h_{va} - h_{vsat}) / W_f \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$B_z$  Calor en el vapor de atomización kJ / kg cq

$W_{va}$  Gasto de vapor de atomización externo a la unidad kg/s

$h_{va}$  Entalpía del vapor de atomización kJ/kg

$h_{vsat}$  Entalpía de vapor saturado a  $T_{ref}$  kJ/kg

$W_f$  Gasto de combustible kg/s

**d) Calor suministrado con la humedad que entra con el aire**

$$B_m = W_a * W_{aw} * c_{pv} * (T_a - T_{ref}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$B_m$  Calor suministrado con la humedad que entra con el aire kJ / kg cq

$W_a$  Gasto de aire seco kg as/ kg cq

$W_{aw}$  Humedad en el aire kg agua/kg as

$c_{pv}$  Calor específico del vapor kJ/kg °C

$T_a$  Temperatura del aire a quemadores °C

$T_{ref}$  Temperatura de referencia °C

**3.1.3.1.3 Cálculo de pérdidas de calor****a) Pérdidas por gases secos**

$$L_g = W_g * C_{pg} * (T_g - T_{ref}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$L_g$  Pérdidas por gases secos kJ / kg cq

$W_g$  Gasto de gases secos kg gas/kg cq

$c_{pg}$  Calor específico de los gases secos kJ / kg °C

$T_g$  Temperatura de los gases de escape °C

$T_{ref}$  Temperatura de referencia °C

**b) Pérdidas por formación de CO**

$$L_{co} = (CO * 10160 * 1.0549 * 2.205 * C / 100) / (CO_2 + CO) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$L_{co}$  Pérdidas por la formación de CO kJ / kg cq

$CO_2$  Bióxido de carbono en los gases de escape %

CO	Monóxido de carbono en los gases de escape	%
C	Carbono en el combustible	%

**c) Pérdidas por radiación**

$$L_r = \text{Información de fabricante} \quad \%$$

Donde:

$$L_r \quad \text{Pérdidas por radiación} \quad \%$$

**d) Pérdidas por la humedad producto de la combustión del hidrógeno**

$$L_h = 8.936 * H_2 * (h_{pv} - h_{wsat}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$$L_h \quad \text{Pérdidas por la humedad producto de la combustión del H}_2 \quad \text{kJ / kg cq}$$

$$H_2 \quad \text{Hidrógeno en el combustible} \quad \%$$

$$h_{pv} \quad \text{Entalpía del vapor a la presión } P_{mg} \text{ y } T_{gas} \quad \text{kJ / kg}$$

$$h_{wsat} \quad \text{Entalpía del líquido saturado a } T_{ref} \quad \text{kJ / kg}$$

**e) Pérdidas por la humedad del aire**

$$L_{ma} = W_a * W_{aw} * (h_{pv} - h_{wsat}) \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

$$L_{ma} \quad \text{Pérdidas por la humedad del aire} \quad \text{kJ / kg cq}$$

$$W_a \quad \text{Gasto de aire seco} \quad \text{kg as/ kg cq}$$

$$W_{aw} \quad \text{Humedad en el aire} \quad \text{kgagua/kgas}$$

$$h_{pv} \quad \text{Entalpía del vapor a la presión } P_{mg} \text{ y } T_{gas} \quad \text{kJ / kg}$$

$$h_{wsat} \quad \text{Entalpía del líquido saturado a } T_{ref} \quad \text{kJ / kg}$$

**f) Pérdidas por la humedad en el combustible**

$$L_{mf} = H_2O * (h_{pv} - h_{wsat}) / 100 \quad \text{kJ / kg cq}$$

Donde:

Lmf	Pérdidas por la humedad en el combustible	$\text{kJ / kg cq}$
H <sub>2</sub> O	Humedad en el combustible	%
h <sub>pv</sub>	Entalpía del vapor a la presión P <sub>mg</sub> y T <sub>gas</sub>	$\text{kJ / kg}$
h <sub>wsat</sub>	Entalpía del líquido saturado a T <sub>ref</sub>	$\text{kJ / kg}$

**g) Pérdidas incalculables**

**Li = Información del fabricante** %

Donde:

Li Pérdidas incalculables %

3.1.3.1.4. Cálculo de la eficiencia

<b>a) Pérdidas por gases secos</b>	$L_g \cdot 100 / (H_f + B)$	%
<b>b) Pérdidas por formación de CO</b>	$L_{co} \cdot 100 / (H_f + B)$	%
<b>c) Pérdidas por radiación</b>	L <sub>r</sub>	%
<b>d) Pérdidas por la humedad producto de la Combustión del hidrógeno</b>	$L_h \cdot 100 / (H_f + B)$	%
<b>e) Pérdidas por la humedad del aire</b>	$L_{ma} \cdot 100 / (H_f + B)$	%
<b>f) Pérdida por la humedad del combustible</b>	$L_{mf} \cdot 100 / (H_f + B)$	%
<b>g) Pérdidas incalculables</b>	Li	%

**Eficiencia = 100 - Suma % Pérdidas**

3.1.3.1.5. Balance de Calor en el generador de vapor

3.1.3.1.5.1 *Combustible y créditos*

**a) Q<sub>f</sub> Calor que entra con el combustible**  $W_f \cdot H_f$   $\text{kJ/s}$

Donde:

W<sub>f</sub> Gasto de combustible  $\text{kg/s}$



Donde:

$W_{vb}$	flujo másico de vapor de baja presión	kg/s
$h_{vb}$	entalpía del vapor de baja presión	kJ/kg
$Q_v$	Calor que sale con el vapor principal	$Q_{va} + Q_{vm} + Q_{vb}$ kJ/s

**d)  $Q_{aa}$  Calor que entra con el agua de alimentación**

$W_{aa} * h_{aa}$		kJ/s
-------------------	--	------

Donde:

$W_{aa}$	flujo másico de agua de alimentación	kg/s
$h_{aa}$	entalpía del agua de alimentación	kJ/kg

**d)  $Q_{pc}$  Calor que sale con la purga continua**

$W_{pc} * h_{pc}$	kJ/s
-------------------	------

Donde:

$W_{pc}$	flujo másico de la purga continua	kg/s
$h_{pc}$	entalpía de la purga continua	kJ/kg

**3.1.3.1.5.3 Pérdidas en el generador de vapor**

**a)  $Q_p$  Pérdidas en el generador de vapor**

$L_g + L_{co} + L_r + L_h + L_{ma} + L_{mf} + L_i$	kJ/s
--	------

Donde:

$L_g$	Pérdidas por gases secos	kJ / s
$L_{co}$	Pérdidas por la formación de CO	kJ / s
$L_r$	Pérdidas por radiación	kJ / s
$L_h$	Pérdidas por la humedad producto de la Combustión del $h_2$	kJ/s

Lma	Pérdidas por la humedad del aire	$\text{kJ} / \text{s}$
Lmf	Pérdidas por la humedad en el combustible	$\text{kJ} / \text{s}$
Li	Pérdidas incalculables	$\text{kJ} / \text{s}$

#### 3.1.3.1.5.4. *Calor total que entra*

$$Q_f + Q_b + Q_{aa} \quad \text{kJ/s}$$

Donde:

$Q_f$	Calor que entra con el combustible	$\text{kJ/s}$
$Q_b$	Créditos	$\text{kJ/s}$
$Q_{aa}$	Calor que entra con el agua de alimentación	$\text{kJ/s}$

#### 3.1.3.1.5.5 *Calor total que sale*

$$Q_v + Q_{pc} + Q_p \quad \text{kJ/s}$$

Donde:

$Q_v$	Calor que sale con el vapor principal	$\text{kJ/s}$
$Q_{pc}$	Calor que sale con la purga continua	$\text{kJ/s}$
$Q_p$	Pérdidas en el generador de vapor	$\text{kJ/s}$

### 3.1.4. Pérdida de calor en líneas y tanques

También se considerarán las pérdidas de calor por falta de aislamiento en las líneas de vapor y retorno de condensados, en las líneas de combustible y en las de agua.

El cálculo de las pérdidas en tuberías y superficies planas se determina de acuerdo a las normas de eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.

### 3.1.4.1. *Formulario para los cálculos*

Nomenclatura:

Los siguientes símbolos son usados para el desarrollo de las ecuaciones:

C: Coeficiente de forma, 1.79 para superficies planas y 1.016 para tuberías, adimensional.

esp: Espesor del material aislante, m

top: Temperatura de operación, K

tsup: Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante, K

ta: Temperatura ambiente, K

kais: Conductividad térmica del termoaislante, W/(m K)

V: Velocidad del viento, m/h

Emss: Emisividad de la superficie aislada, adimensional

do: Diámetro exterior del equipo o tubería aislado, m

### 3.1.4.2 *Cálculo de la pérdida de calor en líneas (tuberías)*

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura en la superficie en tuberías hasta de 609 mm de diámetro nominal, se emplearán las siguientes relaciones:

a) Cálculo del diámetro aislado, da (m):

$$da = do + 2 \times esp$$

b) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, hc (W/m K):



$$hc = 27241 \times C \times (da)^{-0.2} \times [11 \sqrt{(tsup + ta - 510.44)}]^{0.181} \times [18 \times (tsup - ta)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

c) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación,  $hr$  ( $W/m^2 K$ )

$$hr = 0.9824 \times 10^{-8} \times Emss \times \frac{ta^4 - tsup^4}{ta - tsup}$$

d) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor,  $hs$  ( $W/m^2 K$ ):

$$hs = hc + hr$$

e) Cálculo del flujo de calor,  $q$  ( $W/m$ ):

$$q = \frac{\pi \times (top - ta)}{\frac{1}{2 \times kais} \times \ln \frac{da}{do} + \frac{1}{hs \times da}}$$

f) Verificación de la temperatura de superficie,  $tsc$  (K):

$$tsc = top - \frac{q}{2 \times \pi \times kais} \times \ln \frac{da}{do}$$

g) Convergencia de la temperatura de superficie

Si  $tsup = tsc$ , entonces las pérdidas de calor son igual a  $q$  y la temperatura en la superficie aislada es  $tsc$ .

### 3.1.4.3. Cálculo de la pérdida de calor en tanques (superficies planas)

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura en la superficie en superficies planas o tuberías de diámetro mayor a 610 mm, se emplearán las siguientes relaciones:

a) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural

y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente,  $hc$  ( $W/m^2 K$ ):

$$hc = 3.0075 \times C \times [1.11 / (tsup + ta - 510.44)]^{0.181} \times [18 \times (tsup - ta)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

b) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación,  $h_r$

( $W/m^2 K$ ):

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times \text{Emss} \times \frac{t_a^4 - t_{\text{sup}}^4}{t_a - t_{\text{sup}}}$$

c) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor,  $h_s$  ( $W/m^2 K$ ):

$$h_s = h_c + h_r$$

d) Cálculo del flujo de calor por unidad de área,  $q$  ( $W/m^2$ ):

$$q = \frac{(t_{\text{op}} - t_a)}{[(\text{esp}/k_{\text{ais}}) + (1/h_s)]}$$

e) Verificación de la temperatura de superficie,  $t_{\text{sc}}$  (K):

$$t_{\text{sc}} = t_a + \frac{q}{h_s}$$

f) Convergencia de la temperatura de superficie

Si  $t_{\text{sup}} = t_{\text{sc}}$ , entonces las pérdidas de calor son igual a  $q$  y la temperatura en la superficie aislada es  $t_{\text{sc}}$ .

### **3.1.6 Pérdida de calor en trampas para vapor, fugas, purgas, y balance en intercambiadores de calor**

#### ***3.1.5.1. Trampas para vapor***

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura.

La combinación de agua y vapor hace que el flujo de calor sea menor ya que el coeficiente de transferencia de calor del agua es menor que el del vapor.

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

**Eliminación de condensado.-** El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.

**Eliminar aire y otros gases no condensables.-** El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> ocasiona corrosión.

**Prevenir pérdidas de vapor.-** No debe permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases incondensables.

### **3.1.5.2. Fugas y purgas**

La pérdida de calor por fugas de vapor, es uno de los problemas más comunes, cuya corrección, además de que requiere de una inversión mínima, es una de las medidas que permiten un ahorro importante en una empresa.

El cálculo de una fuga, ya sea en una línea de vapor o en alguna válvula o accesorio, se realizará mediante la determinación visual de un diámetro equivalente de fuga (aproximado), de manera de tener un parámetro que permita cuantificar la energía perdida por fugas.

**Cuadro 3.1 Fugas de vapor**

Diámetro de la fuga mm	Presión del vapor bar		
	7	10	20
1.5	5.5	11	13
3	22	35	50
4	40	47	95
5	62	70	135
6	90	120	200
8	190	220	310

**Flujo de vapor fugado - kg/h**

En el caso de las purgas, se evaluará la cantidad de calor perdido, en función de la temperatura y del gasto de agua purgado. En el caso de que la purga involucre agua tratada, se deberá considerar además el costo por el tratamiento.

### 3.1.5.3. Formulario para los cálculos

#### a) Cálculo de la pérdida de calor en trampas para vapor

El flujo de vapor que se fuga por una trampa para vapor o que se fuga por una línea de vapor en malas condiciones, se puede calcular de la forma siguiente:

$$W_{vf} = \left\{ \left[ \frac{(0.8 \cdot 0.4118 \cdot 3.1416)}{4} \right] \cdot (D/25.4)^2 \cdot (P \cdot 14.502) \right\} \cdot 0.4536 / \left\{ [1.8 \cdot (T + 273.15)] \right\}^{0.5}$$

Donde:

$W_{vf}$  Vapor que se fuga kg/s

$D$  Diámetro de la línea de vapor mm

$P$  Presión del vapor en la línea bar

T      Temperatura del vapor en la línea      °C

**b) Calor perdido por las trampas para vapor**

$$Q_f = W_{vf} \times \Delta h_v \quad \text{kJ/s}$$

Donde:

Q<sub>f</sub>                      Calor perdido en la trampa para vapor      kJ/s

W<sub>vf</sub>                      Vapor que se fuga      kg/s

$\Delta h_v = h_{vf} - h$               Entalpía del vapor en la línea      kJ/kg

h del agua a la temperatura del sistema donde se fuga el vapor es igual a "h<sub>a</sub> reposición", entalpía del agua de reposición, si no hay retorno de condensado.

h del agua a la temperatura del sistema donde fuga el vapor es igual a "h<sub>aa</sub>", entalpía del agua de alimentación, si se tiene retorno de condensado.

**c) Cálculo de las pérdidas de calor en fugas y purgas.**

**c1) Fugas**

$$Q_f = W_{vf} * \Delta h \quad \text{kJ/s}$$

Donde:

Q<sub>f</sub>      Calor perdido por la fuga      kJ/s

W<sub>vf</sub>      Flujo de vapor fugado      kg/s

$\Delta h$       h<sub>vf</sub> - h<sub>aa</sub>      kJ / kg

h<sub>vf</sub>      Entalpía del vapor fugado      kJ / kg

h<sub>aa</sub>      Entalpía a temperatura del agua de alimentación      kJ / kg

**c2) Purgas**

$$Q_p = W_p * C_p * \Delta T_p \quad \text{kJ/s}$$

Donde:

Qp	Calor perdido por el agua drenada	kJ/s
Wp	Flujo de agua drenada	kg/s
Cp	Calor específico del agua	kJ/kg °C
$\Delta T_p = T_a - T_{aa}$		
Ta	Temperatura del agua drenada o purga	°C
Taa	Temperatura del agua de alimentación	°C

### 3.2. AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

#### 3.2.1 Descripción de la red

La red de aire comprimido cuenta con los siguientes dispositivos:

- a) **Filtro del compresor:** Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
- b) **Compresor:** Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe

ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.

- c) **Postenfriador:** Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.
- d) **Tanque de almacenamiento:** Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
- e) **Filtros de línea:** Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
- f) **Secadores:** Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire seco.
- g) **Aplicaciones con sus purgas, unidades de mantenimiento** (Filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

### ***3.2.1.1 Tubería principal***

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire en la tubería principal es de 8 m/s.

### ***3.2.1.2 Tuberías secundarias***

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever

posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8 m/s.

#### **3.2.1.3 Tuberías de servicio**

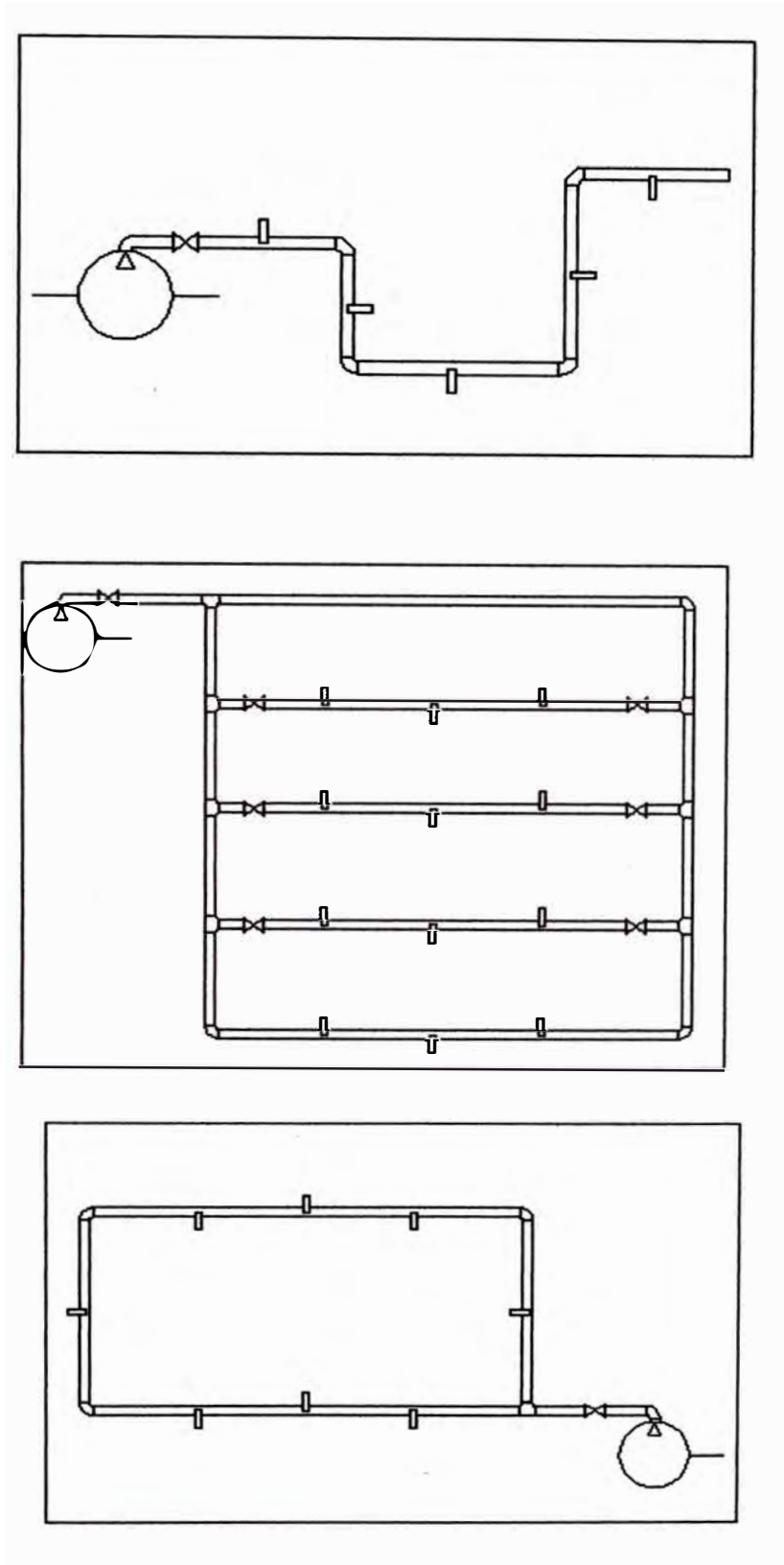
Son las que serán para la aplicación del aire comprimido. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de uso. Debe procurarse no sobrepasar de tres el número de unidades de uso por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de ½” en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15 m/s.

La presión de la red debe estar entre 6 y 7 bar.

#### **3.2.1.4 Configuración**

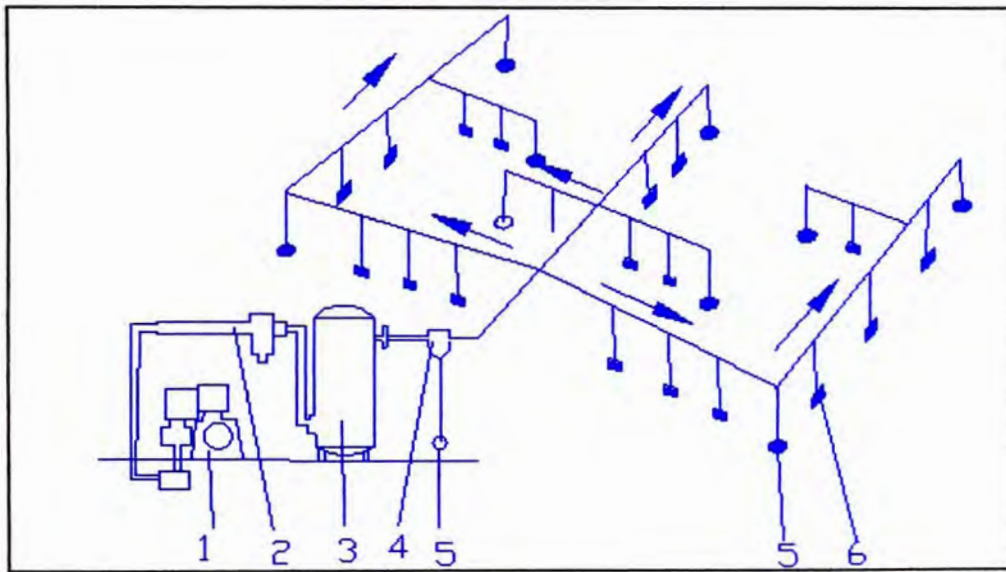
Existen varias posibles configuraciones de una red de aire comprimido tal como se muestra en la Figura 3.2 En una red de aire el factor más esencial de todos es la distribución de agua en la red puesto que los datos de pérdidas, velocidad, presión y otros pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad. En cambio las zonas de acumulación de agua en una red han de ser detectadas por la pericia del Ingeniero.





**Figura 3.2: Posibles configuraciones de las redes de aire**

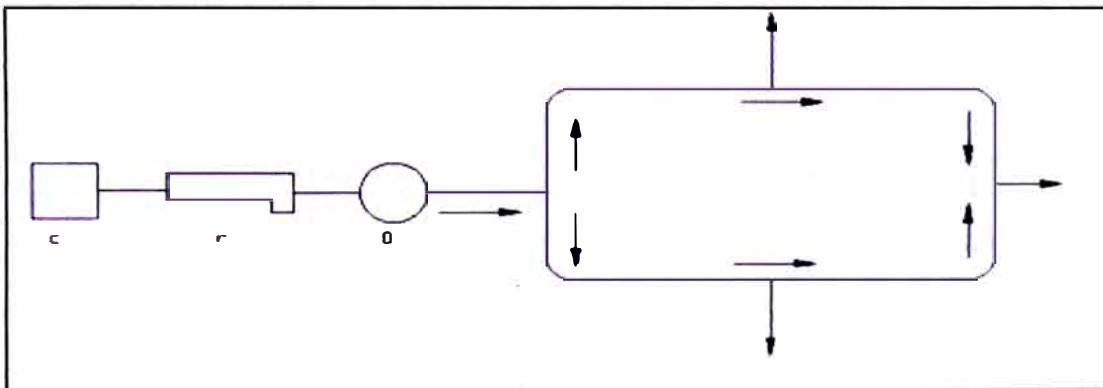
a) **Red abierta:** Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como se muestra en la Figura 3.2 (superior). La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados tal como se muestra en la Figura 3.2. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire “aguas abajo” del punto de corte lo que implica una detención de la producción.



1. *Compresor.*
  2. *Refrigerador posterior.*
  3. *Calderín con purga automática.*
  4. *Separador (centrifugo o cerámico).*
  5. *Purgas en finales del ramal con válvula automática o manual.*
  6. *tubería de servicio (bajantes) con purga manual y enchufes.*
- *Pendiente en la dirección del flujo de aire, al objeto de llevar el agua a los puntos de drenaje establecidos de antemano.*

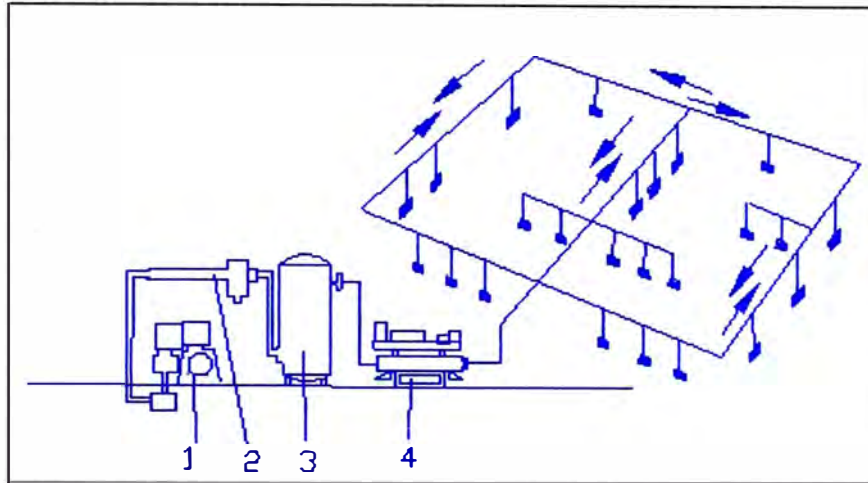
**Figura 3.3: Configuración abierta y su inclinación**

b) **Red Cerrada:** En esta configuración la línea principal constituye un anillo tal como se muestra en la Figura 3.2 (medio). La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción. Una desventaja importante de este sistema es la falta de dirección constante del flujo. La dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo tal como se muestra en la Figura 3.4.



**Figura 3.4: Dirección del flujo en una red cerrada para una demanda característica**

Cabe anotar que otro defecto de la red cerrada es la dificultad de eliminar los condensados debido a la ausencia de inclinaciones tal como se muestra en la figura 3.5. Esto hace necesario implementar un sistema de secado más estricto en el sistema.



*Diseño de la red indistintamente en circuito cerrado o circuito abierto*  
 1. Compresor-2. Refrigerador posterior. 3. Secador (absorción, frigorífico, air ecodryer). 4. Calderín.

**Figura 3.5: Configuración Cerrada y su ausencia de inclinación**

c) **Red interconectada:** Esta configuración es igual a la cerrada pero con la implementación de *bypass* entre las líneas principales tal como se muestra en la Figura 3.2 (inferior). Este sistema presenta un excelente desempeño frente al mantenimiento pero requiere la inversión inicial más alta.

En las redes abiertas se debe permitir una leve inclinación de la red en el sentido de flujo del aire. Esto con el fin facilitar la extracción de los condensados. Dicha inclinación puede ser de un 2%. Al final debe instalarse una válvula de purga.

### **3.2.1.5 Accesorios**

El propósito de los accesorios es mejorar la calidad del aire comprimido entregado por el compresor para adaptar éste a las condiciones específicas de cada operación, algunos accesorios también se utilizan para la regulación de

caudal y presión, lubricación de los equipos a instalar en la red o simplemente para cambios de direcciones en la red y paso o no de fluido dependiendo de la aplicación.

Tener aire comprimido de buena calidad es importante para asegurar óptimos resultados en los procesos que requieren dicho servicio.

Las características más importantes a tener en cuenta son:

La cantidad de aceite que contiene el aire.

La cantidad de agua presente en el mismo.

El punto de rocío.

Cantidad de partículas extrañas contenidas en el aire.

#### 3.2.1.5.1 Postenfriadores

El objetivo de este accesorio es disminuir la temperatura del aire luego de la compresión, al tener lugar una disminución brusca de temperatura se presentarán condensados, esto implica que siempre que se utilice un postenfriador es necesario instalar algún medio para retirar los condensados que este genera.

#### 3.2.1.5.2 Válvulas de drenaje automático

Las válvulas de drenaje automático deben ir en sitios donde exista la necesidad de desalojar condensados, por ejemplo filtros, separadores centrífugos, piernas de drenaje, tanque etc. La función de estas consiste en abrirse cada cierto tiempo para comunicar el sitio donde existe el condensado con el exterior, permitiendo que éste sea desalojado.



**Figura 3.6 Válvulas de Drenaje Automático**

#### 3.2.1.5.3 Válvulas de drenaje automático mecánico

Funcionan por principios mecánicos y no requieren ningún tipo de energía exterior. Tiene la desventaja que el tiempo de ciclado es relativamente aleatorio no habiendo ningún control sobre el tiempo que la válvula permanezca abierta y permitiendo que se deposite una capa sobre la válvula haciendo que esta pierda sensibilidad hasta que se bloquea.

#### 3.2.1.5.4 Válvulas de drenaje automático de flotador

Consiste en un flotador de forma esférica instalado en la base de la misma. Que por la acción de la acumulación de condensado es desplazado hacia arriba, hasta llegar a un punto tal que ocasiona la apertura de una válvula mecánica permitiendo la salida del condensado; al salir cierta cantidad de condensado, el flotador se desplaza hacia abajo cerrando la válvula mecánica. Este ciclo se produce continuamente.

#### 3.2.1.5.4 Válvulas de drenaje automático electrónica

Este tipo de válvulas opera mediante un solenoide, la cual es controlada por un temporizador que determina exactamente los intervalos de apertura y la duración de los mismos.

#### 3.2.1.5.5 Filtros

El propósito de los filtros de aire comprimido es suministrar aire libre de contaminantes a los diferentes puntos de aplicación. Contaminantes tales como agua, aceite, polvo, partículas sólidas, neblinas, olores, sabores y vapores, pueden atacar su sistema.

##### 3.2.1.5.5.1 *Filtros de partículas*

Estos filtros están diseñados para retener partículas sólidas, interceptando las mismas mediante un elemento filtrante que puede ser de diversos materiales: Papel, rejillas metálicas, mallas de nylon, espumas, etc.



Filtro de Partículas



Filtros Coalescentes



Filtros de Carbón  
Activado

**Figura 3.7: Filtros**

#### 3.2.1.5.5.2 *Filtros coalescentes*

El propósito de estos retener lubricantes, emulsiones y neblinas, mediante el principio de coalescencia, el cual consiste básicamente en tener una red aleatoria de fibras, la cual ante el paso de aire, produce formación de gotas alrededor de las fibras, cayendo luego estas a un recipiente de acumulación por efecto de gravedad. Como consecuencia del diseño del filtro pueden retenerse partículas sólidas incluso de menor tamaño que las retenidas por un filtro de partículas, por esto se recomienda instalar primero un filtro de partículas antes que uno coalescente y así evitar que este se sature.

#### 3.2.1.5.6 **Secadores**

A causa del calor generado durante el proceso de compresión, el aire comprimido sale con un grado de saturación del 100% en la mayoría de los casos; al ir disminuyendo la temperatura del aire comprimido durante su permanencia en el tanque y su paso por los diferentes accesorios y tuberías, pierde capacidad de retener vapor de agua, lo cual genera inevitablemente condensados, (agua líquida).

La presencia de condensados en el aire produce diversos problemas tanto en la red, corrosión, como en el sistema de utilización.

La solución a este problema para nuestro caso es el uso de secador tipo refrigerado que consiste en una máquina con un circuito de refrigeración típico el cual se encarga de enfriar aire por debajo de la temperatura mínima histórica en la red produciéndose intencionalmente condensados que son retirados por medio de un separador centrífugo.



Sólo pueden ser utilizados en sitios donde el punto de rocío sea mayor o igual a 0 °C ya que de lo contrario el agua se congela y obstruye la tubería.

El funcionamiento consiste en:

#### **Circuito de Aire:**

El aire entra al secador, sufre preenfriamiento, luego pasa al evaporador, donde es retirado una gran cantidad de calor a consecuencia de lo cual sufre un brusco enfriamiento, generándose una gran cantidad de condensado, posteriormente pasa a través del separador donde se retira el agua líquida. Finalmente si hay un preenfriador – postcalentador, pasa por el lado contrario de éste, ganando temperatura, para así salir del equipo con una temperatura cercana a la del ambiente.

#### **Circuito de refrigerante:**

El refrigerante sale del compresor como un gas a alta presión y alta temperatura, luego pasa al condensador donde es enfriado lo suficiente para que cambie a estado líquido, posteriormente pasa por la válvula de expansión donde disminuye radicalmente su presión, perdiendo temperatura, dicho líquido va entonces al evaporador, donde hay un intercambio de calor con el aire, retirándose una gran cantidad de calor de éste, el cual es ganado por el refrigerante produciéndose un cambio de estado de líquido a vapor. Finalmente regresa al compresor dando inicio de nuevo al ciclo.

Este equipo está formado por los siguientes componentes:

- Refrigerante.

- Compresor de refrigeración.
- Condensador.
- Válvula de expansión.
- Evaporador.
- Separador Centrífugo.
- Preenfriador y postcalentador de aire.
- Válvula de expansión termostática.
- Válvula Bypass de gases calientes.
- Válvula supercalentadora.
- Subenfriador de líquido.

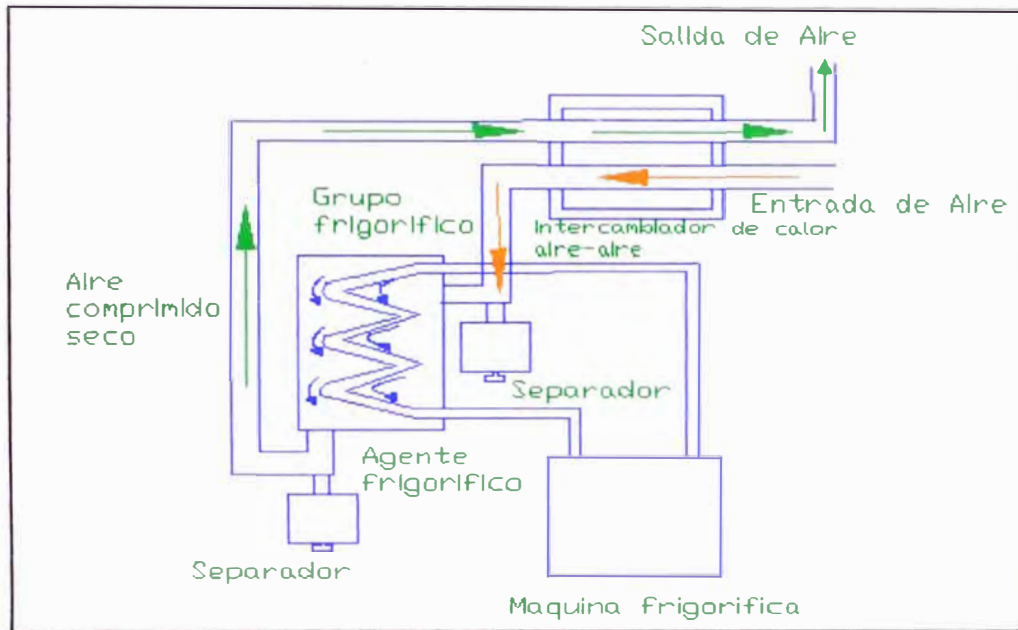


**Figura 3.8 Secadores Refrigerados**

#### 3.2.1.5.7 Tanques de almacenamiento

Permite absorber las pulsaciones inherentes al sistema de compresión recíproca, a la vez que suministra una superficie grande de intercambio de calor que permite disminuir parcialmente la alta temperatura del aire luego de la compresión. También absorbe sobrepicos de consumo alto y de corta

duración ocasionados por aplicaciones que requieren grandes cantidades de aire en lapsos cortos de tiempo; permitiendo de esta manera no tener un compresor sobredimensionado para satisfacer las demandas.



**Figura 3.9: Secado por enfriamiento**



**Figura 3.10 secadora Ingersoll-Rand**

### **3.3. SISTEMA ELÉCTRICO**

En un programa de mantenimiento del sistema eléctrico se debe establecer las reglas preventivas para salvaguardar las condiciones de seguridad de las personas y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad.

Cumpliendo con las reglas del Código, utilizando materiales y equipos aprobados o certificados y efectuando la instalación, operación y mantenimiento, con personal calificado y autorizado, se logrará una instalación esencialmente segura.

El personal a cargo de la ejecución de las instalaciones eléctricas, debe ser calificado y acreditado. El responsable de la supervisión debe verificar la calidad de la mano de obra.

Los materiales y productos utilizados en las instalaciones eléctricas, deben cumplir con las Normas Técnicas Peruanas, salvo que éstas no los contemple, en cuyo caso deben cumplir con las normas internacionales de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) u otras que sean reconocidas y respondan a exigencias internacionales.

Las instalaciones eléctricas existentes, deben sujetarse al Código Nacional de Electricidad Tomo V “Sistema de Utilización” 1982, o al Código Eléctrico Nacional 1955 según corresponda.

Toda instalación eléctrica debe contar con un esquema unifilar actualizado cumpliendo con la Norma DGE “Terminología en electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad” y normas complementarias; precisando la características técnicas fundamentales de los equipos y materiales eléctricos instalados, así como su plano de emplazamiento y trazado.

El esquema unifilar y el plano de emplazamiento y trazado deben ser permanentemente actualizados con las modificaciones o ampliaciones que se efectúen.

### **3.3.1. Prescripciones generales**

El equipo eléctrico se debe instalar de tal manera que haya acceso directo a la placa de características y a las partes del mismo que requieren mantenimiento.

Baja Tensión recomendada: 380 / 220 V 4 hilos, con neutro efectivamente puesto a tierra.

El uso de color de los conductores obedecerá al señalado en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.2: Conductores eléctricos**

<b>COLORES DE LOS CONDUCTORES</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NTP 370.352</b>	<b>CNE-UTILIZACIÓN</b>
Cables unipolares	Cualquier color	
Cables bipolares	De preferencia blanco y negro	Circuitos monofásicos c.a. o c.c.: - negro y rojo; o - negro y blanco (o gris natural o blanco con franjas coloreadas, en caso de requerirse conductores identificados);
Cables tripolares	De preferencia - negro, rojo y blanco - negro, blanco y verde-amarillo	Circuitos monofásicos en corriente alterna o continua (3 conductores): negro, rojo, blanco (o gris natural o blanco con franjas coloreadas);
Cables tetrapolares	De preferencia - rojo, negro, azul y blanco; o - rojo, negro, blanco y verde-amarillo	Circuitos trifásicos: - rojo(R), negro (S), azul (T) y blanco o gris natural (cuando se requiera conductor neutro)

### **3.3.2. Diseño y protección de las instalaciones eléctricas**

#### **3.3.2.1. *Protección contra fugas a tierra***

Para la protección de las personas, todos los tomacorrientes de 220 V, 10, 15 y 20 A deben estar controlados por un interruptor de fuga a tierra.

### **3.3.2.2. *Protección contra sobrecorriente***

Los conductores de los circuitos derivados y equipos deberán ser protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente.

### **3.3.2.3. *Requerimiento de Dispositivos de Protección y Control***

Los aparatos eléctricos y los conductores de fase o no puestos a tierra, deben ser provistos con:

- a) Dispositivos para abrir automáticamente un circuito eléctrico en caso de:
  - i) La corriente en el circuito eléctrico alcance un valor tal que dé lugar a que se presenten temperaturas peligrosas en los aparatos o conductores;
  - y
  - ii) En la eventualidad de cortocircuitos a tierra y
  - iii) Ante corrientes residuales a tierra que puedan ocasionar daños o electrocución a personas o animales, en instalaciones accesibles.
- b) Dispositivos de control operables manualmente en el punto de alimentación, para desconectar en forma segura y simultánea todos los conductores no puestos a tierra; y
- c) Dispositivos que, cuando sea necesario desconecten un circuito al producirse una falla o pérdida de tensión apreciable en el mismo.

Toda instalación en la que se prevea o exista conectado equipo de utilización, debe contar con interruptor diferencial de no más de 30 mA de umbral de operación de corriente residual, pero éste no debe ser usado como sustituto del sistema de puesta a tierra.

Todo tablero debe tener un solo suministro, protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorrientes en la caja de acometida

Contra posibles riesgos de incendios por fallas a tierra en el alimentador, se recomienda instalar un dispositivo de corriente diferencial - este dispositivo de corriente diferencial residual debe tener una sensibilidad adecuada y ser del tipo selectivo con ID de 30 mA.

En el tablero se debe instalar un interruptor automático general del tipo termomagnético.

Cada circuito derivado, debe estar protegido por un interruptor automático del tipo termomagnético.

Se debe instalar al menos un interruptor diferencial o de falla a tierra, de 30 mA de sensibilidad.

El interruptor diferencial mencionado actuará como interruptor de cabecera, en instalaciones de hasta tres circuitos derivados,

En instalaciones con más de tres circuitos derivados, éstos pueden agruparse de a tres y poner a la cabeza de cada grupo un interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad.

### **3.3.3. Lugares peligrosos**

#### **3.3.3.1. *Clase***

La clase identifica el riesgo presente tales como: gases o vapores, polvo combustible y fibras inflamables.



### **3.3.3.2 División:**

La división define la condición normal o anormal en la cual el material de riesgo puede estar presente

### **3.3.3.3. Clase I**

Están, o pueden estar presentes, gases inflamables en cantidades suficientes para producir atmósferas explosivas.

#### **3.3.3.3.1 Zona 0:**

Las atmósferas explosivas están presentes permanentemente o por largos períodos.

#### **3.3.3.3.2. Zona 1:**

- i) Es probable que se formen; o
- ii) Pueden formarse con frecuencia atmósferas explosivas, por reparación o mantenimiento, debido a fugas; o
- iii) Zonas adyacentes a lugares Clase I, Zona 0.

#### **3.3.3.3.3. Zona 2:**

- i) En condiciones normales es improbable la formación de atmósferas explosivas; o
- ii) Se manipula, procesa o utiliza líquidos volátiles inflamables, gases inflamables o vapores normalmente confinados en contenedores o sistemas cerrados; o
- iii) Usa ventilación adecuada, pero que pueden formarse, por operación anormal del sistema de ventilación; o

iv) Adyacentes a lugares Clase I, Zona 1, a menos que cuenten con una ventilación adecuada.

### **3.3.3.4 Clase II**

Presencia de polvos combustibles o eléctricamente conductivos.

#### **3.3.3.4.1. División 1:**

- i) Está o pueda estar presente polvo combustible en suspensión, continua, intermitente o periódicamente, en condiciones normales de operación – pueden explotar o encenderse;
- ii) La operación normal o anormal, o fallas de equipos y aparatos pueda causar la ignición de mezclas que se produzcan en, o cerca de, equipos y aparatos eléctricos; o
- iii) Pueda estar presente polvo con características eléctricas conductivas.

#### **3.3.3.4.2. División 2:**

Lugares en los cuales no existen normalmente polvos combustibles en suspensión en el aire, o no es probable que entren en suspensión por funcionamiento normal o anormal, o fallas en los equipos o aparatos, en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

### **3.3.3.5. Clase III**

Presencia de fibras o pelusa fácilmente inflamables, pero en los cuales no es probable que dichas fibras o pelusa se encuentren en suspensión en el aire, en cantidades suficientes para producir el encendido de la mezcla.

#### 3.3.3.5.1. División 1:

Lugares en los cuales se manipulan, producen o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen pelusa combustible; y

#### 3.3.3.5.2. División 2:

Lugares en los que se almacenan o manipulan, pero no se producen fibras fácilmente inflamables.

### **3.3.4. Lugares con Líquidos o Vapores Corrosivos o Muy Húmedos**

Se clasifican en:

- a) **Categoría 1:** Lugares en los que la humedad en forma de vapor o líquido está presente en cantidades que pueden afectar la operación normal de los equipos eléctricos.
- b) **Categoría 2:** Lugares en los que es probable que existan líquidos o vapores corrosivos en cantidades tales que puedan afectar la operación normal de equipos eléctricos.

En lugares Categoría 1 o Categoría 2, solamente se deben instalar equipos que sean esenciales.

### **3.3.5. Tomacorrientes, Enchufes y Cordones para Equipos Portátiles**

Todo tomacorriente y enchufe de conexión para equipos portátiles deben ser:

- a) A prueba de intemperie; y
- b) Provistos con terminales para conexión a tierra y con conductores para el enlace equipotencial a tierra.

El tomacorriente y enchufe deben ser a prueba de intemperie, en los lugares de Categoría 1 ó 2

### **3.3.6. Artefactos de Iluminación**

Pueden ser:

- a) Categoría 1:** Debe estar construido de forma tal que no pueda entrar o acumularse polvo dentro del artefacto.
- b) Categoría 2:** Debe ser totalmente cubierto, tener empaquetaduras y ser resistente a la corrosión.

### **3.3.7 Materiales Resistentes a la Corrosión**

Todos los conductos, cubiertas metálicas y accesorios, incluyendo pernos, tuercas y tornillos, usados para asegurar los equipos eléctricos, deben estar protegidos o ser de un material resistente al ambiente corrosivo específico en el que son instalados.

### **3.3.8. Clases de protección**

#### **3.3.8.1. *Contra cuerpos sólidos***

Índice de protección

- 0 Sin protección
- 1 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm
- 2 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm
- 3 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm
- 4 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm

- 5 Protegido contra el polvo
- 6 Totalmente protegido contra el polvo

### **3.3.8.2 *Contra los líquidos***

#### **Índice de Protección**

- 0 Sin protección
- 1 Protegido contra caídas verticales de gotas agua
- 2 Protegido contra caídas de agua hasta 15° de la vertical
- 3 Protegido contra agua de lluvia hasta 60° de la vertical
- 4 Protegido contra proyecciones de agua en todas las direcciones
- 5 Protegido contra lanzamiento de agua en todas las direcciones
- 6 Protegido contra lanzamiento de agua similar a golpes de mar
- 7 Protegido contra la inmersión
- 8 Protegido contra efectos prolongados de inmersión bajo presión

### **3.3.9. Consideraciones y reglamento técnico de tomacorrientes**

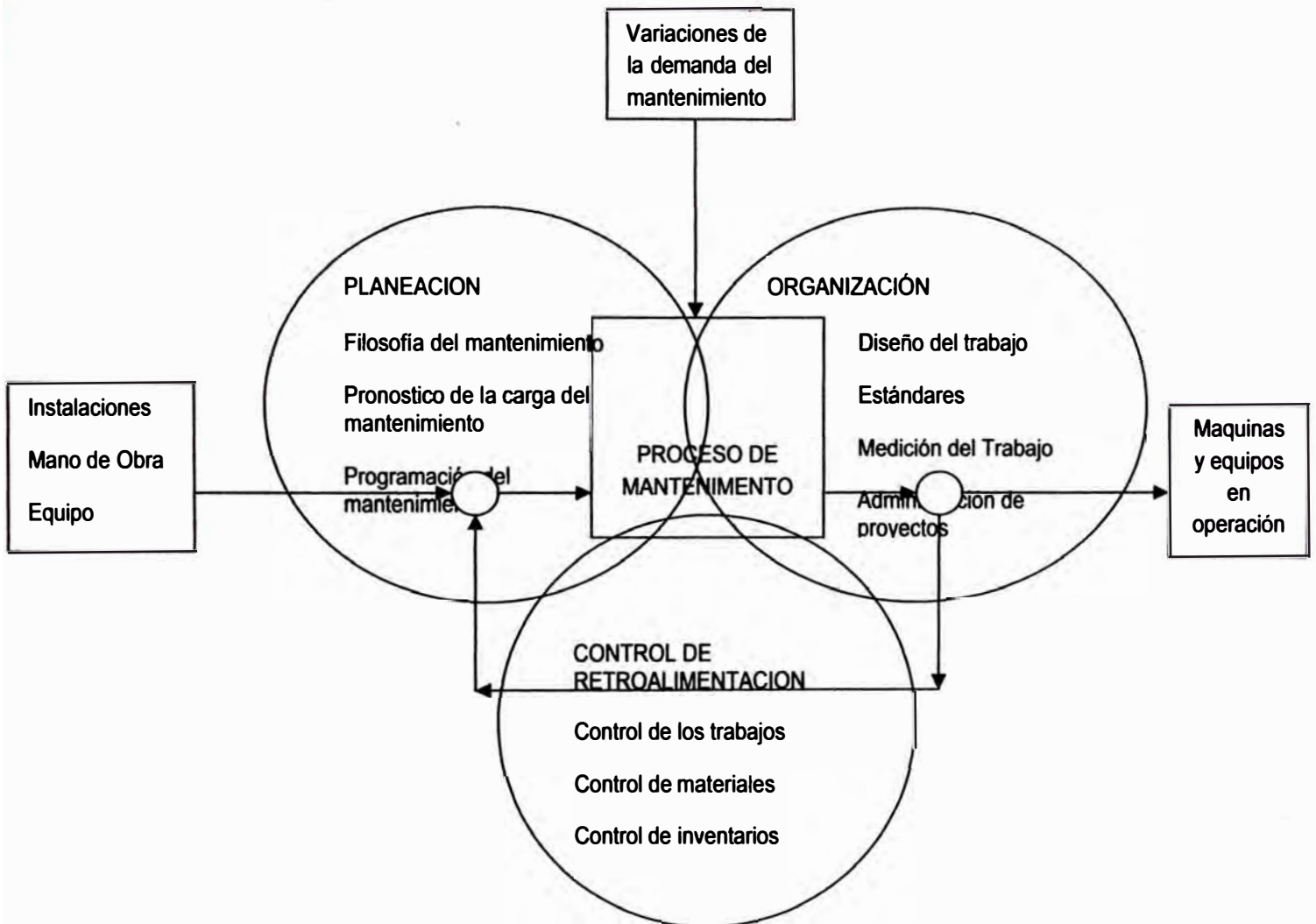
Los tomacorrientes expuestos a la intemperie, deben ser provistos con una placa de cubierta a prueba de intemperie, a menos que se instalen con la cara hacia abajo a un ángulo de 45° o menos con la horizontal, en cuyo caso se pueden utilizar placas de cubierta convencionales.

Cuando los tomacorrientes expuestos a la intemperie son instalados en cajas de salida de montajes superficiales o adosados, las placas de cubierta deben ser mantenidas en su lugar mediante 4 tornillos o algún medio similar.

### 3.4. TEORÍA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

#### 3.4.1. Sistema de mantenimiento

##### 3.4.1.1 *Sistema típico de mantenimiento*



**Figura 3.11: Sistema típico de mantenimiento**

##### 3.4.1.2. *Operaciones y control de mantenimiento*

Los sistemas de control de mantenimiento desempeñan una función clave en un programa eficaz de mantenimiento. Los pasos para un control eficaz del mantenimiento son los siguientes:

- Definir objetivos y metas en términos de calidad, disponibilidad y eficiencia.

- Coordinar y planear las órdenes de trabajo.
- Procesar las órdenes de trabajo.
- Recopilar información de las órdenes de trabajo y los archivos históricos y compilar informes sobre eficiencia, disponibilidad y calidad.
- Examinar la desviación con respecto de los objetivos y metas establecidas.
- Si existe una desviación tomar una medida correctiva, o bien mejorar las metas.

ORDEN DE TRABAJO							
Orden de trabajo N° _____			Turno			Dpto. _____ Solicitante	
Fecha _____			A <input type="checkbox"/>			Costo N° _____	
Ubicación _____			B <input type="checkbox"/>			Departamento _____	
Equipo N° _____			C <input type="checkbox"/>			Unidad _____	
Prioridad		Emergencia <input type="checkbox"/>		Urgente <input type="checkbox"/>		Normal <input type="checkbox"/>	
						Programada <input type="checkbox"/>	
El trabajo debe completarse sin interrupción				Si <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>	
Descripción general del trabajo							
Mano de Obra				Materiales			
Habilidades (oficio o especialidad)	Tiempo		Descripción detallada del trabajo	Partes		Precio	
	Est.	Real		Desc	Parte N°	Unidad	Total
Aprobación del trabajo				Fecha de terminación			

**Figura 3.12: Orden de trabajo típica.**

Reporte de trabajo	Fecha _____	Reporte N° _____
Nombre del empleado	Ocupación	Hora de Inicio
Nombre de la instalación	Ubicación	Identificación
Defecto del equipo		
Acción correctiva		
Refacciones/materiales utilizados		
Medición/observaciones		
Condición general del equipo		
Observaciones		
Tiempo consumido		

**Figura 3.13: Tarjeta de Trabajo (Reporte)**



Nombre del empleado \_\_\_\_\_

Semana que termina \_\_\_\_\_ Turno \_\_\_\_\_

Aprobación del encargado: Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Día	Trabajo 1		Trabajo 2		Trabajo 3		Trabajo 4		Trabajo 5		Horas totales
	Nº de orden de trabajo	Horas consumidas	Nº de orden de trabajo	Horas consumidas	Nº de orden de trabajo	Horas consumidas	Nº de orden de trabajo	Horas consumidas	Nº de orden de trabajo	Horas consumidas	
L											
M											
M											
J											
V											
S											
D											

**Figura 3.14: Tarjeta de Tiempo de trabajo diario.**

Fecha	Mantenimiento efectuado	Tiempo muerto	Refacciones y materiales	Mano de obra	Horas de producción perdida	Costo de mano obra	Costo de Refacciones y materiales

**Figura 3.15: Página de un archivo de historia del equipo**

### 3.4.1.3 *Mantenimiento preventivo, conceptos, modelos y análisis.*

El mantenimiento preventivo es el enfoque preferido para la administración de los activos.

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o insipiente para permitir una reparación planeada
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos



**Figura 3.16: Categorías del mantenimiento preventivo**

Las técnicas de mantenimiento basado en las condiciones que se aplican más comúnmente son:

- Análisis de vibraciones
- Análisis de lubricantes
- Termografía

- Ultrasonido
- Monitoreo de efectos eléctricos y penetrantes.

#### ***3.4.1.4. Planeación y Programación del Mantenimiento***

Un procedimiento de planeación eficaz debería incluir los siguientes pasos:

- Determinar el contenido de trabajo (puede requerir visitas al sitio)
- Desarrollar un plan de trabajo. Este comprende la secuencia de actividades en el trabajo y el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.
- Establecer el tamaño de la cuadrilla para el trabajo
- Planear y solicitar las partes y los materiales
- Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtener.
- Asignar a los trabajadores con las destrezas apropiadas
- Revisar los procedimientos de seguridad
- Establecer prioridades (de emergencia, urgente, de rutina y programado) para todo el trabajo de mantenimiento
- Asignar cuentas de costos
- Completar la orden de trabajo
- Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control
- Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos

El proceso de planeación puede dividirse en tres niveles básicos:

- Planeación a largo plazo (cubre un periodo de 5 años o mas)

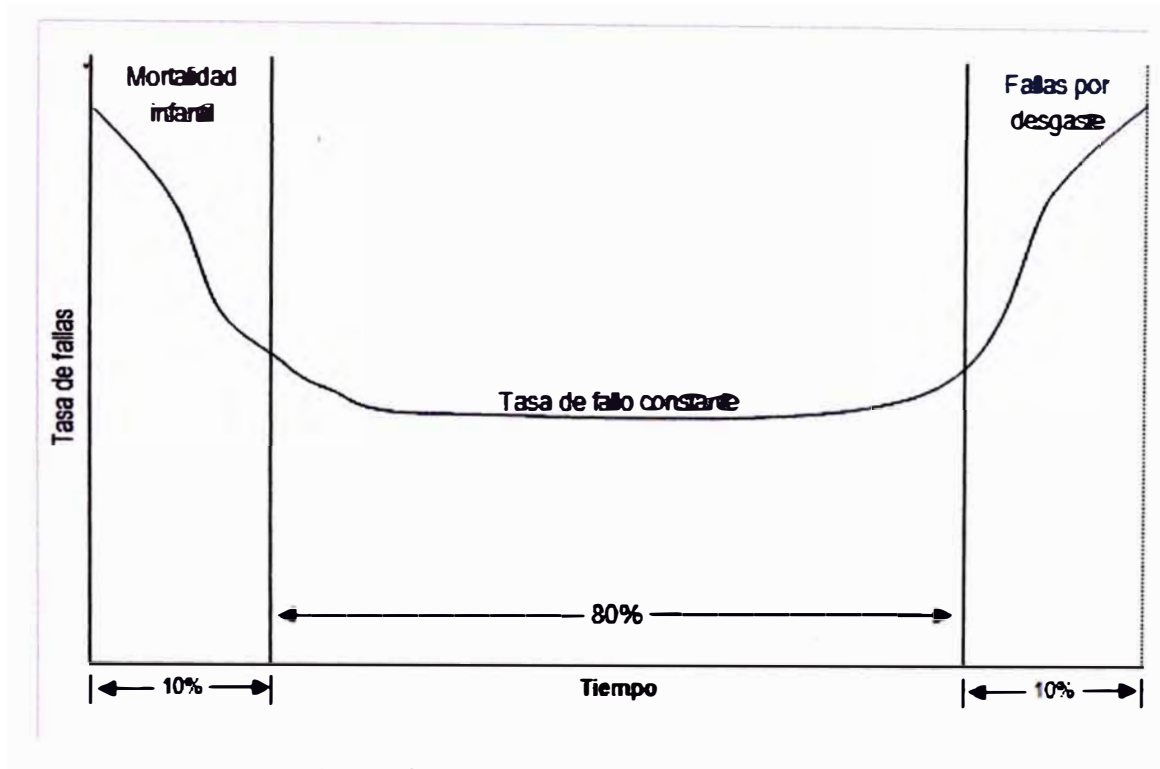
- Planeación a mediano plazo (planes a un mes y hasta un año)
- Planeación a corto plazo (planes diarios y semanales)

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan el trabajo con los recursos y se les asignan una secuencia para hacer ejecutados en ciertos puntos de tiempo.

Los elementos de una programación acertada son:

- Ordenes de trabajo escrito que se deriven de un proceso de planeación bien concebido.
- Estándares de tiempo que se basan en las técnicas de medición del trabajo
- Información acerca de la disponibilidad de técnicos por especialidad para cada turno.
- Información sobre la disponibilidad de equipo y herramientas especiales, necesarias para el trabajo de mantenimiento.
- Acceso al programa de producción de la planta y conocimiento del momento en que las instalaciones estarán disponibles para servicio, sin interrupción del programa de producción.
- Prioridades bien definidas para el trabajo de mantenimiento. Estas prioridades deben desarrollarse con una estrecha coordinación entre mantenimiento y producción.
- Información acerca de los trabajos ya programados pero que se han atrasado con respecto al programa (trabajos pendientes)

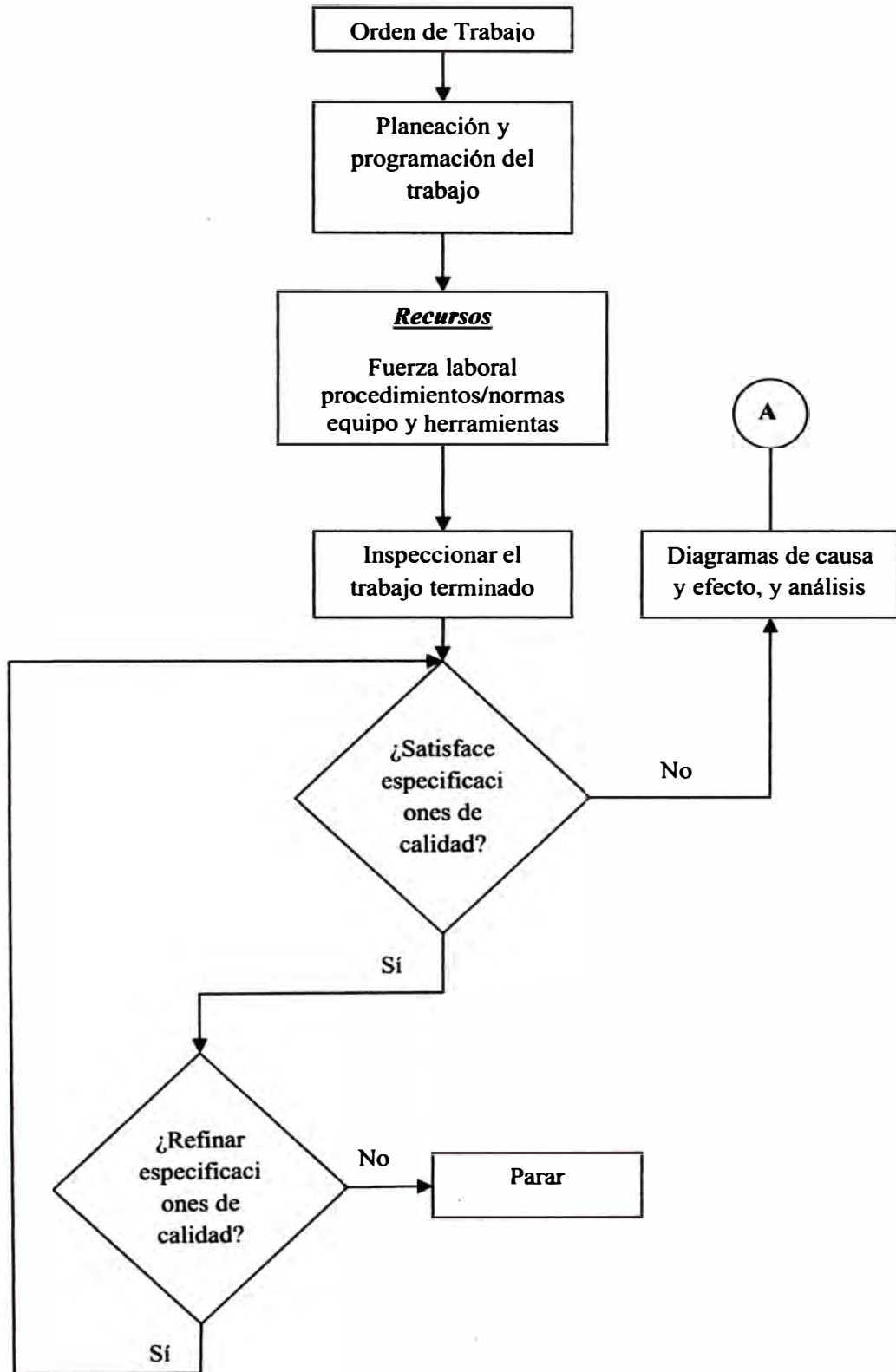
La tasa de fallas de una pieza de equipo o de sus componentes varía estadísticamente durante su ciclo de vida. Esta relación por lo general muestra un patrón definido, denominado la curva de la tina de baño.



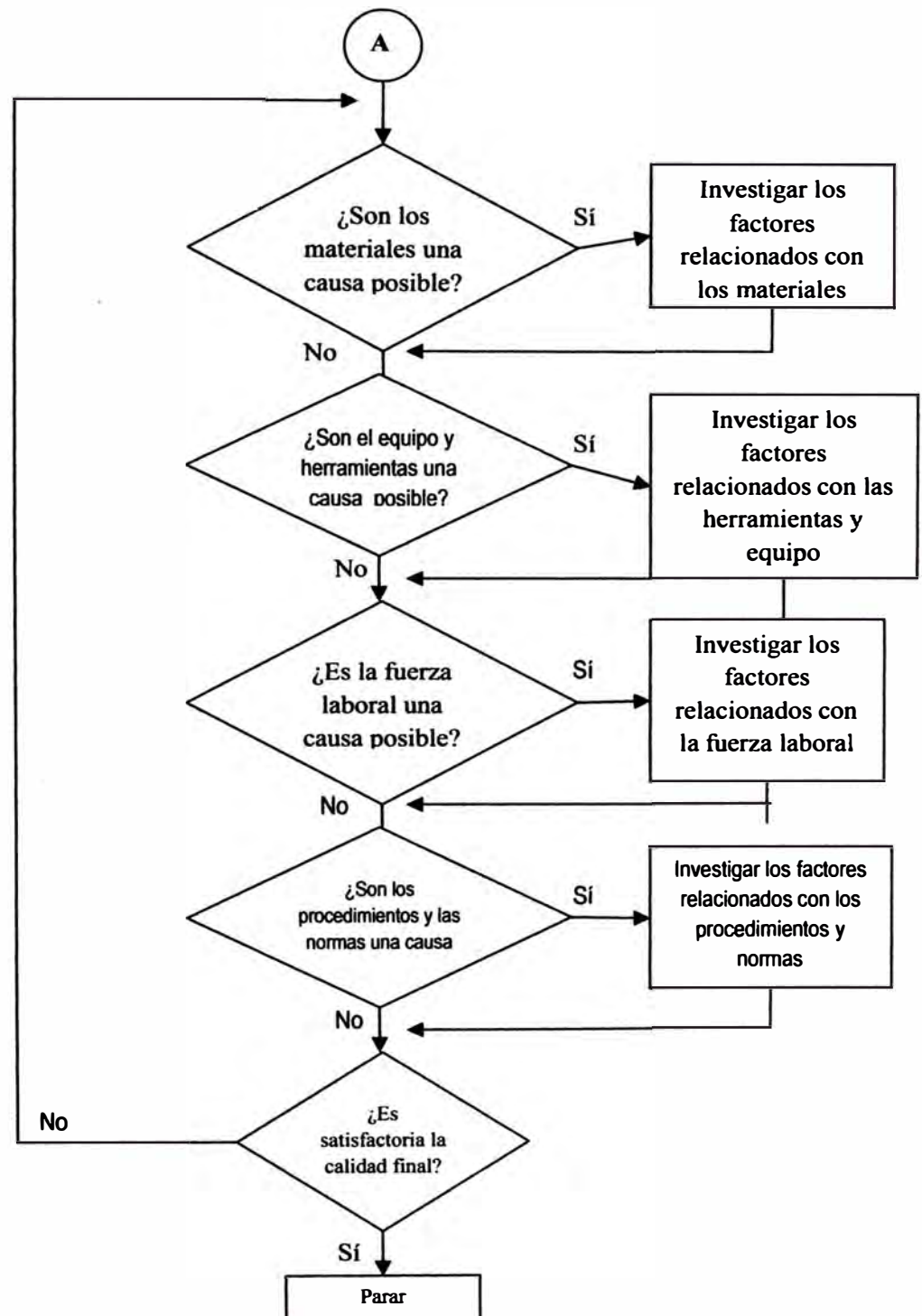
**Figura 3.17: Curva típica de tina de baño**

El Diagrama de Causa y Efecto (espina de pescado) puede utilizarse en la administración e ingeniería del mantenimiento para identificar las causas de:

- Baja productividad de los trabajadores
- Excesivo tiempo muerto
- Descomposturas recurrentes
- Repetición de trabajos
- Excesivo ausentismo
- Trabajos pendientes
- Excesivos errores en el registro de los datos.



**Figura 3.18A:** Diagrama de flujo de mantenimiento



**Figura 3.18 B:** Diagrama de flujo de mantenimiento

## CAPITULO 4

### BASES PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

#### 4.1. LÍNEA DE VAPOR

##### 4.1.1. Caldero pirotubular

El caldero pirotubular que alimentará, en un principio, 5 vaporizadores tiene las siguientes características:

<b>Marca</b>	<b>EFAMEIM</b>
<b>Tipo</b>	<b>H</b>
<b>Modelo</b>	<b>EFAC 125</b>
<b>Serie</b>	<b>EFACEH40</b>
<b>Potencia</b>	<b>125 BHP</b>
<b>Producción de Vapor</b>	<b>4313 Lb./Hr</b>
<b>Presión de Diseño</b>	<b>150 Psi</b>
<b>Presión de trabajo</b>	<b>100 Psi</b>
<b>Tipo de Combustible</b>	<b>R6/GN</b>
<b>Fecha de manufactura</b>	<b>2006</b>

##### 4.1.1.1 *Motobomba*

<b>Fabricante: Franklin electric</b>	
<b>Modelo: 1304270102 Blutton indiana 48714 USA</b>	
<b>Frecuencia</b>	<b>60 Hz</b>
<b>Potencia</b>	<b>5 HP</b>
<b>Velocidad</b>	<b>3450 RPM</b>
<b>Tensión</b>	<b>208-230/460 Volt.</b>
<b>Corriente</b>	<b>13,5-12,6/6,3</b>
<b>Temperatura Ambiente Máxima</b>	<b>40°C</b>



#### 4.1.1.2 Quemador

Modelo N° 020620449		
Combustible	Gas Natural	Diesel N°6
Energía	1200 MBH	3990 MBH
Consumo	8 GPH	26.6 GPH
Potencia del Motor	3 Hp	3 Hp
Presión del Gas en el Manifold (pulg H2O)	---	1.76
Control Integral	4D	4D

#### 4.1.1.3 Ablandador

Fabricante: Industrias Nacol S.A.C.			
Instrucciones de manejo			
Paso	Función	Presión Mín-Máx (Psi)	Tiempo promedio (minutos)
1	Retrolavado	5-8	5
2	Regeneración	25-30	45-60
3	Enjuague	25-30	Hasta obtener agua blanda
4	Servicio	25-30	-----
Para regenerar un pie cúbico de resina se necesitan 7 kg de sal industrial			

#### 4.1.1.4 Equipamiento



Figura 4.1: Sistema de Generación de Vapor

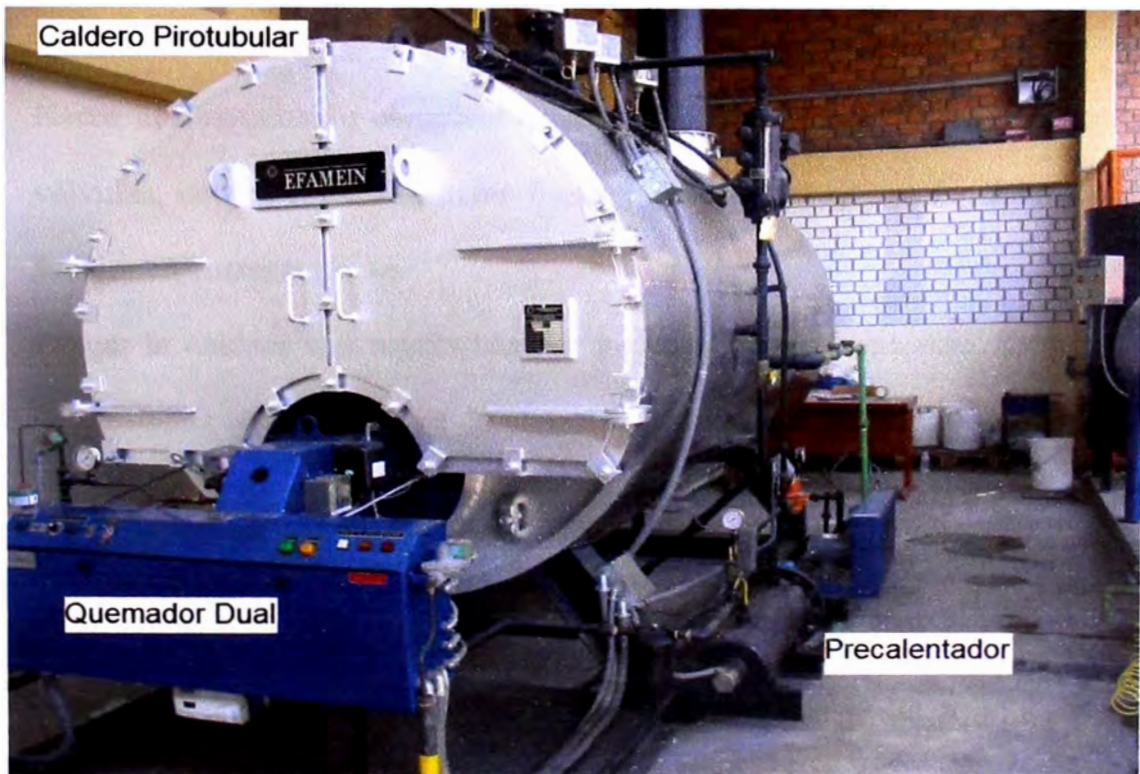
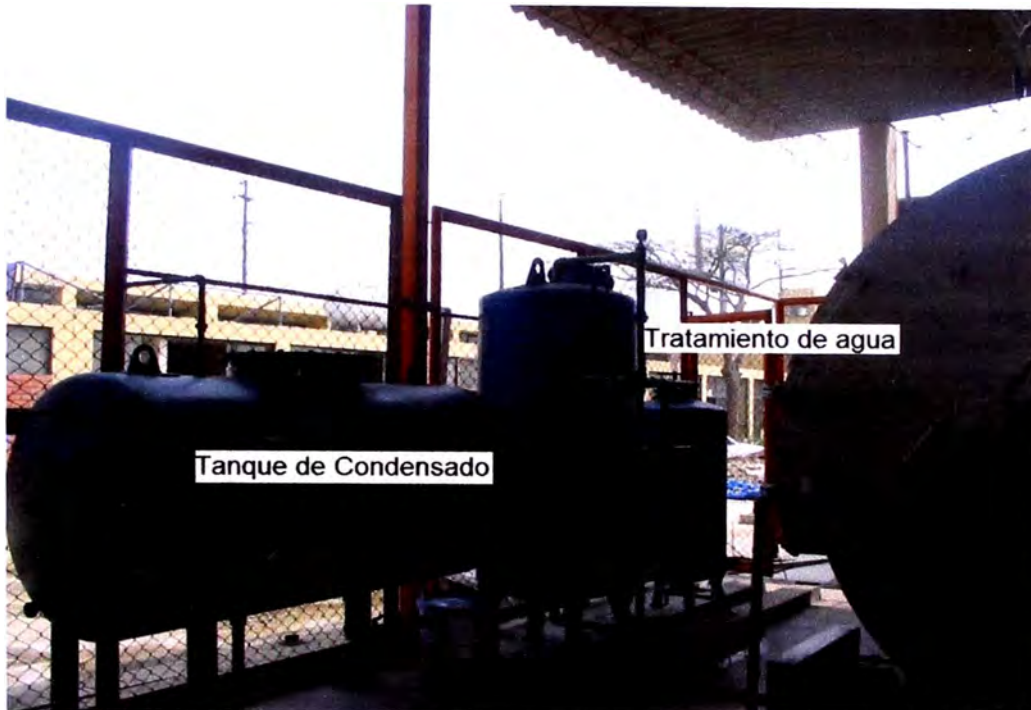


Figura 4.2: Componentes del Generador de Vapor



**Figura 4.3: Tanque de Condensado, tratamiento de Agua**

#### **4.1.2. Programa de Mantenimiento Preventivo**

##### **4.1.2.1 *Diario y/o semanal***

Hacer una inspección completa de la sala de la caldera, revisando tuberías y válvulas, con el fin de detectar fugas y comprobar que todos los elementos funcionen correctamente.

Purgar la caldera con regularidad de acuerdo con lo requerido. Ésta debe ser determinada de acuerdo a la concentración de sólidos que se precipitan formando lodos. El nivel de concentración de sólidos disueltos en la caldera no debe ser mayor a las 4000 ppm.

Purgar el control de nivel de agua y visor, cada 4 horas, abriendo las válvulas de purga por aproximadamente 5 segundos, luego cerrarla durante 1 minuto y

volver a abrirla, repetir 3 veces. Esto se hace con la finalidad de mantener las conexiones de la columna de agua y visor libre de lodos que podrían ocasionar fallas de estos instrumentos.

Comprobar el funcionamiento del control de nivel al hacer la purga, de tal forma que funcione el corte por bajo nivel estando el quemador prendido en fuego bajo.

Hacer soplar manualmente las válvulas de seguridad y alivio de vapor, para evitar posibles agarrotamientos de las mismas.

Limpiar semanalmente el filtro de combustible y verificar el estado de la empaquetadura de su tapa.

Comprobar, una vez por semana, el correcto estado de los pilotos de señalización, sustituyéndolos de forma inmediata en el caso de que algunos de ellos se encuentren averiados.

Comprobar el correcto funcionamiento de los presostatos de regulación, limitador de presión y seguridad.

Comprobar diariamente el correcto funcionamiento de la celda fotoeléctrica para detectar la llama, para lo cual se retirará ésta de su acoplamiento procediéndose a oscurecerla, en cuyo momento se debe producir el bloqueo del equipo de combustión.

Verificar la lubricación del compresor de aire que se emplea en la atomización.

Revisar las condiciones de fuego visualmente y para diferente carga.

Revisar la adición de productos químicos de tratamiento de agua verificándose las cantidades precisas.

#### **4.1.2.2 Mensual**

Limpiar cuidadosamente el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores, estando completamente desenergizada la caldera.

Comprobar como mínimo cada 3 meses la correcta señalización del manómetro general de la caldera, sustituyéndose en caso de existir diferencias sensibles en la lectura de los mismos respecto a los utilizados para comprobación.

Limpiar el filtro de la bomba de agua y engrasar.

Engrasas motores.

Desmontar y limpiar el conjunto del quemador-ventilador sólo si presentan desbalanceo causado por la suciedad.

Revisar el sello mecánico de la bomba de agua de alimentación.

Desmontar el conjunto de las boquillas del quemador y limpiarlas.

Revisar los electrodos de encendido y comprobar abertura y limpieza y estado de los aislantes.

Comprobar el alineamiento de la bomba de agua con su motor.

Verificar el estado de todas las trampas de vapor en el sistema de retorno del condensado.

Limpiar el visor de nivel de agua y su base verificando que no haya sedimentos en el tubo de conexión inferior.

Cambiar las empaquetaduras de Neoprene del visor de nivel cada 4 meses.

Desmontar y limpiar el filtro de aire del compresor.

Revisar la tensión de las fajas en V.



#### **4.1.2.3 *Semestral***

Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad, para lo cual se deberá subir al valor límite del control de presión, haciendo funcionar la caldera hasta que la presión aumente, para verificar la apertura de la válvula.

Vaciar el tanque de condensado. Quitar la válvula flotadora y revisar el interior del tanque, para ver si hay sedimentos. Lavar el tanque y comprobar el funcionamiento de la válvula flotadora.

Revisar el lado del agua de la caldera. Quitar las tapas de entrada de mano y entrada de hombre, para lavar bien la caldera con agua a presión, tratando que las incrustaciones y sedimentos salgan de la caldera. Inspeccionar las superficies de evaporación para ver si hay indicios de corrosión, picaduras o incrustaciones.

Al volver a colocar las tapas, de entrada de mano y entrada de hombre, cambiar sus empaquetaduras.

Con la caldera parada, revisar todas las válvulas, llaves y grifos. Rectificar los asientos y cambiar empaquetaduras si fuera necesario.

Cambiar las correas en V si fuera necesario.

Limpiar el lado de fuego de los tubos, con escobillas mecánicas, aire comprimido, etc., para remover todo el hollín depositado en los tubos, retirando para ello las puertas de la caldera.

Revisar el estado de la cámara de combustión y refractarios.

Cambiar las empaquetaduras de la bomba de agua de alimentación.

Revisar completamente los motores eléctricos incluyendo los siguientes servicios: limpieza general, prueba de aislamiento y revisión o cambio de rodamientos.

Cambiar cada 12 meses los electrodos de encendido a fin de garantizar un eficiente encendido.

#### **4.1.2.4 *Ventajas del mantenimiento preventivo***

Realizar un programa de mantenimiento de esta línea nos permitirá:

Evaluar cuantitativa y cualitativamente la energía que se transforma en el proceso de generación y distribución de vapor.

Establecer la eficiencia de combustión, eficiencia térmica y eficiencia de generación.

Identificar potenciales de ahorro y uso eficiente de energía y definir las medidas por aplicar, las que serán evaluadas técnica y económicamente.

El programa abarcará los siguientes puntos:

Equipos y sistemas

Generador de vapor, tuberías de distribución, trampas de vapor, purgas e intercambiadores de calor, sin incluir los equipos para uso final del vapor.

Para el cumplimiento del programa la empresa cuenta con personal de apoyo con amplio conocimiento acerca del equipo y de los procesos utilizados.

Como base de datos de medición se tendrán:

Temperaturas (agua, vapor, superficies y gases).

Flujos (agua, combustible y vapor).

Presiones (vapor y agua).

Análisis de gases (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>).

Longitudes y diámetros de tubería.

Adicionalmente a estos datos se deberán llenar los siguientes formatos:

**Formato 4.1:** Datos de consumo de combustible y sus costos

COMBUSTIBLE	PERÍODO	CONSUMO	UNIDADES	COSTO TOTAL

**Formato 4.2:** Datos de consumo de agua cruda y su costo

TIPO: CRUDA	PERÍODO	CONSUMO	UNIDADES	COSTO TOTAL

**Formato 4.3:** Datos de consumo de agua tratada y su costo

TIPO: TRATADA	PERÍODO	CONSUMO	UNIDADES	COSTO TOTAL

**Formato 4.4:** Productos para tratamiento de agua y aditivos de combustibles.

PRODUCTO	PERÍODO	CONSUMO	UNIDADES	COSTO	COSTO POR m <sup>3</sup> AGUA TRATADA	COSTO POR m <sup>3</sup> DE COMBUSTIBLE



#### 4.1.2.5. Mediciones

La calidad del diagnóstico energético dependerá de la precisión, forma y condiciones en que las mediciones sean tomadas, por lo que habrá que cuidar que no exista una variación mayor al 5% entre lecturas, ya que de presentarse esta situación en una serie de lecturas, éstas deberán desecharse y repetirse hasta que las mediciones tengan la precisión necesaria.

##### 4.1.2.5.1. Lista de mediciones y lugares donde se van a efectuar

MEDICIÓN	LUGAR
<b>MEDIO AMBIENTE:</b>	
Temperatura ambiente de bulbo seco Temperatura ambiente de bulbo húmedo Humedad relativa Presión barométrica	Área donde se localice el sistema de generación y distribución de vapor.
<b>GENERADOR DE VAPOR:</b>	
Chimenea Análisis de gases Temperatura de gases de escape	En algún lugar de la tubería, lo más cercano posible al cuerpo de la caldera, para evitar que la medición se vea afectada por posibles infiltraciones de aire.
Agua de alimentación Flujo Temperatura Presión Conductividad	En la instrumentación localizada a la descarga de la bomba de agua de alimentación y en el tanque de agua de alimentación.
Vapor Flujo Temperatura Presión	En la instrumentación localizada en el generador de vapor, en el cabezal de distribución de vapor o método indirecto.
Combustible Flujo Temperatura	En el tanque de día, a la descarga de la bomba del combustible o en la caseta del suministro de combustible.
Aire Temperatura del aire a quemadores	En cuarto de máquinas. En el ducto de aire o a la salida del calentador de aire.

<b>INTERCAMBIADORES DE CALOR</b>	
Flujo de vapor Presión del vapor Temperatura de vapor Flujo de condensado Temperatura del condensado Flujo del fluido del proceso Temperatura de entrada del fluido de proceso Temperatura de salida del fluido de proceso	Instrumentación localizada en los intercambiadores de calor. Los flujos se medirán en el tanque de recolección de condensados o en las líneas de vapor.
<b>TUBERÍAS, TANQUES Y DEPÓSITOS</b>	
Temperatura de superficie	Superficie o pared del equipo que se trate.
<b>FUGAS Y PURGAS</b>	
Temperatura Presión Diámetro de fuga	Cabezales de distribución o instrumentación localizada en tanques. Para fugas en el lugar donde se detecten.
<b>TRAMPAS DE VAPOR</b>	
Sonido emitido por el flujo de vapor Sonido emitido por el flujo de condensado Sonido emitido por falla del dispositivo interno de la trampa de vapor.	Tubería antes de la trampa Tubería de descarga de la trampa En el cuerpo de la trampa de vapor

#### 4.1.2.5.2. Instrumentos de medición

##### 4.1.2.5.2.1. *Temperatura*

Se usará predominantemente termómetros de bulbo que basan su funcionamiento en la dilatación de un líquido, que por lo regular es mercurio o alcohol, que se encuentra en un depósito de vidrio llamado bulbo, al dilatarse el líquido sube por un tubo de vidrio generalmente graduado en grados Centígrados o Fahrenheit (°C o °F).

##### 4.1.2.5.2.2. *Presión*

Para medir la presión en líquidos o en vapor, se usarán manómetros, por lo regular de tubo de Bourdon.

#### 4.1.2.5.2.3. *Flujo*

Se puede medir utilizando una placa de orificio, venturi o tubo pitot. La caída de presión de los fluidos al pasar por estos dispositivos es proporcional al caudal que circule por la tubería. Si mediante un manómetro se registra la caída de presión podrá determinarse la magnitud del flujo.

#### 4.1.2.5.2.4. *Combustión*

Analizador de gases de combustión Orsat.

Analizador electrónico de gases de combustión

## 4.2. LÍNEA DE AIRE COMPRIMIDO

La línea de aire comprimido está conformada por tres compresores, dos de la empresa Atlas Copco y una de Ingersoll Rand que alimentan a cuatro limpiadores utilizados en el proceso de producción de Hitepima S.A.

### 4.2.1. Compresores

Los compresores tienen las siguientes características:

<b>COMPRESOR 1</b>	
Atlas Copco Industrial Compresor, INC	
Modelo	GAU 25
Número Producto	8972430685
Número Serie	PAU11801
Max. Presión de descarga	147 Psig
Potencia del motor	25 Hp
Año de fabricación	1992

<b>COMPRESOR 2</b>	
Atlas Copco Industrial Compresor, INC	
Modelo	GAU 30
Número Producto	8972430715
Número Serie	PAU11717
Max. Presión de descarga	147 Psig
Potencia del motor	30 Hp
Año de fabricación	1992

<b>COMPRESOR 3</b>	
Ingersoll-Rand	
Número de Serie	NV2880V06220
Datos del Paquete de compresión	
Modelo del compresor	IRN50H-CC
Potencia	60Hp
Max. Presión de descarga	145
Amper del sistema	134
Amper de arranque	134
Tensión	230 Volt
Fase	3
Frecuencia	60 Hz

<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE</b>	
1 Tanque de 4 metros x $\phi$ 1m	
Altura	4,0 m.
Diámetro	1,0 m.
Número de tomas	4
Válvula automática en la parte inferior	
Marca	Ingersoll Rand
Test	EDU 2000
Calibración	10 ON/SEC y 5 OFF/Min.

<b>FILTRO</b>	
<b>Válvula en la parte inferior</b>	
Marca	Kunkle
ON/Sec	6
OFF/Sec	5
<b>Válvula en la parte superior</b>	
Tipo	Kunkle Valve Dif
Capacidad	382SCFM
Diámetro	ϕ1/2"
Punto de calibración	165 Psig
Presión Máx.	1500 Psi (100Bar)
Temperatura Máx.	150°F (66°C)
Partes humedecidas	Aluminio
Agujero de Medición	1/4" NPT
Rango diferencial	5 Psid/0,35 Bar

<b>SECADOR DEL COMPRESOR INGERSOLL RAND</b>	
IR Ingersoll Rand TMS ®	
Modelo	TMS 0280
CCN	442528885
Máx. Presión del Aire	203 Psi (14 Bar)
Mín./Máx Temp. Aire	32/115°F (0/46°C)
Máx temperatura de entrada del Aire	131°F (55°C)
Carga de refrigerante	6,17Lbs of R134a (2,8Kg of R134a)
Presión de diseño	Low 14,5 Psi (1Bar)/Hight 246 Psi (17 Bar)
Potencia del Compresor	1,32Kw
Potencia del ventilador	0,16Kw
Suministro Eléctrico	230V/1ph/60Hz
N° deSerie	TMS 0280-0606/8590
Fecha de fabricación	06/02/2006



**4.2.1.1. Equipamiento**



**Figura 4.4: Sistema de Compresión de Aire**



**Figura 4.5: Almacenamiento de Aire**



**Figura 4.6: Secador de Aire**

#### **4.2.2 Programa de mantenimiento preventivo**

Tener aire comprimido de buena calidad es importante para asegurar óptimos resultados en los procesos que requieren dicho servicio.

Las características más importantes a tener en cuenta son:

- La cantidad de aceite que contiene el aire
- La cantidad de agua presente en el mismo
- El punto de rocío
- Cantidad de partículas extrañas contenidas en el aire

##### **4.2.2.1 *Compresores***

En el siguiente cuadro se indica los distintos componentes de los compresores y los intervalos en los que ha de llevarse a cabo el mantenimiento.

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>Horas</b>	<b>500 1000 1500 2500 3000</b>	<b>2000 6000 10000 14000 18000</b>	<b>4000 12000 20000</b>	<b>8000 16000</b>
<b>Filtro del refrigerante</b>		Cambiar	Cambiar	Cambiar
<b>Filtro del aire</b>		Comprobar la presión	Cambiar	Cambiar
<b>Elemento del separador</b>		Comprobar la presión	Cambiar	Cambiar
<b>Filtro del módulo de accionamiento motorizado</b>	Comprobar	Cambiar	Cambiar	Cambiar
<b>Tamiz de barrido</b>		Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar
<b>Manguitos</b>		Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar
<b>Interruptor del aire alta temperatura</b>	Comprobar	Comprobar	Comprobar	Comprobar
<b>Válvula de desahogo de la presión</b>		Comprobar	Comprobar	Comprobar
<b>Núcleo del refrigerador</b>	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar
<b>Separador de la humedad</b>	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar
<b>Carenado del motor</b>	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar	Comprobar / Limpiar
<b>Análisis de vibraciones</b>		Análisis	Análisis	Análisis
<b>Análisis del refrigerante</b>		Análisis	Análisis	Análisis
<b>Refrigerante de calidad alimentaria</b>	1000 hrs Cambiar	Cambiar	Cambiar	Cambiar
<b>Motor del ventilador</b>			Reengrasar	Reengrasar



Debido a que el aire comprimido puede ser peligroso si no se utiliza correctamente. La ejecución del programa de mantenimiento será realizado por personal debidamente entrenado.

#### **4.2.2.2. Tuberías**

El material mas usado en las tuberías de aire es el acero. Según la norma UNE 1063 las tuberías que conducen aire comprimido deben ser pintadas de azul moderado UNE 48 103.

En general la tubería de una red no necesita mantenimiento fuera de la corrección de fugas que se producen más en las conexiones que en la tubería en sí.

#### **4.2.2.3. Tanque de almacenamiento**

Revisar que la válvula de seguridad se abra a una presión un 20% mayor que la presión máxima del sistema y que tenga una capacidad de evacuación mayor a la de los compresores.

Hacer una inspección visual del interior del tanque abriendo el manhole anualmente.

Comprobar el correcto funcionamiento del manómetro y del sistema de evacuación de condensado automático.

El mantenimiento que se le realiza al tanque se limita a una limpieza interior en muy escasas ocasiones.

#### **4.2.2.4. Secador**

Comprobar el secador de aire y controladores. El mantenimiento incorrecto de este sistema implica un incremento del consumo de energía que puede ascender hasta un 30%.

#### **4.2.2.5. Consideraciones adicionales**

Se debe tener en cuenta que la causa más grande de caída de presión son filtros saturados. En una línea de distribución bien diseñada es aceptable una caída del 10% de presión.

Se recomienda una inspección periódica del sistema para que este siempre activo dando productividad.

Se debe disponer de un plano de planta y un plano isométrico de la instalación con dimensiones de tubería e indicación de los elementos y accesorios.

Disponer de una ficha técnica física y digital en donde se registre la fecha de revisión de todos los elementos, recomendaciones del fabricante y/o instalador, al igual que el registro de los fallos, sus causas, reparaciones y fechas del suceso.

Ubicar llaves de paso en las tuberías que permitan independizar ramales.

Evitar fugas de aire (5 a 10 %), caídas de presión a lo largo de la instalación (2% la presión del compresor) y mínima cantidad de agua en la red.

### **4.3. SISTEMA ELÉCTRICO**

“La responsabilidad por las instalaciones interiores de los locales industriales corresponde a los que realizan actividad en su interior, quienes anualmente deberán presentar ante la concesionaria el extracto del informe de inspección técnica de

seguridad relativo a la evaluación de las instalaciones eléctricas, que será expedido/entregado por el órgano componente del SINADECI”.

Todas las instalaciones eléctricas deben ser objeto de inspección inicial, efectuadas por personal calificado, debidamente registrado y acreditado.

Los establecimientos industriales deben ser inspeccionados como mínimos una (01) vez al año:

En caso de accidente eléctrico el propietario, el representante legal o el responsable de la edificación, debe desenergizar la instalación involucrada hasta que se subsanen los defectos e informar a la Autoridad competente las medidas o acciones correctivas. Durante la operación y mantenimiento de las instalaciones, se deben adoptar las medidas necesarias para la preservación del ambiente.

Son de aplicación obligatoria las prescripciones sobre impacto ambiental establecidas por la Autoridad competente en materia ambiental del MEM.

#### **4.3.1 Calidad de los componentes eléctricos**

Los componentes eléctricos a usarse deben cumplir con lo que establece la Norma Técnica Peruana (NTP) en cuanto a rigidez dieléctrica, resistencia de aislamiento y certificado de pruebas de funcionamiento prolongado.

Entre las pruebas que se harán a los cables eléctricos están:

### 4.3.2. Resistencia de aislamiento

- Entre conductores de fase.
- Entre conductores de fase unidos entre sí y neutro.
- Entre conductores de fase unidos entre sí y conductor de protección.
- Entre conductor neutro y conductor de protección.

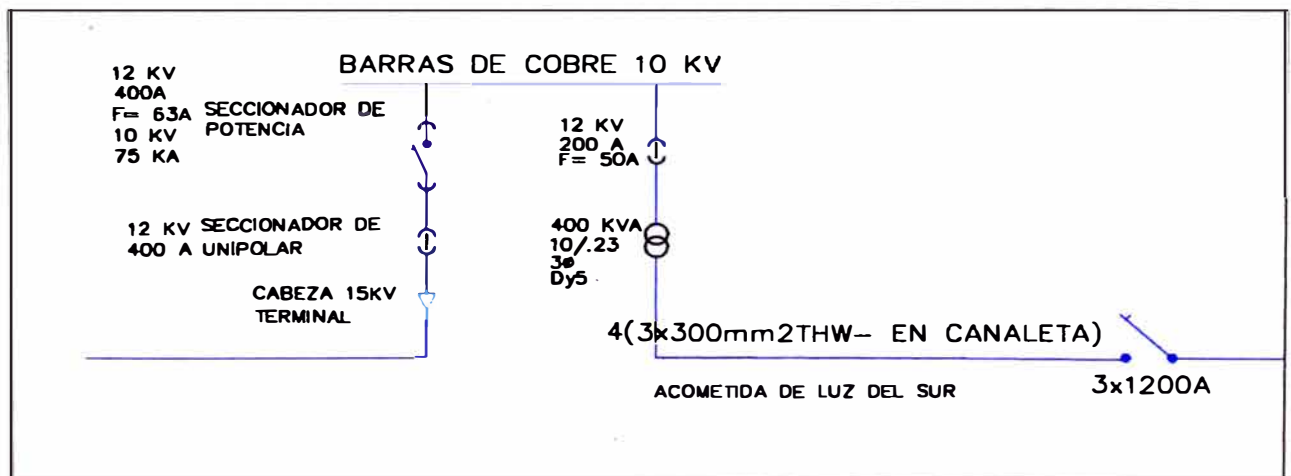
Valor mínimo de la resistencia de aislamiento será de 1000 Ohm/V de tensión de servicio por cada tramo de la instalación de 100 m o fracción.

En ningún caso la resistencia de aislamiento podrá ser inferior a 220 kOhm.

### 4.3.3. Medición de la resistencia de puesta a tierra

La medición de la resistencia de puesta a tierra deberá efectuarse preferentemente aplicando el método de caída de potencial (método del 62 %) ya sea utilizando un instrumento adecuado para tal efecto (telurómetro), o bien mediante un voltímetro y un amperímetro.

### 4.3.4. Equipamiento



**Figura 4.7: Acometida de Luz del Sur**

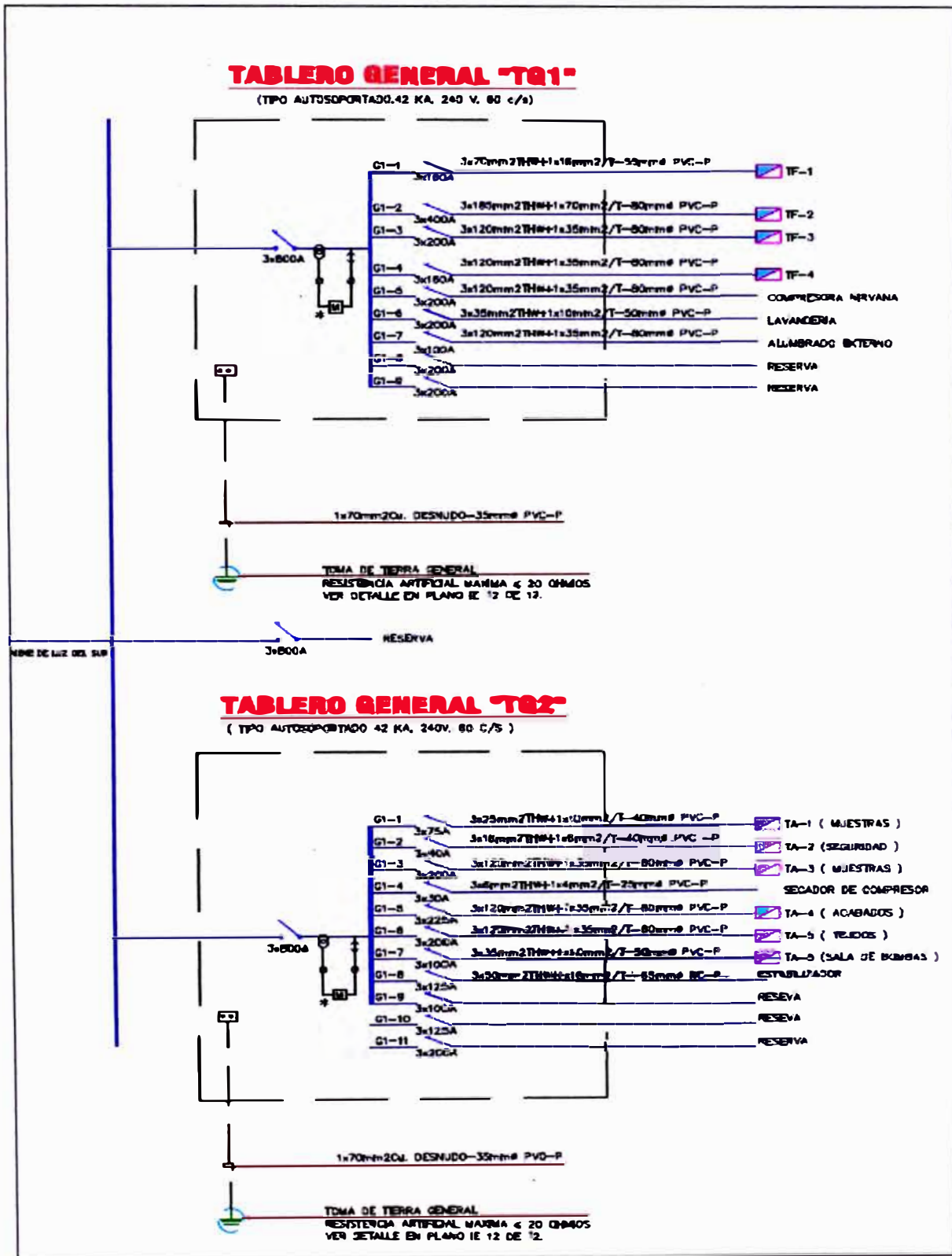


Figura 4.8: Tablero General 1 y 2.





**Figura 4.9: Tablero General.**



**Figura 4.10: Disposición del Tablero General.**

## CAPITULO 5

### COSTOS

Para el servicio de operación y mantenimiento preventivo se está considerando el personal que actualmente trabaja en los tres turnos de la empresa. El personal es el siguiente:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OPERARIO POR TURNO</b>	<b>TOTAL</b>
<i>Línea de Vapor</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Línea de Aire Comprimido</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Línea del Sistema Eléctrico</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Jefe de la línea de Vapor y Aire comprimido</i>	<i>-----</i>	<i>1</i>
<i>Jefe del Sistema Eléctrico</i>	<i>-----</i>	<i>1</i>

Pago mensual para el personal de operación y mantenimiento:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Nº PERSONAS</b>	<b>(S/) MES</b>	<b>TOTAL (S/MES)</b>
<i>Operarios de línea de vapor, aire comprimido y sistema eléctrico</i>	<i>9</i>	<i>900</i>	<i>8100</i>
<i>Jefes de Mantenimiento</i>	<i>2</i>	<i>1200</i>	<i>2400</i>
<b>Total</b>	<b>-----</b>	<b>-----</b>	<b>10500</b>

## 5.1. MEDIDAS DE AHORRO

Dentro del plan de mantenimiento de la Compañía Hitepima S.A. están contempladas las medidas de ahorro divididas en tres niveles de implementación: aquellas cuya implementación requiera de una inversión nula o baja (nivel 1) y las medidas que requieran de una inversión mayor para poder ser adoptadas (nivel 2). En el caso de que sea necesaria la aplicación de un estudio posterior al diagnóstico para determinar la posible aplicación de una medida, se considerará como nivel 3.

A modo de ejemplo se presenta las áreas en las que se puede aplicar medidas de ahorro en la línea de vapor:

Áreas potenciales de ahorro	Medidas de ahorro	Nivel	Nº de medida
Calor perdido en líneas aisladas y no aisladas	Colocar aislamiento térmico en tuberías	2	1
	Cambio del aislamiento térmico en tuberías	2	2
Calor perdido en tanques y depósitos cilíndricos	Colocar aislamiento térmico en tanques o depósitos cilíndricos	2	3
	Cambio de aislamiento térmico en tanques o depósitos cilíndricos	2	4
Calor perdido en purgas y fugas	Automatización de purgas	2	5
	Sustitución de purgadores	2	6
	Reparación y eliminación de fugas	1	7
	Recuperación de purgas	2	8
Calor perdido en trampas de vapor	Instalación de trampas para vapor en líneas y equipos	2	9
	Reparación de las trampas de vapor	2	10
	Cambio de las trampas de vapor	2	11



Calor perdido por purgas calderas	Reducción del calor perdido en la purga continua	1	12
	Evaluar la calidad del agua de repuesto	1	13
	Analizar los sistemas de tratamiento de agua, para poder reducir la purga continua	2	14
	Recuperar el calor de la purga continua	2	15
	Incrementar el retorno de condensados	2	16
Pérdidas en el generador de vapor	Optimización de la combustión	2	17
	Reducir el porcentaje de exceso de aire	2	17a
	Pre calentamiento del combustible	2	18
	Sustitución por quemadores de bajo exceso de aire	3	19
	Instalación de equipos de recuperación de calor:	3	20
	Economizador	3	20a
	Pre calentador de aire	3	20b
	Sustitución de generador de vapor	3	21
Combustible	Sustitución o complementación	2	22
	Control de la recepción, manejo, almacenamiento y seguridad	3	23
	Aditivos, Secado, Calentado y Atomizado	2	24
Gases de combustión	Pre calentamiento de agua y aire	2	25
	Revisar tiros forzados o inducidos	1	26
	Revisar transferencia de calor a tubos de agua	1	27
	Verificar espesor de fluxes	2	28
Agua de alimentación y condensados	Instalar turbo bombas para el agua de alimentación	3	29
	Evaluar el retorno de condensados: contaminación, porcentaje y temperatura	2	30

	Inyectar directamente a la caldera los condensados de muy alta temperatura	2	31
	Evaluar la presión de bombas de agua de alimentación.	2	32
Aislamiento y fugas	Eliminación de grietas en mamparas, paredes y válvulas.	2	33
	Mejorar el aislamiento	2	34
Instrumentación y control	Calibración o modernización de los instrumentos	2	35
	Automatización del sistema de control (control distribuido o control remoto)	3	36
	Control de velocidad en bombas y ventiladores	3	37
	Dotar con analizadores de gases y otros instrumentos	2	38
Capacitación	Capacitación de personal	2	39
Equipos auxiliares o periféricos	Compuertas y capuchones para viento en chimenea	2	40
	Deflector de viento en ventilas del cuarto de calderas	1	41
	Instalación de sopladores de hollín	3	42
	Mejorar las condiciones del retorno de condensado.	2	43
Tuberías	Revisar dimensionamiento y disposición de tuberías	2	44
Contabilidad energética	Establecer los costos de producción de vapor	1	45
	Determinar el consumo específico de combustible	1	46
	Determinar eficiencia de operación	1	47

## **5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Para realizar el análisis económico, será necesaria la siguiente información recopilada previamente, la cual forma parte de las políticas financieras de la empresa.

### **Tasa de rentabilidad de la empresa sobre sus proyectos de inversión (%).**

La tasa de rendimiento esperada por la empresa en sus inversiones. Se puede considerar una tasa de interés a 28 días + 8 puntos.

### **Período máximo de recuperación de las inversiones.**

Se define como el tiempo máximo en el que una empresa amortiza sus proyectos de inversión. La evaluación se realizará para la vida útil de la medida de ahorro de energía en cuestión, y se determinará el período real de recuperación.

Además de los datos anteriores serán requeridos para cada medida de ahorro analizada los siguientes parámetros:

### **Inversión total**

Representa el costo global en soles de la implantación de la medida de ahorro: costo del equipo, instalación, pruebas y puesta en marcha.

### **Ahorro anual**

Monto anual en soles por concepto de la energía ahorrada.

**Criterios de rentabilidad:**

El valor presente neto debe ser mayor a 0.

La tasa interna de rendimiento debe ser mayor a la tasa de rentabilidad propuesta.

La relación beneficio/costo deber ser mayor a 1.

Si la medida de ahorro cumple con las condiciones anteriores, entonces es considerada rentable y se puede recomendar su aplicación.

**5.3. FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA****Valor Presente Neto**

$$VPN = \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+i)^n}$$

Donde:

VPN: Valor Presente Neto

F<sub>j</sub>: Flujo en el período j

n: Número de períodos

i: Tasa de rentabilidad

**Tasa Interna de Rendimiento**

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+TIR)^n}$$

Donde:

F<sub>j</sub>:: Flujo en el período j

n: Número de períodos

TIR: Tasa Interna de Retorno

### **Relación Beneficio - Costo**

$$\text{RELACION} = \frac{\text{VPNB}}{\text{VPNC}}$$

Donde:

VPNB: Valor Presente Neto de los Beneficios

VPNC: Valor Presente Neto de los Costos

$$\text{VPNB} = \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

VPNB: Valor Presente Neto de los Beneficios

$I_j$  : Ingreso en el período j

n: Número de períodos

i: Tasa de rentabilidad

$$\text{VPNC} = \sum_{j=0}^n \frac{E_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

VPNC: Valor Presente Neto de los Costos

$E_j$  : Egreso en el período j

n: Número de períodos

i: Tasa de rentabilidad

## **5.4. CÁLCULO DE LOS PRINCIPALES INDICADORES ECONÓMICOS**

### **5.4.1 Consumo de combustible para la Línea de Vapor**

El caldero pirotubular alimentará, en un principio, 5 vaporizadores.

El consumo mensual de combustible Residual 6 del caldero pirotubular, EFAMEIM de 125 BHP con una producción de vapor de 4313 lb/hr, es de 26.6 GPH y en Gas Natural es de 8 GPH haciendo un equivalente energético de combustible se prevé que si sólo se usara Gas Natural se obtendría un ahorro económico entre 30 y 40%, por relación de costo de combustible.

Adicional a este ahorro el consumo de Gas Natural significará menores costos de mantenimiento, menores tiempos de interrupción, eliminación de costos por stock de combustible y reducción de emisiones dañinas en un 90%.

La toma de mediciones de flujo, presión, temperatura y análisis de gases en forma periódica en el generador vapor, permitirá verificar que el caldero se encuentra dentro del rango de funcionamiento óptimo (75 a 80 %), de no ser así será necesario realizar una optimización de la combustión. El potencial de ahorro será hasta de 80 kJ/s.

En la línea del sistema de distribución de vapor se debe tomar la temperatura en la pared haciendo uso de termopares para superficies, líquidos y gases. Con un aislamiento adecuado el potencial de ahorro llega hasta 1,06 kJ/s.

Considerando que la caldera está proyectada para alimentar también a las zonas de tintorería, lavado y secado de prendas fabricadas. Se considera prudente instalar un solo cabezal de vapor que permitirá operar la caldera al 100% de capacidad.

#### **5.4.2 Cálculo del costo Anual del Aire comprimido**

El sistema de aire comprimido compuesto por tres compresores alimenta a cuatro limpiadores utilizados en el proceso de producción de Hitepima S.A.

Aproximadamente se necesitan ocho caballos de potencia eléctrica para obtener un caballo de potencia en el aire comprimido. Por lo que se hace necesario calcular el costo del aire comprimido en la planta para sustentar económicamente la aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente tendientes a mejorar la eficiencia energética del sistema.

Determinación del costo anual de la energía eléctrica utilizada para el aire comprimido en cualquier condición de carga.

Datos:

- La potencia del compresor (hp)
- El factor de conversión de hp a kW (0.746)
- Las horas de operación anual del equipo (hrs/año)
- El costo del kWh de la empresa (\$/kWh)
- El porcentaje de tiempo a plena carga o carga parcial

- El por-ciento de potencia (hp) a plena carga o carga parcial

El resultado de este producto se divide entre la eficiencia ( $\eta$ ) del motor eléctrico:

$$\text{Costo anual} = \frac{(hp)(0.746)\left(\frac{h}{\text{año}}\right)\left(\frac{\$}{kWh}\right)(\%t)(\%hp_{\text{Plena carga}})}{\eta_{\text{motor electrico}}}$$

Cálculo del volumen de aire producido anualmente por el sistema para cada limpiador:

- La potencia del compresor (hp)
- Los metros cúbicos de aire por minuto y por caballo ( $m^3 \text{ min/hp}$ )
- El total de horas de operación anuales (h/año)
- 60 minutos por hora (60 min/h)
- El por ciento de tiempo a plena carga
- El por ciento de potencia a plena carga

$$\text{Volumen anual} = (hp)\left(\frac{m^3}{\text{min} \times hp}\right)\left(\frac{60 \text{ min}}{h}\right)\left(\frac{h}{\text{año}}\right)(\%hp_{\text{Plena carga}})$$

Indicador del costo del aire comprimido para producir  $100 m^3$ .

Se divide el costo total anual de la energía utilizada en la operación del compresor entre el volumen de aire producido anualmente y se multiplica por 100:



$$\text{Costo } 100\text{m}^3 = \frac{\text{Costo de energía anual}(\$)}{\text{Aire producido anualmente}(\text{m}^3)} \times 100$$

Hay que tener en cuenta que en el periodo de vida de un compresor de aire, el costo de la energía eléctrica utilizada es entre 5 y 10 veces el costo de compra del compresor. Por lo que los ahorros de energía pueden hacer que se recupere rápidamente el capital extra necesario para la implementación de medidas de ahorro o el cambio del motor eléctrico por otro de alta eficiencia.

#### **5.4.2.1. Pérdida por Fugas**

Un sistema de distribución a 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión, operando 40 horas por semana con una fuga equivalente a un orificio de 6 mm de diámetro, pierde aproximadamente 2.8 m<sup>3</sup> de aire por minuto.

#### **5.4.2.2. Perdida por Presión del compresor**

Las pérdidas de presión en un sistema diseñado correctamente deben ser menores al 10% de la presión de descarga del compresor, determinada por un manómetro a la salida de éste.

Por cada 0.15 kg/cm<sup>2</sup> que se reduzca la presión de suministro del compresor, el costo de operación del sistema de aire comprimido se reducirá aproximadamente en 1.5%.

#### **5.4.2.3. Utilización de Demandas “extras”**

Una demanda extra se crea cuando a un equipo de uso final se le suministra aire a una presión mayor que la requerida. Si un equipo o servicio requiere una presión de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$ , pero se le suministran  $6.3 \text{ kg/cm}^2$ , se está usando aire comprimido en exceso. Utilice reguladores de presión en los puntos de uso final para minimizar las demandas extras.

#### **5.4.2.4. Mantenimiento correcto del Secador**

El mantenimiento incorrecto de este sistema implica un incremento del consumo de energía que puede ascender hasta un 30%.

## **CONCLUSIONES**

- 1) Las organizaciones manufactureras deben ser competitivas y ofrecer una entrega oportuna de productos de calidad. El mantenimiento como sistema tiene la función clave del logro de las metas y objetivos de la empresa, contribuyen a reducir los costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y contar con equipo confiable que sea seguro y esté bien configurado para lograr la entrega oportuna de las órdenes a los clientes.
- 2) Un sistema de mantenimiento juega un papel importante en minimizar el costo del ciclo de vida de los equipos.
- 3) Para alcanzar la tasa de rendimiento sobre la inversión que se ha fijado como meta, se deben maximizar la disponibilidad de la planta y la eficacia de los equipos.
- 4) La empresa tiene diferentes maquinarias de costura, tejido y sistemas de diseño que no han sido involucrados en el de programa de mantenimiento preventivo, motivo de esta Tesis, pero que sí estarán en el programa general.

- 5) La buena marcha de la línea de vapor, aire comprimido y del sistema eléctrico debe comprobarse con la toma de propiedades, utilizando la instrumentación adecuada y la evaluación correspondiente mediante el uso de las fórmulas correspondientes y las normas existente, tanto nacional, internacional o lo que recomienden los fabricantes.
- 6) Para el cálculo de la eficiencia energética del generador de vapor se ha hecho uso del “Código de pruebas para generadores de vapor ASME”, correspondiente a los métodos de pérdidas de calor y al de entradas y salidas.
- 7) Realizar un programa de mantenimiento permitirá evaluar cuantitativa y cualitativamente la energía que se transforma en el proceso de generación y distribución de vapor. Establecer la eficiencia de combustión, eficiencia térmica y eficiencia de generación.
- 8) La calidad del diagnóstico energético dependerá de la precisión, forma y condiciones en que las mediciones sean tomadas, por lo que habrá que cuidar que no exista una variación mayor al 5% entre lecturas, ya que de presentarse esta situación en una serie de lecturas, éstas deberán desecharse y repetirse hasta que las mediciones tengan la precisión necesaria.
- 9) Tener aire comprimido de buena calidad es importante para asegurar óptimos resultados en los procesos que requieren dicho servicio. Las características más importantes a tener en cuenta son: La cantidad de aceite que contiene el aire, la

cantidad de agua presente en el mismo, el punto de rocío y la cantidad de partículas extrañas contenidas en el aire.

- 10) Debido a que el aire comprimido puede ser peligroso si no se utiliza correctamente. La ejecución del programa de mantenimiento será realizado por personal debidamente entrenado.
- 11) Se debe tener en cuenta que la causa más grande de caída de presión son filtros saturados. En una línea de distribución bien diseñada es aceptable una caída del 10% de presión.
- 12) La responsabilidad por las instalaciones interiores de los locales industriales corresponde a los que realizan actividad en su interior, por lo que un programa de mantenimiento del sistema eléctrico es primordial.
- 13) Los componentes eléctricos a usarse deben cumplir con lo que establece la Norma Técnica Peruana (NTP) en cuanto a rigidez dieléctrica, resistencia de aislamiento y certificado de pruebas de funcionamiento prolongado.

## **BIBLIOGRAFIA**

American Society of Mechanical Engineers. Power Test Codes, Steam Generating Units.

Carl D. Shield, Calderas, Tipos, Características y Funciones. CECSA. 1982.

Keenan and Keyes, Thermodynamic Properties of steam. John Wiley & Sons, Inc. 1953.

De Lorenzi, Combustion Engineering. Combustion Engineering, Inc. 1947.

The Energy Conservation Center. Energy Conservation in Boiler.

Horacio C., Quiroz E. Redes de Aire Comprimido - Compendio de información para asignatura de Mantenimiento I. [Universidad Eafit](#), 2003.

Automatización Neumática – SMC Latina

Carnicer, E. Aire Comprimido [Teoría](#) y Cálculo de las Instalaciones. Ed.

Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1977. pág. 220

Pneumatic Handbook

Blanch, F. Curso de Neumática U.P.C

<http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/>

[http://air.irco.com/es/air\\_treatment.asp](http://air.irco.com/es/air_treatment.asp)

<http://www.mpa.es/productos/accesorios/aftercooler/afterco.htm>

<http://www.htfi.com.co/01.html>

Código Nacional de Electricidad Tomo 5. Ministerio de Energía y Minas.

Dirección General de Electricidad. Lima – Perú.

J.D. Campbell, uptime strategies for excellence in Maintenance Management.

**Kelly, Maintenance Planning and Control, Butterworth, London.**

**H.H. Martin, New Developments in Maintenance.**

**R.H. Clifton, Principles of Planned Maintenance.**

**R.E. Barlow and L.C. Hunter, “Optimum Preventive Maintenance Policies”.**

**T. Nagakawa, “Optimal Policies when Preventive Maintenance is Imperfect”;**

**IEEE Transactions and Reliability.**

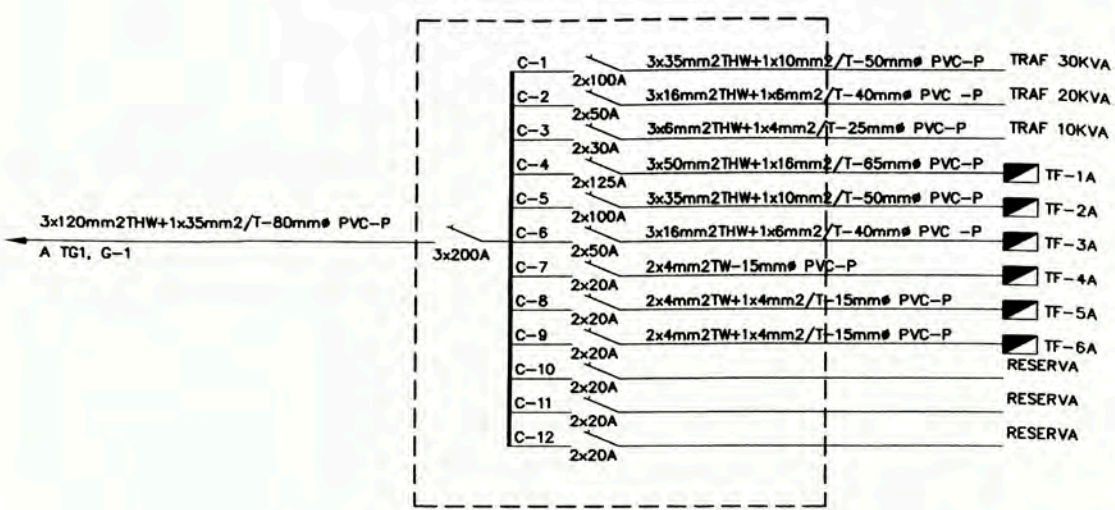
**Salh O. Duffuaa, A. Raouf, John Dixon Campbell. SISTEMAS DE**

**MANTENIMIENTO Planeación y Control.**



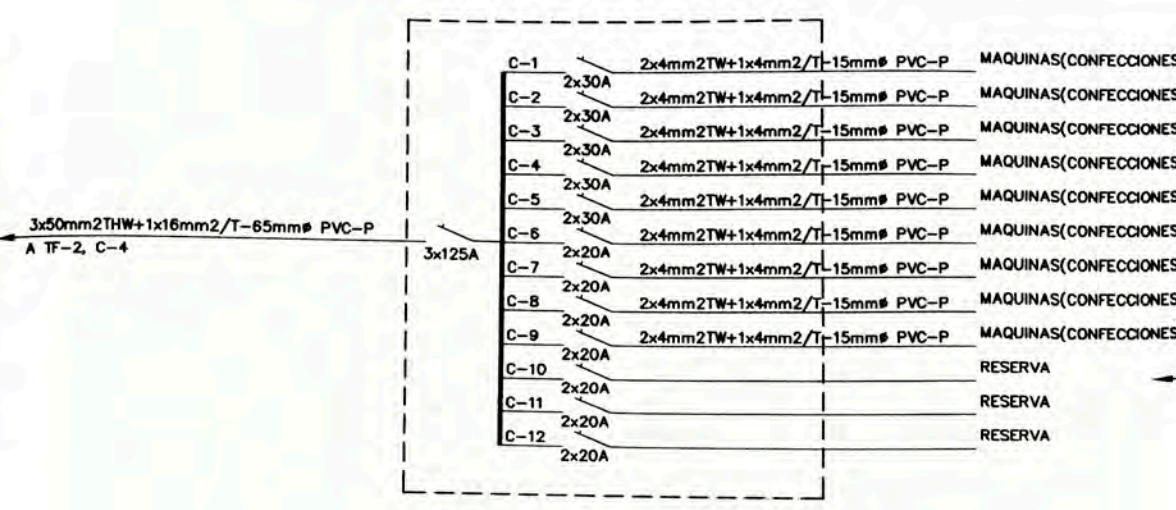
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-2)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



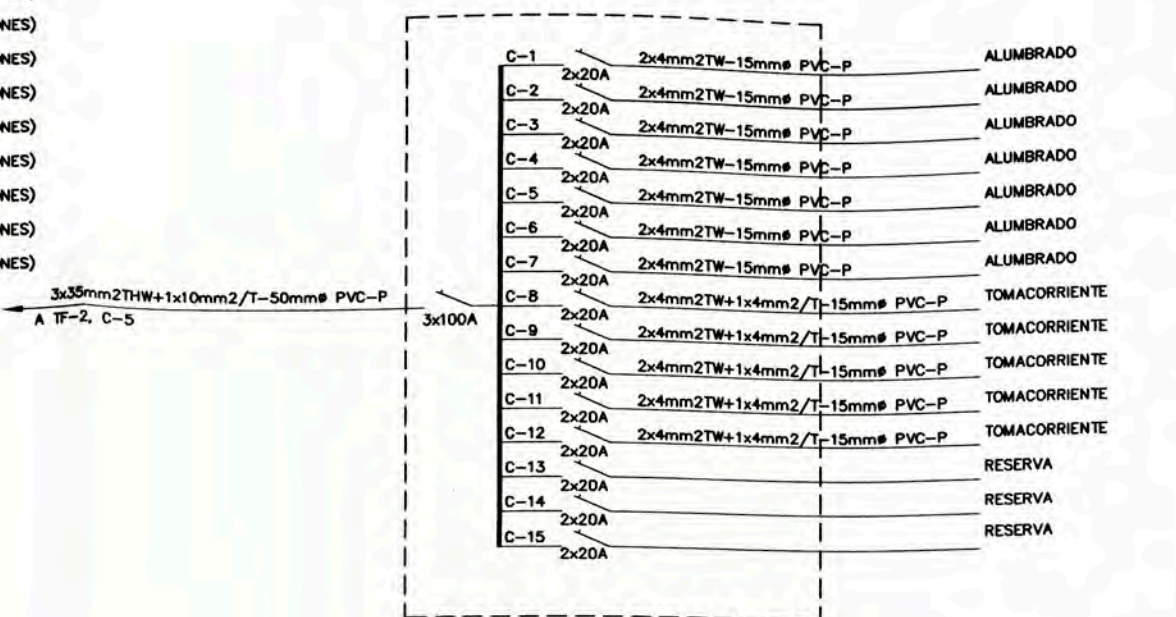
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-1A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



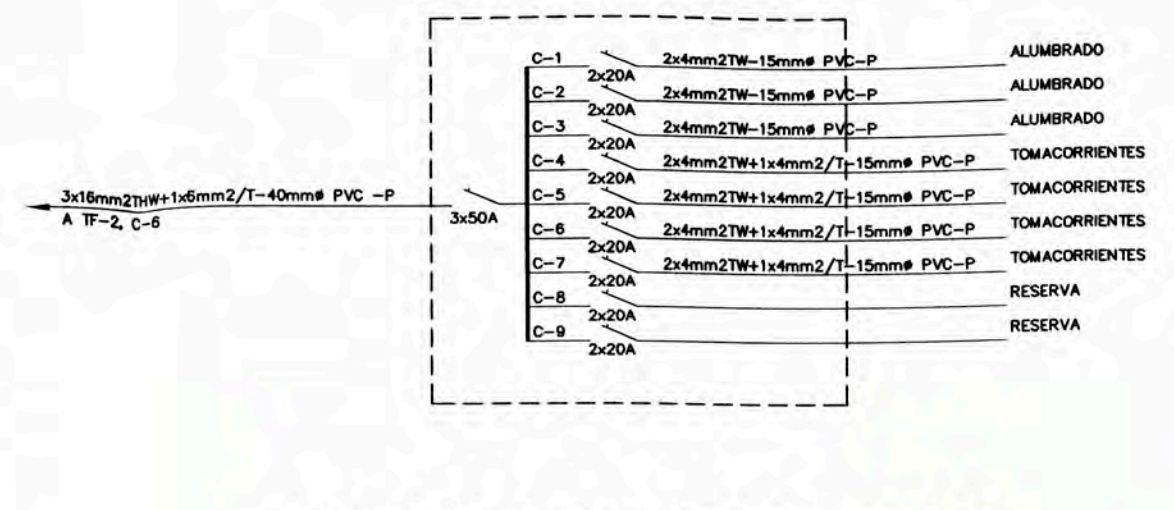
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-2A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



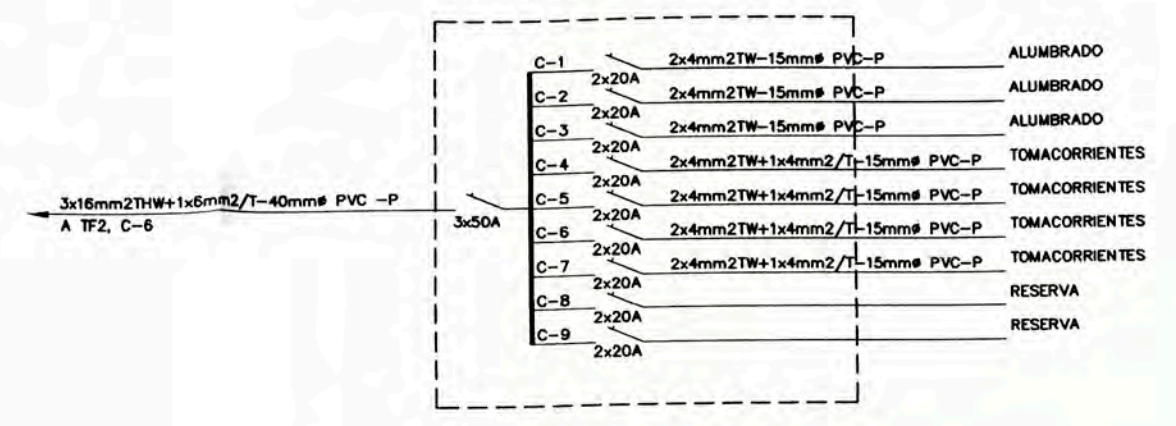
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-3A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



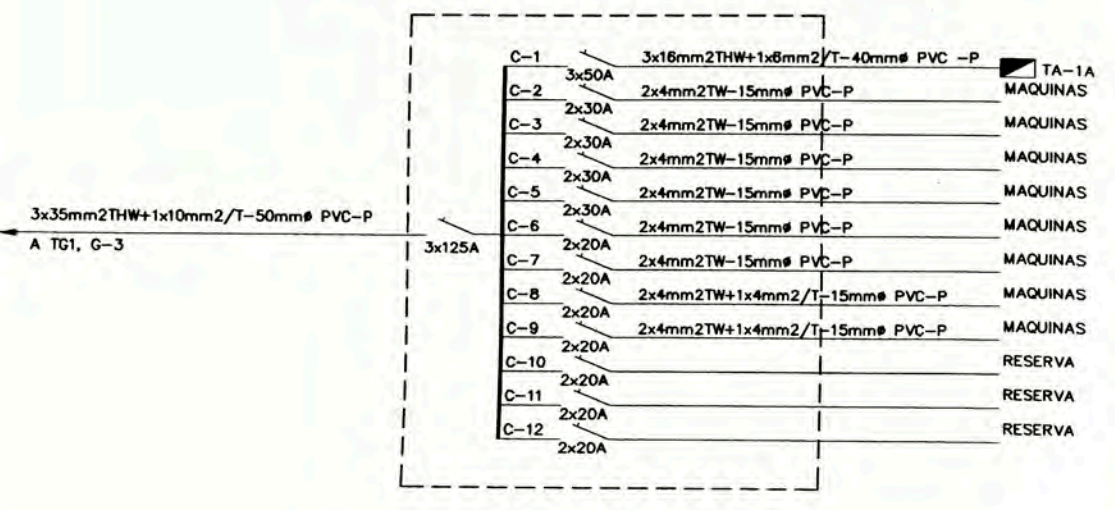
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-5A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



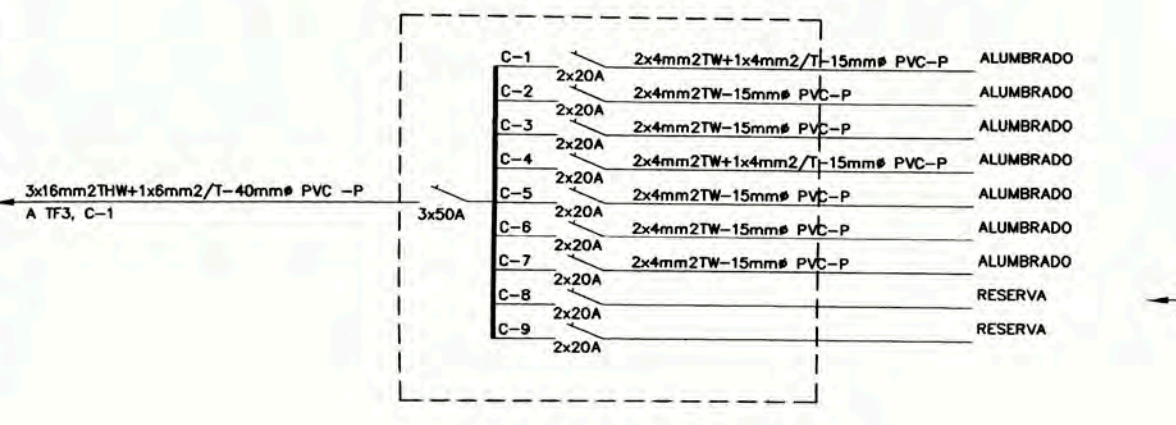
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF3)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



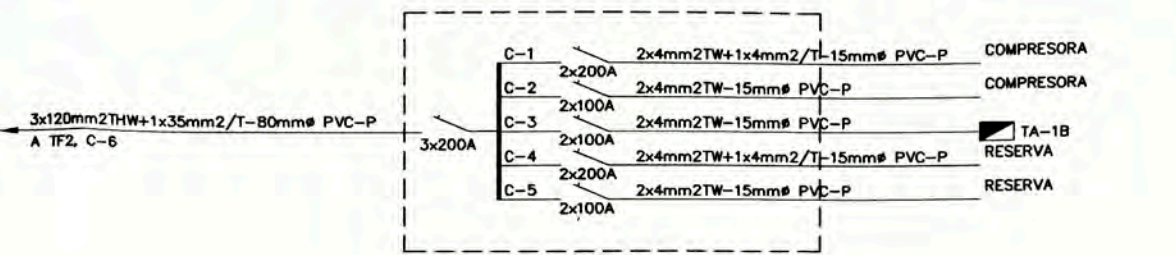
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-1A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



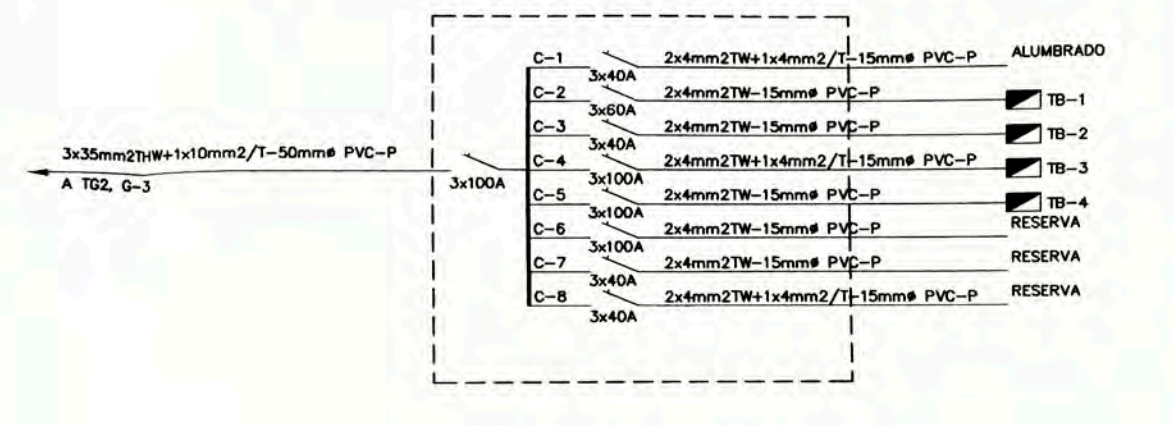
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-3)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



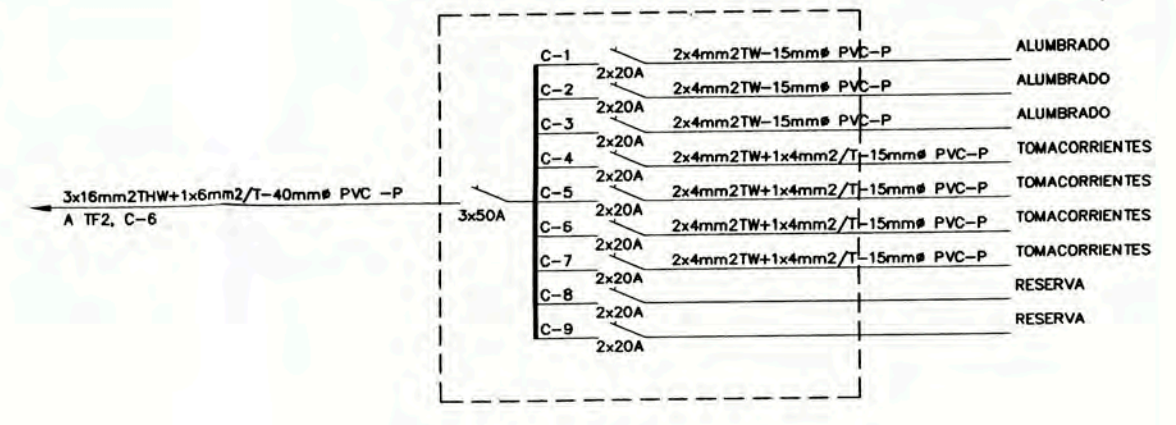
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-1B)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



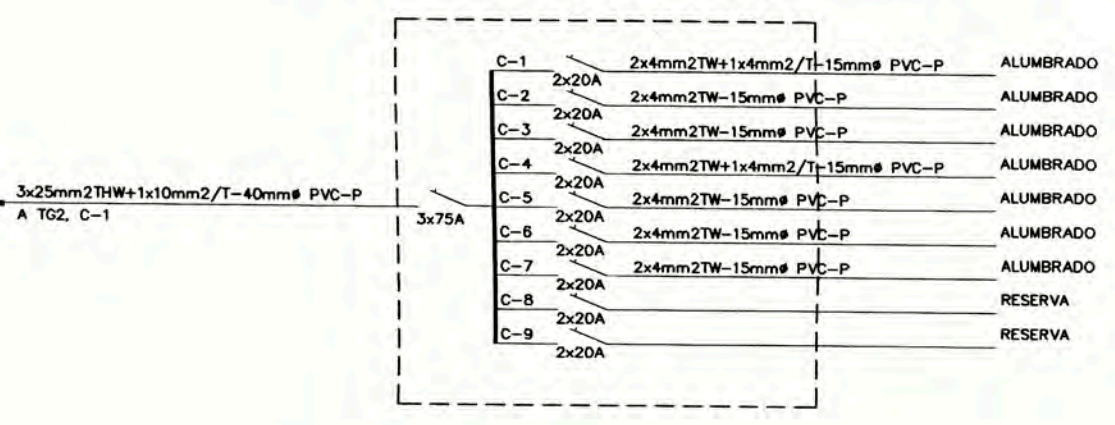
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-6A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



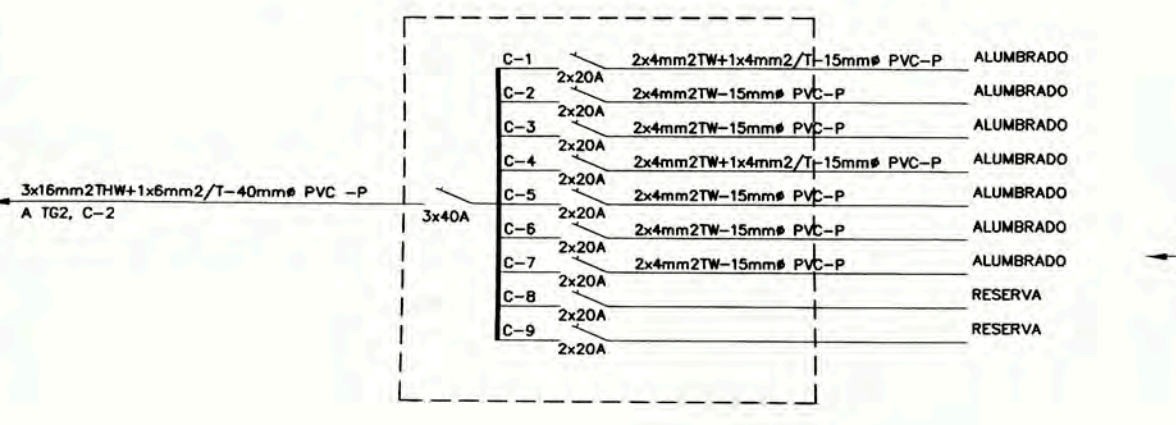
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-1)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



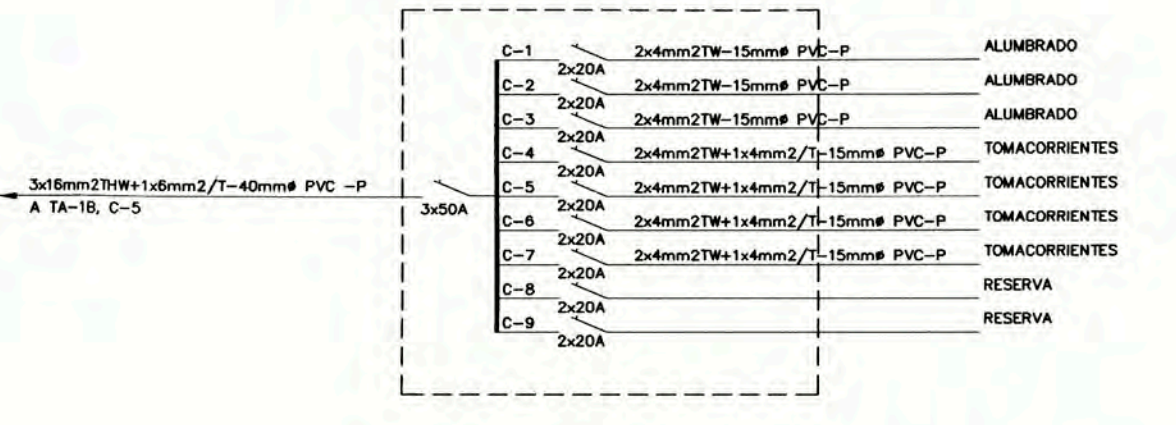
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-2)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



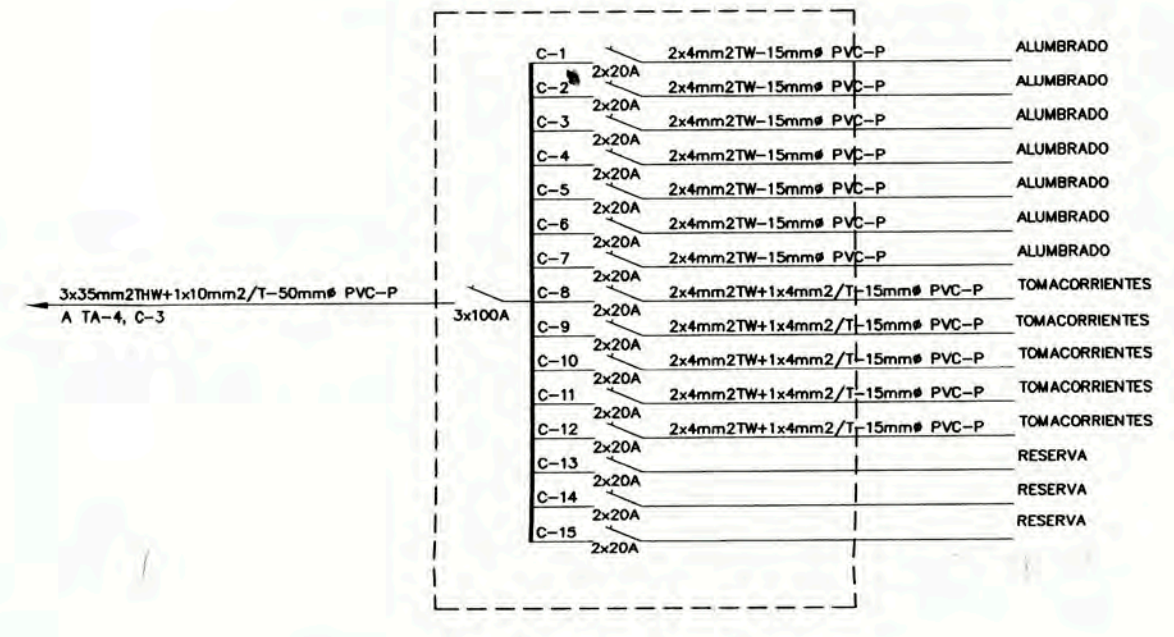
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TB-4)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



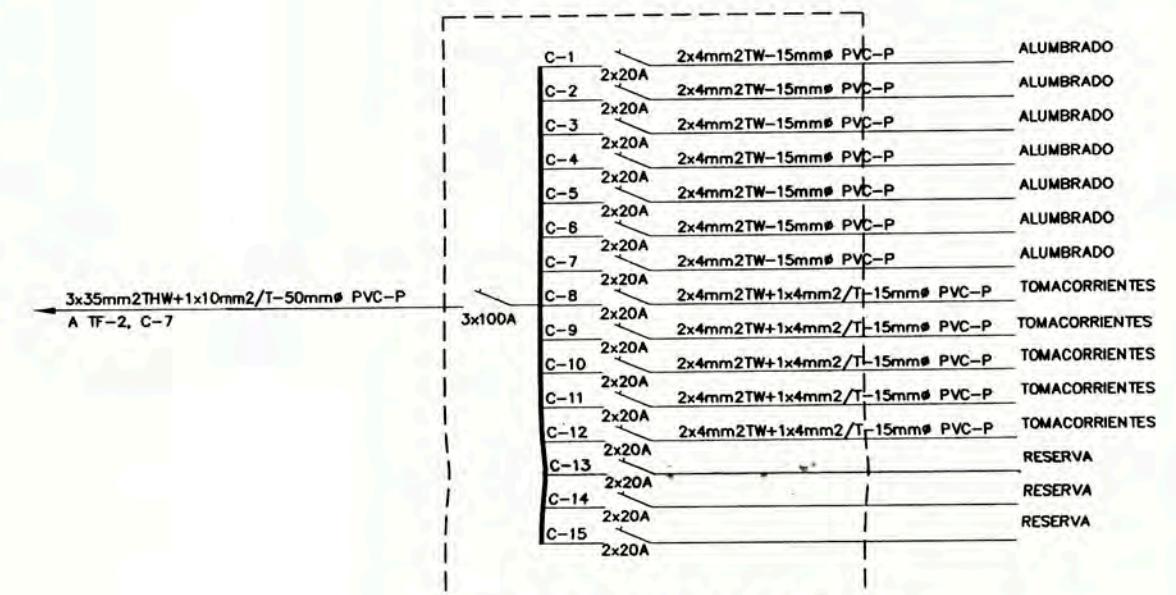
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TC-3)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



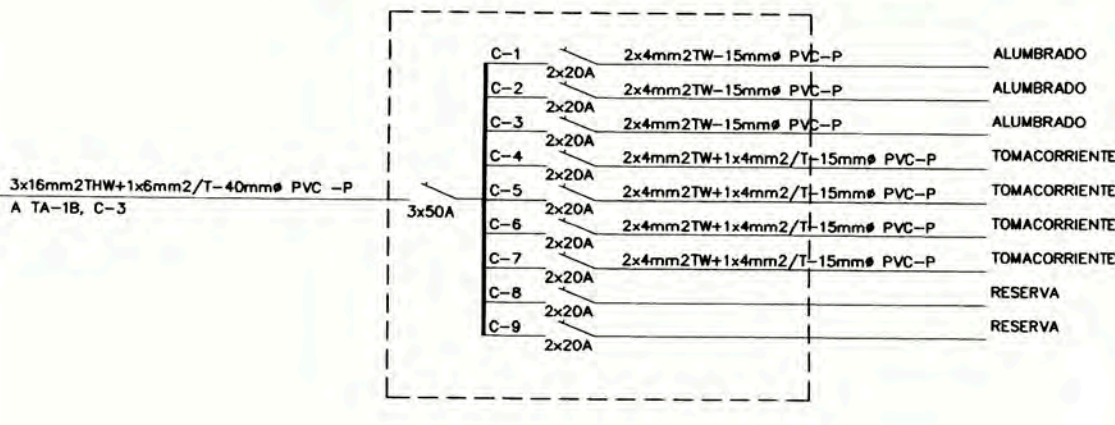
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TF-4A)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



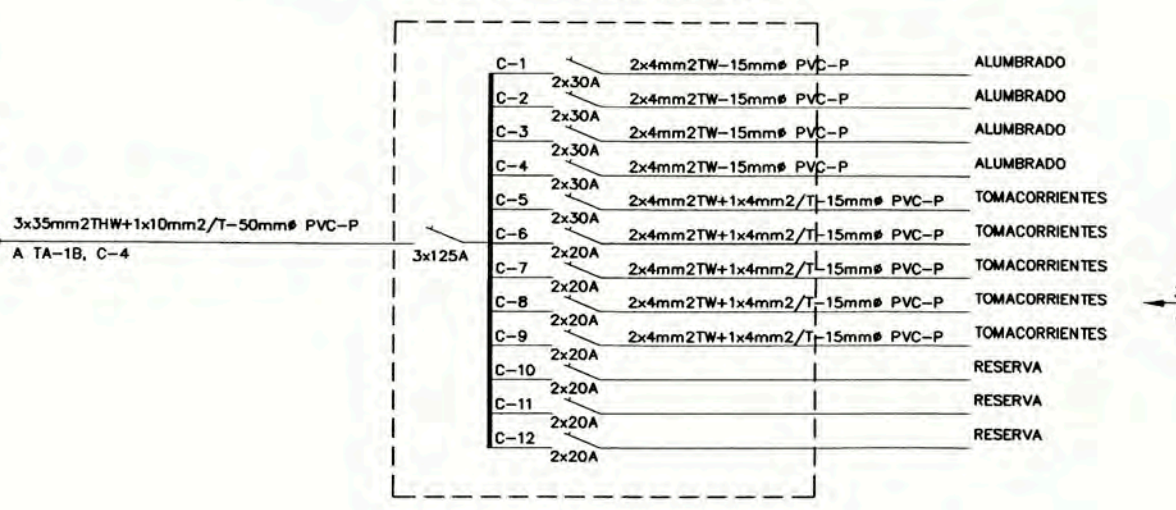
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TB-2)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



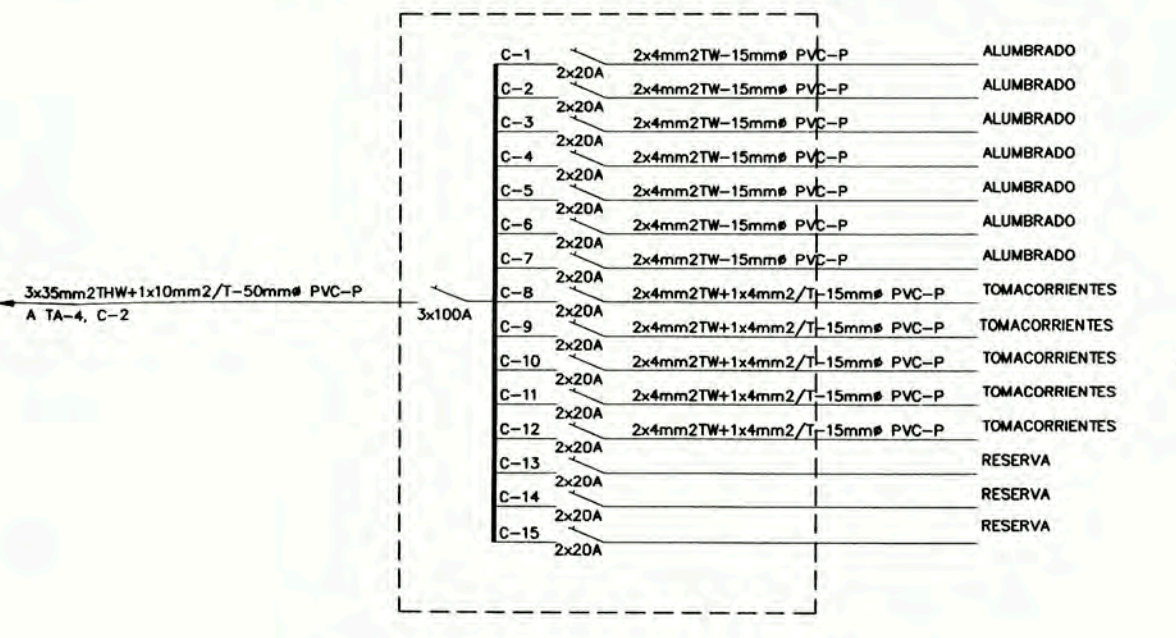
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TB-3)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



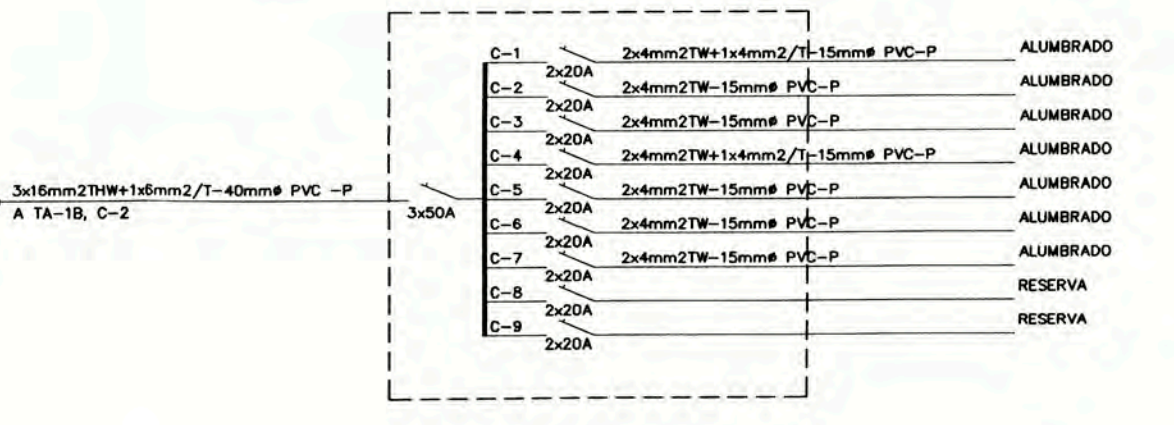
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TC-2)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



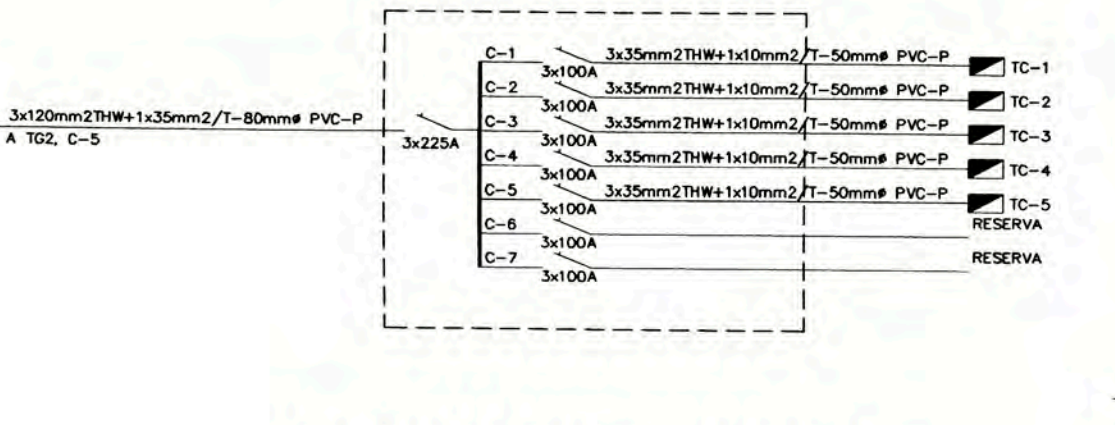
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TB-1)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



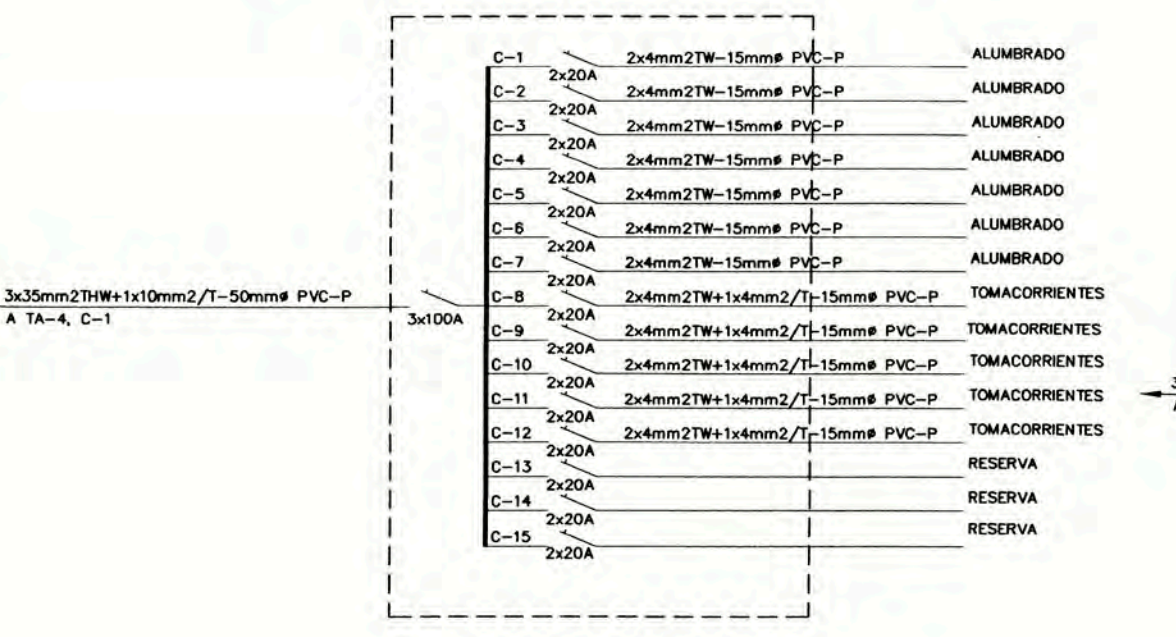
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-4)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



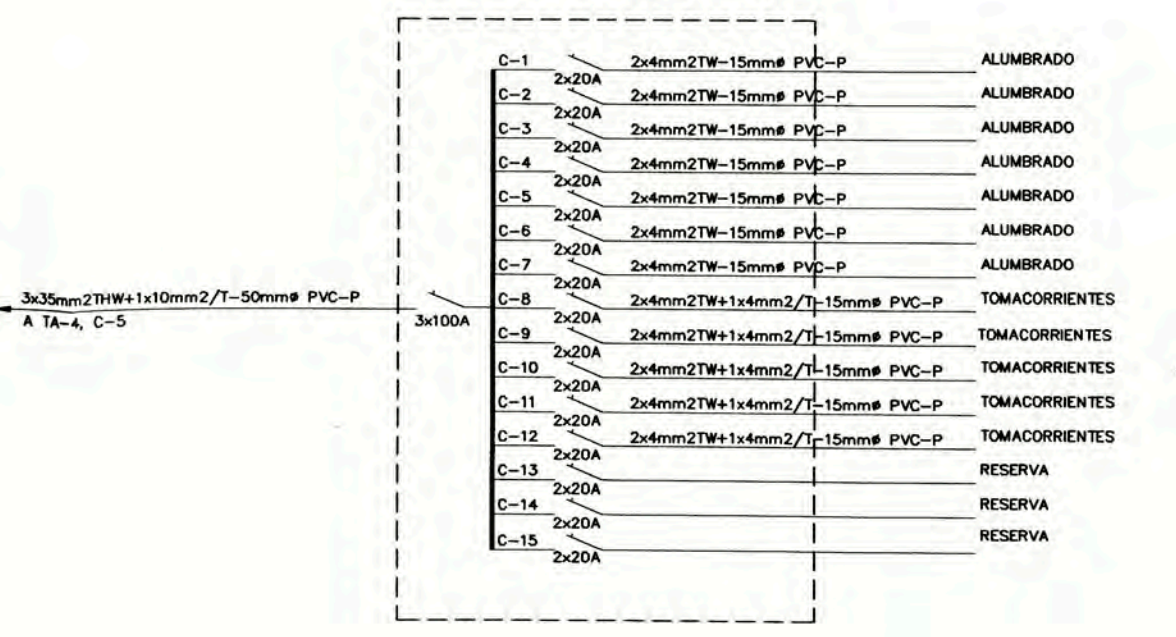
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TC-1)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



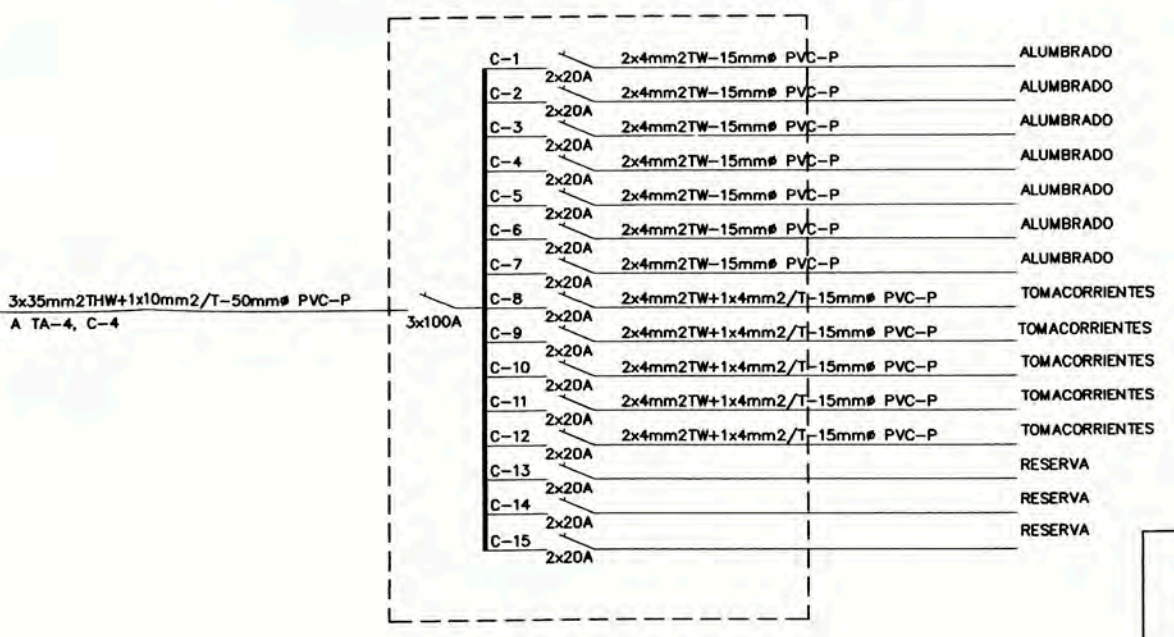
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TC-5)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



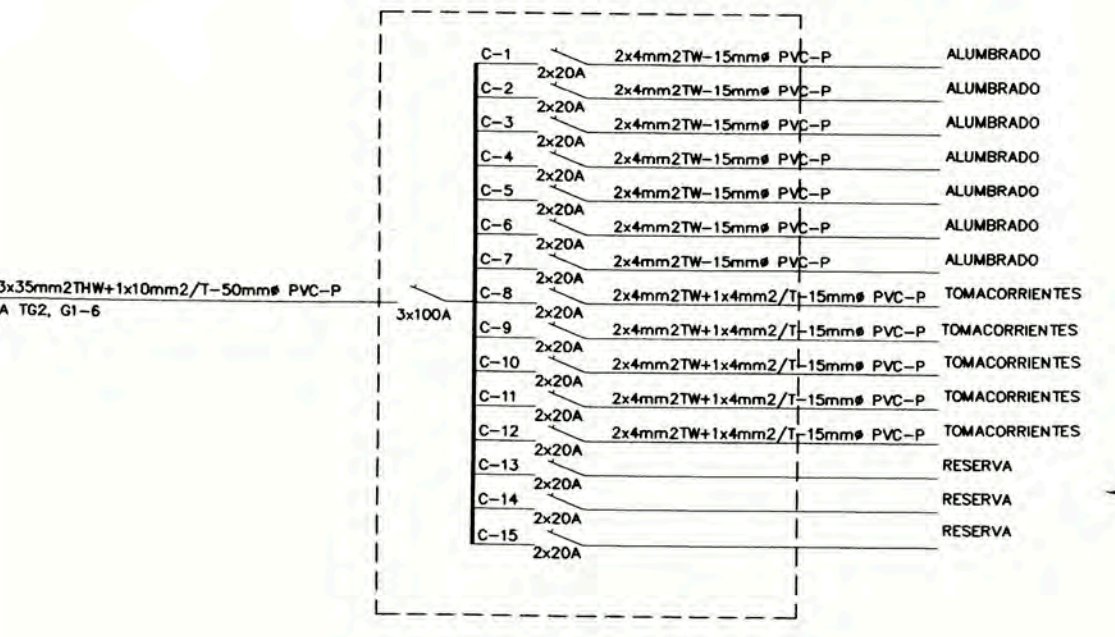
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TC-4)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



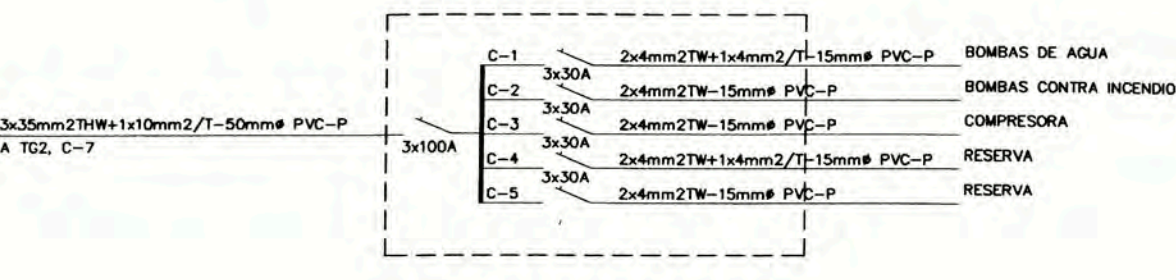
**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-5)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



**TABLERO DE DISTRIBUCION (TA-6)**

(TIPO EMPOTRADO, 10 KA, 240 V, 60 c/s)



**PLANTA INDUSTRIAL C.I.A. - HITEPIMA S.A.**

PROYECTO DE INGENIERIA:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS**

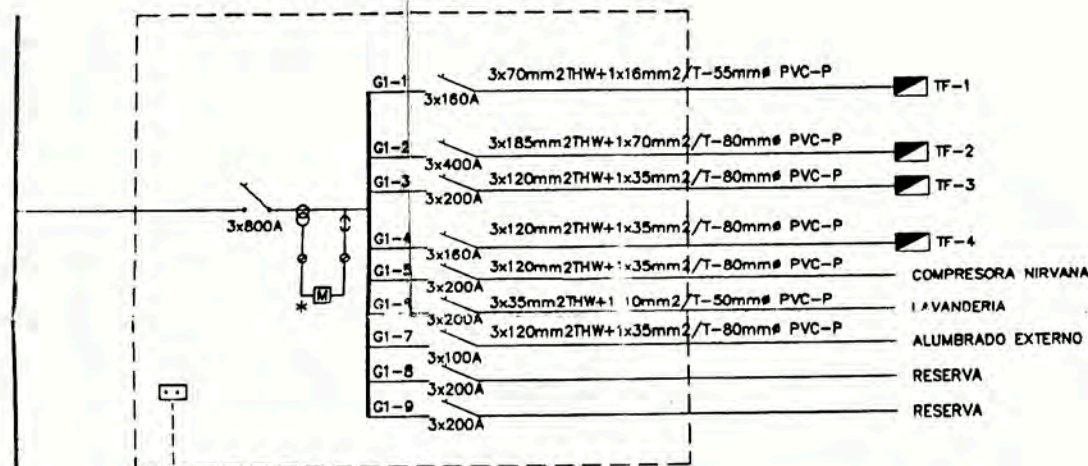
TITULO:  
**TABLEROS** PLANO N°:  
**IE-01**

FECHA: JULIO-2008 DIBUJO: B.C.H.C. REVISO: B.C.H.C. ESCALA: INDICADA REV.:



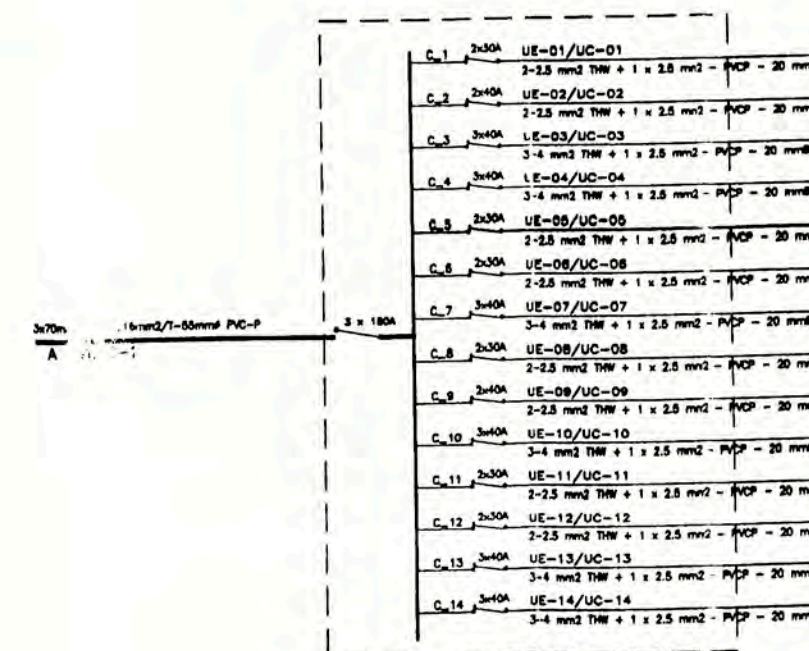
### TABLERO GENERAL "TG1"

(TIPO AUTOSOPORTADO, 42 KA, 240 V, 60 c/s)

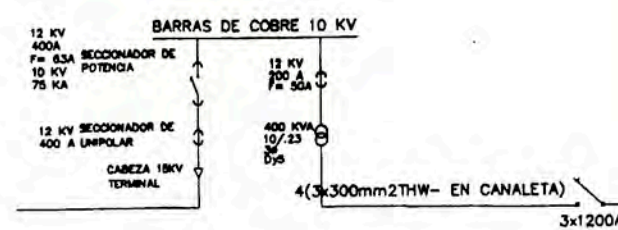
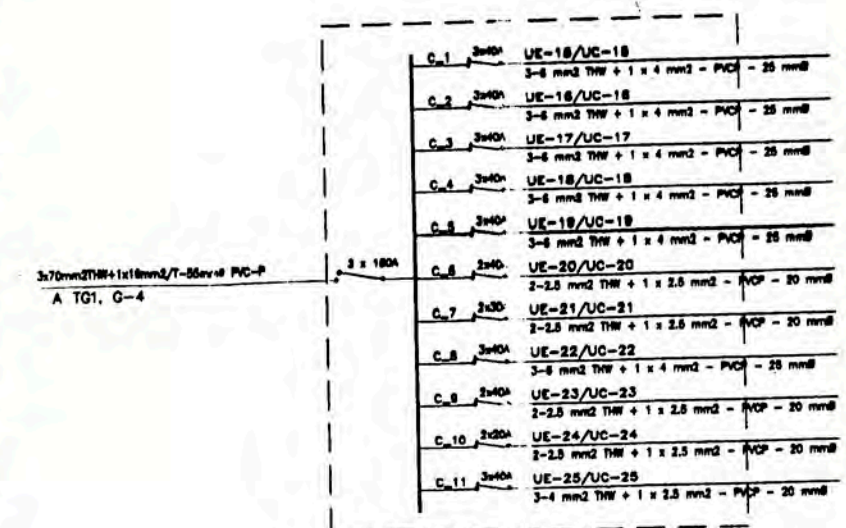


### DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

#### CONDENSADORES UBICADOS EN EL PRIMER PISO (TF-1)

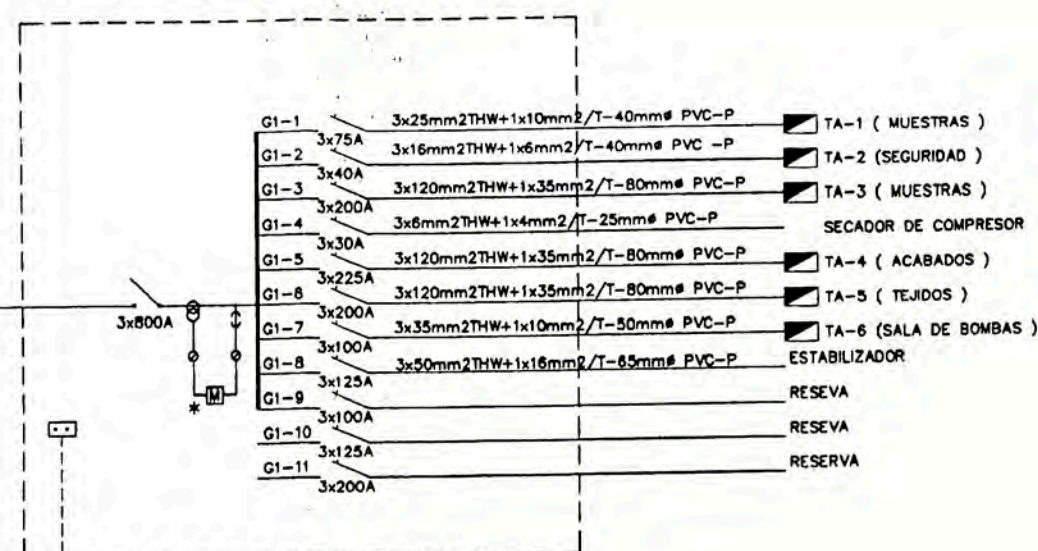


#### CONDENSADORES UBICADOS EN LA AZOTEA (TF-4)



### TABLERO GENERAL "TG2"

( TIPO AUTOSOPORTADO 42 KA, 240V, 60 C/S )



## PLANTA INDUSTRIAL C.I.A. - HITEPIMA S.A.

PROYECTO DE INGENIERIA:

### INSTALACIONES ELECTRICAS

TITULO:

**TABLEROS**

PLANO N°:

**IE-02**

FECHA : JULIO-2008

DIBUJO : B.CH.C

REVISO : B.CH.C

ESCALA : INDICADA

REV. :