



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**

---

**“SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO, APLICADO A LA  
CENTRAL TECNICA ESMERALDAS”**

***TESIS DE GRADO***

---

**Previa a la Obtención del Título de :**

**INGENIERO MECANICO**

**Presentada por:**

***Pipo Ignacio Henk Centeno***

**Guayaquil — Ecuador**

**\* 1.988 \***



**BIBLIOTECA**

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ricardo Cassis Martínez,  
Director de Tesis, por su valiosa  
ayuda y colaboración en la consecución de esta obra.

Al Ing. Raúl Barcia Flores, por su  
ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

Al Personal Técnico y Administrativo  
de la Central Térmica Esmeraldas, y  
en especial a su Sección Mecánica,  
por la valiosa colaboración que me  
prestaron durante la consecución de  
este trabajo.

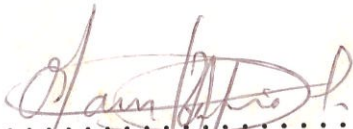
A mis PADRES, por el constante apoyo  
y estímulo que significaron para mi  
superación.

A mis HERMANOS, por el respaldo que  
me brindaron.

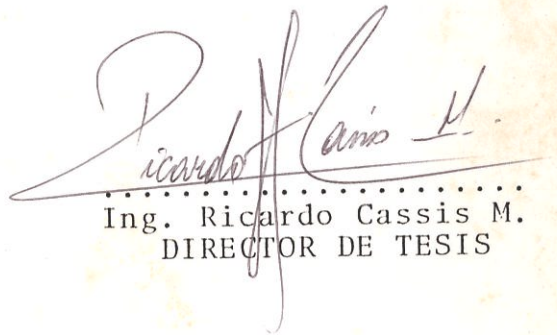


## DEDICATORIA

A la constancia,  
la responsabilidad,  
la disciplina y  
la honestidad.  
Aleados de la superación



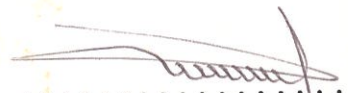
.....  
Ing. Marco Tapia Q.  
SUB-DECANO DE LA FACULTAD  
INGENIERIA MECANICA



.....  
Ing. Ricardo Cassis M.  
DIRECTOR DE TESIS



.....  
Ing. Francisco Andrade S.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Rafael Drouet C.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACION EXPRESA



BIBLIOTECA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

.....  
PIPO IGNACIO HENK CENTENO

## RESUMEN

Esta tesis es el producto de la cooperación económica y técnica de dos entidades que tienden al desarrollo de nuestro país, como son el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

La tesis se basa en el desarrollo de un sistema de mantenimiento programado (Mecánico), en una Planta térmica movida a vapor. El modelo que se toma es una unidad de 125 MW de generación, ubicada en la provincia de Esmeraldas, con el nombre de "Central Térmica Esmeraldas", perteneciente a INECEL.

En el Capítulo I, se comienza analizando los conceptos del Mantenimiento Industrial y sus métodos de mantenimiento que actualmente se usan en la industria.

En el Capítulo II, se hace una descripción completa de los principales componentes de la Central Térmica Esmeraldas, sus procesos y sistemas, la distribución de su instalación y su estructura administrativa, con

el propósito de tener una idea cabal de su funcionamiento y construcción. Además, se hace una descripción íntegra de su sistema mecánico, que es la base de este estudio.

En el Capítulo III, se da una relación de la organización actual del mantenimiento mecánico de esta Planta, tanto en su estructura administrativa como en la dirección del servicio de reparación y mantenimiento, se incluye la planeación y herramientas de planeación, sistema de trabajo e información, lubricación, bodega y taller, análisis estadístico y económico del costo de las paralizaciones y por último la incidencia del costo de mantenimiento en las operaciones de Planta. Todos estos parámetros nos servirán para plantear un sistema de mantenimiento que convenga a los intereses de esta Central.

En el Capítulo IV, se hace la descripción del sistema de mantenimiento propuesto, basado en estudios históricos y actuales de cada uno de los equipos y sus componentes auxiliares, al que se lo denomina "Sistema de Mantenimiento Programado"; su nombre "programado" se debe a que los trabajos de mantenimiento han sido planificados previamente. Este capítulo se convierte por tanto en la parte fundamental del sistema en esta Tesis; se elabora una programación por



etapas, con lineamientos y características particulares. El sistema propuesto tiene su justificación técnica y económica, basada en el alto costo de la maquinaria instalada, alto costo y dificultad de adquisición de repuestos, el incremento salarial frecuente, el mejor aprovechamiento de las horas-hombres y los niveles de producción cada vez exigentes. Es importante procurar que se produzcan la menor cantidad de fallas posibles, de esta manera el mantenimiento programado rendirá los beneficios antes que la paralización sea necesaria. Las falencias o fallas en la parte técnica, originan normalmente los costos directos e indirectos, que hay que tratar de minimizarlos.

Finalmente, en el Capítulo V, se propone la organización del departamento mecánico, con su estructura administrativa y descripción de cargos directivos. El objetivo de esta acción es establecer las funciones y responsabilidades de cada una de las personas involucradas dentro de la organización del mantenimiento propuesta aquí. Se indican además las herramientas de planeación y ejecución del mantenimiento, necesarias para establecer una consistencia sólida y funcional del sistema programado, previa una asignación lógica de cada actividad. Posteriormente se canaliza e introduce el sistema en las operaciones de la



Central, mediante cronogramas de avance y evaluación de los resultados por etapas. Al terminar el capítulo se hacen las recomendaciones y sugerencias inherentes a mejorar el bienestar de esta Central Térmica y del Instituto.

## INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN . . . . .	VI
INDICE GENERAL . . . . .	X
INDICE DE DIAGRAMAS . . . . .	XIV
INTRODUCCION . . . . .	17
I. FUNDAMENTOS TEORICOS . . . . .	20
1.1 Objetivos de la ingeniería de manteni <u>i</u>	
miento . . . . .	20
1.1.1 Conceptos de la ingeniería de	
mantenimiento . . . . .	20
1.1.2 Alcance de la ingeniería de man <u>u</u>	
tenimiento . . . . .	22
1.1.3 Funciones generales administrati <u>i</u>	
vos del Departamento de Ingenie-	
ría de Mantenimiento . . . . .	23
1.2 Análisis de los métodos de mantenimien-	
to . . . . .	29
II. CENTRAL TERMICA ESMERALDAS . . . . .	36
2.1 Descripción de la Central Térmica Esme-	
raldas . . . . .	36
2.1.1 Antecedentes . . . . .	36
2.1.2 Principios del proceso . . . . .	37
2.1.3 Obras civiles . . . . .	38
2.1.4 Obras mecánicas . . . . .	43



2.1.5	Obras eléctricas . . . . .	46
2.1.6	Sistemas de control y auxiliares . . . . .	47
2.2	Estructura de su organización económica y administrativa . . . . .	49
2.2.1	Estructura de su organización <u>ad</u> ministrativa . . . . .	49
2.2.2	Estructura de su organización e- conómica . . . . .	49
2.3	Descripción de equipos y procesos . . . . .	55
2.3.1	Descripción equipos generación de vapor (caldero) . . . . .	56
2.3.2	Descripción equipos del turbo- generador . . . . .	61
2.3.3	Descripción equipos ciclo térmi- co . . . . .	67
2.3.4	Descripción equipos auxiliares . . . . .	72
2.3.5	Descripción de los procesos . . . . .	81
2.4	Areas de distribución de la instalación y distribución de los equipos por siste <u>mas</u> . . . . .	94
2.4.1	Areas de distribución de la ins- talación . . . . .	94
2.4.2	Distribución de los equipos por sistemas . . . . .	97

III. ORGANIZACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LA	
CENTRAL TERMICA ESMERALDAS . . . .	109
3.1 Estructura orgánica del Departamento	
de mantenimiento . . . . .	109
3.2 Dirección del servicio de reparación y	
mantenimiento . . . . .	109
3.2.1 Planeamiento . . . . .	109
3.2.2 Herramientas de planeación y eje	
jución del mantenimiento . . . .	111
3.2.3 Sistema de trabajo y flujo de in	
formación . . . . .	112
3.2.4 Movimiento y control del taller	
y bodega . . . . .	113
3.2.5 Lubricación y sus resultados es	
tadísticos en la prevención de	
las paralizaciones de máquinas	119
3.2.6 Análisis estadístico y económico	
del costo de paralizaciones atri	
buidas a deficiencias del siste	
ma actual de mantenimiento . . .	121
3.2.7 Incidencia del costo de manteni	
miento mecánico en el movimiento	
económico de la Planta . . . .	135
IV. SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO . . .	142

4.1	Descripción del sistema de mantenimien <u>to</u>	
	propuesto . . . . .	142
4.1.1	Lineamientos generales . . . . .	142
4.1.2	Descripción de la primera etapa . . . . .	145
4.1.3	Descripción de la segunda etapa . . . . .	149
4.1.4	Descripción de la tercera etapa . . . . .	159
4.2	Justificación técnica y económica del sistema de mantenimiento propuesto . . . . .	168
4.3	Elaboración del programa de mantenimien <u>to</u> por etapas . . . . .	172
V.	ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIEN <u>TO</u> E INTRODUCCION DEL SISTEMA EN LAS OPERACIONES DE LA PLANTA . . . . .	186
5.1	Organización del Departamento de Mantenimiento . . . . .	186
5.1.1	Estructura orgánica propuesta . . . . .	187
5.1.2	Descripción de cargos directivos . . . . .	188
5.1.3	Herramientas para la planificación y ejecución del mantenimien <u>to</u> . . . . .	206
5.2	Introducción del sistema en las operaciones de la Planta . . . . .	212
5.2.1	Cronogramas de avance por etapas . . . . .	212
5.2.2	Métodos de evaluación de resulta <u>dos</u> por etapas . . . . .	212
	RECOMENDACIONES . . . . .	231
	BIBLIOGRAFIA . . . . .	237

## INDICE DE DIAGRAMAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
2.1	DISPOSICION GENERAL DEL CICLO TERMODINAMI CO CTE . . . . .	39
2.2	CICLO TERMODINAMICO DE RANHINE DE LA CTE	40
2.3	ORGANIGRAMA GENERAL DOSNI Y CTE Y LA ORGA NIZACION ADMINISTRATIVA DE LA CTE . . .	50
2.4	PROCESO FLUJO AIRE-GASES DE COMBUSTION	83
2.5	PROCESO FLUJO AGUA-VAPOR (CALDERO) . . .	84
2.6	DISPOSICION SOPLADORES DE HOLLIN LIMPIEZA EXTERIOR TUBOS DE CALDERO . . . . .	85
2.7	PROCESO DE TRANSFERENCIA Y SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE . . . . .	86
2.8	PROCESO AGUA DE CIRCULACION . . . . .	87
2.9	PROCESO DEL CICLO (AGUA-VAPOR) . . . . .	88
2.10	PROCESO LUBRICACION TURBO-GENERADOR . . .	89
2.11	PROCESO TRATAMIENTO, POTABILIZACION Y DES MINERALIZACION DE AGUA . . . . .	90
2.12	PROCESO DE TRATAMIENTO Y CIRCULACION DE AGUAS DE SERVICIOS . . . . .	91
2.13	PROCESO FLUJO CONTRA INCENDIO . . . . .	92
2.14	PROCESO AIRE COMPRIMIDO PARA INSTRUMENTOS Y SERVICIOS . . . . .	93
2.15	DISPOSICION GENERAL DISTRIBUCION DE LA INSTALACION CTE . . . . .	95



<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
3.1	ORGANIGRAMA ACTUAL DE LA SECCION MANTENI MIENTO MECANICO . . . . .	110
3.2	MOVIMIENTO Y CONTROL DEL TALLER . . . . .	115
3.3	MOVIMIENTO Y CONTROL DE BODEGA . . . . .	117
3.4	INCIDENCIA ECONOMICA DE LA FALLA BOMBA CIRCULACION AGUA Nº 1 . . . . .	131
3.5	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO SECCION MECANICA DEL AÑO 1983 . . . . .	139
3.6	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO SECCION MECANICA DEL AÑO 1985 . . . . .	140
4.1	FORMATO DE CONTROL DE EQUIPO . . . . .	174
4.2	FORMATO DE HISTORIA DEL EQUIPO . . . . .	175
4.3	FORMATO DEL PROGRAMA ANUAL (MANTENIMIENTO PROGRAMADO) . . . . .	176
4.4	FORMATO DEL PROGRAMA MENSUAL (MANTENIMIEN TO PROGRAMADO Y CORRECTIVO) . . . . .	177
4.5	FORMATO DEL PROGRAMA DE LUBRICACION . . . . .	178
4.6	FORMATO DEL SERVICIO DE LUBRICACION E INS PECCION . . . . .	179
4.7	FORMATO DEL OVERHAUL GENERAL (PARADA MA- YOR) . . . . .	180
4.8	FORMATO ORDEN DE TRABAJO (MANTENIMIENTO 1)	181
4.9	FORMATO ORDEN Y REPORTE DE TRABAJO (MANTE NIMIENTO 2 Y 3) . . . . .	182

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
4.10	FORMATO INFORME DE MANTENIMIENTO PROGRA- MADO . . . . .	183
4.11	FORMATO INFORME DE MANTENIMIENTO CORRECTI- VO Y ADICIONALES . . . . .	184
4.12	FORMATO INFORME DE LOS COSTOS DE MANTENI- MIENTO . . . . .	185
5.1	ORGANIGRAMA PROPUESTO DE LA SECCION DE MANTENIMIENTO MECANICO . . . . .	189
5.2	CRONOGRAMAS DE AVANCE POR ETAPAS . . . . .	213
5.3	FACTORES QUE AFECTAN AL COSTO OPTIMO DE MANTENIMIENTO . . . . .	217
5.4	EVALUACION DE CONFIABILIDAD DE CUATRO FACTORES . . . . .	229
5.5	REGLAS DE INSPECCION VISUAL BOMBA AGUA DE ALIMENTO	230



BIBLIOTECA

## INTRODUCCION

El mundo industrializado busca constantemente optimizar la producción y sus beneficios; y para conseguir lo anterior se ha visto obligado a mejorar los sistemas de mantenimiento, por cuanto la incidencia de los Costos Directos e Indirectos del mantenimiento causan una variación considerable en el precio y la calidad del producto final.

El objetivo del presente trabajo es investigar y sugerir un eficiente sistema de mantenimiento que se adapte a las características y necesidades de una Planta Térmica específica. Para ello es necesario emplear métodos de trabajo de acuerdo con las exigencias de la técnica moderna, que tiendan a mejorar la distribución del tiempo empleado en las actividades, evitar en lo posible las paralizaciones o semiparalizaciones de los equipos, de manera que la producción sea más efectiva y por ende alcanzar el objetivo fundamental que es la optimización de los costos de mantenimiento.

Esta es una obra producto de la cooperación socioeconómica y técnico-industrial; entre dos instituciones como son el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) que contribuyen al desarrollo de nuestro país, y se benefician

ambas partes a través de una de sus Unidades Termoeléctricas y un miembro de este Centro de Educación Superior respectivamente, la obra en mención es una Tesis -trabajo- que parte del Estudio y análisis del sistema de mantenimiento actual (en su sección mecánica) que rige en esta Central, lo que permite poseer los elementos de juicio necesarios, para proceder a ratificar o rectificar según lo requiera, en base de lo que debe ser un Sistema de Mantenimiento Técnico y científicamente comprobado.

La Planta en mención es una unidad de 125 MW de generación movida a vapor, ubicada en la provincia de Esmeraldas, con el nombre de "Central Térmica Esmeraldas" (CTE) perteneciente a INECEL.

Para llevar a cabo lo enunciado anteriormente, se plantea un sistema de mantenimiento, que se lo denomina "Sistema de Mantenimiento Programado", que se lo elabora de acuerdo con las necesidades y características propias de esta Central, entre estas características podemos señalar su estructura orgánica, distribución de instalación, historia de equipos, edad, política administrativa y financiera del Instituto (INECEL) que cobija a esta Central (CTE) además de su organización, política de producción y personal.



El estudio de los diferentes métodos de trabajo, la descripción de la Central (CTE) y la historia de los equipos en especial (en su sección Mecánica), permite en unos casos programar y en otros reprogramar las actividades a efectuarse en los equipos y sus partes complementarias, que a su vez están agrupados en sistemas, con la finalidad de satisfacer su conservación en sí, para luego evaluar los resultados a alcanzarse en un futuro no muy lejano y de esta manera lograr el objetivo deseado.

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS TEORICOS

#### 1.1 OBJETIVOS DE LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

##### 1.1.1 CONCEPTOS DE LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

La ingeniería de mantenimiento se ocupa de la solución de los problemas de conservación de las instalaciones de la Planta, bajo el objetivo de obtener una mejor eficiencia o un mínimo costo.

La justificación de la ingeniería de mantenimiento es tan importante cuanto sirve para a asegurar la disponibilidad inmediata de máquinas, edificios y servicios, que necesitan otros departamentos de la organización para desarrollar sus funciones, a una tasa óptima de rendimiento sobre la inversión ya sea que esta inversión se encuentre en maquinaria, en materiales o en recursos humanos.

La función de mantenimiento debe considerarse como parte



integrada e importante de la organización, que permite ejecutar todas las operaciones de planta.

Son múltiples y variables las concepciones sobre mantenimiento, lo cual origina confusiones en su interpretación y aplicación; ante esta verdad se cree conveniente puntualizar dos definiciones para aclarar su significado y alcances.

- Mantenimiento, es el conjunto de medidas o acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, bajo el objetivo de conservar el servicio para el cual ha sido diseñado.
- Mantenimiento, es la actividad dirigida a conservar la calidad y eficiencia del servicio que prestan las máquinas, equipos, instalaciones, plantas y edificios para mantenerlas en condiciones operativas, seguras y rentables.

### 1.1.2 ALCANCE DE LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO.

El alcance de las actividades de un departamento de Ingeniería de Mantenimiento es diferente en cada Planta y se encuentra influido por el tamaño de la misma, por el tipo, por la política de la compañía, por los antecedentes de la empresa y de la rama industrial siendo posible agrupar estas actividades en dos funciones generales :

#### a) FUNCIONES PRIMARIAS :

La mayor parte de las cuales abarcan su justificación dentro del departamento de Ingeniería y son:

- Mantenimiento de equipos existente en la planta.
- Mantenimiento de los edificios e infraestructura.
- Distribución de equipos.
- Asistencia en proyectos.

b) FUNCIONES SECUNDARIAS :

Son las cuales, debido a la experiencia, conocimiento técnico, antecedentes y otros factores se delegan al grupo de Ingeniería de mantenimiento y son :

- Almacenamiento.
- Seguridad Industrial.
- Disposición de desechos industriales.
- Administración de seguros.
- Eliminación de la contaminación y control de ruidos.

*Funciones*  
1.1.3 ~~OBJETIVOS~~ GENERALES ADMINISTRATIVOS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO.

Las funciones administrativas de este departamento están encaminadas a planificar, organizar, ejecutar y controlar todas las labores de mantenimiento necesarias para el funcionamiento de la empresa y las describimos de la siguiente manera :

a) PLANEACION :

La planeación contiene políticas, objetivos, métodos, programas y presupuestos (costos).

Se debe establecer el objetivo del departamento que será el conservar en condiciones seguras, eficientes y económicas todas las operaciones que prestan las máquinas, instalaciones y edificios y servicios auxiliares.

Con las políticas se establecen las normas para la organización o reestructuración de este departamento, bajo las cuales se delinearán métodos y programas y su posterior evaluación de costos. Se estudian todas las funciones a desarrollar para agruparlas y diseñar el organigrama del departamento.

b) ORGANIZACION :

La organización define posiciones, autoridad y responsabilidades. Organizar es estructurar y dar forma a un complejo previamente.

mente planeado, disponiendo de los recursos de la empresa (hombres, máquinas, mate  
riales, etc.).

Organizar significa definir labores en cada posición. En mantenimiento como en otras funciones la "responsabilidad" no pue  
de delegarse sólo se comparte, siendo la comprensión cabal de este término parte fun  
damental para el funcionamiento de la orga  
nización del mantenimiento.

#### c) EJECUCION :

Para la ejecución existen cuatro factores básicos como son : Motivación, comunicación, dirección y coordinación. Ejecutar significa poner por obra una cosa, desde el punto de vista administrativo podemos decir que la ejecución es un acto de liderazgo (gerencia, supervisión). De ahí que debe considerarse que todo administrativo debe tener conocimiento y aptitudes para crear en sus hombres el interés, el deseo de progreso, el amor al trabajo, etc.





BIBLIOTECA

El hecho de crear un ambiente motivador en una empresa no es un acto esporádico, ni es una simple arenga en caso determinado, sino un trabajo constante y delicado del gerente o supervisor, que exige un planeamiento cuidadoso.

El significado de "comunicación" es de tener correspondencia unas personas o cosas con otras. La comunicación debe ser recíproca y para que esto se efectúe se necesita un transmisor, un receptor y un procedimiento adecuado (palabra, escritura, ademanes). El transmisor es el responsable que la comunicación se logre porque tendrá que tomar en cuenta los siguientes factores:

- Dar una idea clara y precisa de lo que quiere comunicar.
- Escoger el lenguaje adecuado para él o las personas receptoras lo comprendan.
- Observar si la respuesta del receptor a corto y largo plazo es la esperada y de acuerdo con lo comunicado.



El administrador debe conocer a fondo sus responsabilidades. Las órdenes, instrucciones o reglas deben ser dadas al personal atendiendo los principios de motivación y comunicación antes discutidas, a fin de que el administrador actúe como guía, orientando o impulsando a sus subordinados en una forma adecuada. Para propiciar una buena dirección debe existir la unidad de mando con el objeto que las órdenes emanen hacia una sola dirección.

La disciplina es necesaria en todos los actos de la vida. Otros de los puntos esenciales de la ejecución es lograr que los esfuerzos del grupo estén sincronizados y adecuados en tiempo, cantidad y dirección, a esto se llama "coordinación".

d) CONTROL :

El control es la comprobación de las personas o artefactos que están llevando a cabo lo planeado, con o sin desviaciones a la norma predeterminada. Para facilitar el control es necesario atender los siguien-

tes factores : medir, comparar, analizar y corregir.

- MEDIR.- Durante cualquier proceso (administrativo, operacional) se medirán los resultados obtenidos en los elementos de control, previamente escogidos, anotándose los datos del proceso y dando a conocer éstos a las personas más idóneas.
- COMPARAR.- Con lo anterior se estará en capacidad de comparar dichos resultados con las normas establecidas y conocer si existen variaciones de importancia con respecto a éstas.
- ANALIZAR.- Las variaciones escogidas deben ser analizadas con el fin de conocer claramente el por qué de las mismas; muchas veces será necesario revisar los métodos, procedimientos y mostrarán donde fracasaron o acertaron las acciones del personal.
- CORREGIR.- Basándose en el diagnóstico obtenido por el análisis, se aplicará el correctivo necesario tomando en cuenta

que éste debe eliminar la causa y no corregir el defecto.

## 1.2 ANALISIS DE LOS METODOS DE MANTENIMIENTO

Los métodos indican la manera de hacer una labor específica. Cuando se quiere mejorar un procedimiento es necesario estudiar cada uno de sus métodos, a fin de sustituirlos o modificarlos; esta operación corresponde a la Ingeniería de métodos y es la que precisamente lo que hace posible la simplificación del trabajo de cualquier tipo, sea éste de administración, de mantenimiento o de producción (operación).

En realidad existen muchos métodos de mantenimiento que se circunscriben y se emplean de acuerdo a la rama industrial, tamaño de la planta, políticas administrativas y de producción, así como también del tiempo, dinero y tipo de industria que requiere un servicio de mantenimiento.

De ahí que analizaremos los más convenientes e importantes, que hoy en día se aplican en la industria y estos son los siguientes métodos :

- Mantenimiento Progresivo
- Mantenimiento Periódico.
- Mantenimiento Periódico y Progresivo.
- Mantenimiento Sintomático.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Correctivo.

Cabe recalcar que la descripción de los métodos se lo hará, de una manera muy somera y basada en los principios y filosofía de cada uno de ellos.

a) MANTENIMIENTO PROGRESIVO :

Este método de mantenimiento es usado especialmente cuando se desea eliminar el tiempo muerto entre reparaciones. Se entiende por tiempo muerto, el tiempo que el equipo está fuera de servicio debido a fallas o reparaciones.

En el mantenimiento progresivo no es todo el servicio al equipo, sino que subdivide racionalmente en partes para irle dando al equipo el servicio en forma progresiva. Hay que procurar aprovechar el tiempo en que el equipo esté ocioso para desarmar, limpiar, inspeccionar, reparar y realizar el



mantenimiento. Una vez que está subdividido, se da una orden a seguir para el mantenimiento y deberá estar basada en las siguientes razones :

- Frecuencias de fallas del componente :

Se deberá atender primero y con más frecuencia al componente que más probabilidad tenga de fallar, por recomendaciones del fabricante debe ser observadas para efectuar su mantenimiento con más frecuencia, es generalmente el componente que tiene menor vida útil, en todo el equipo.

Es de mucha ayuda una lista con el tiempo de vida útil de cada componente porque ésta determinará el tiempo entre fallas y por lo tanto el orden de realizar el mantenimiento progresivo. Otra ventaja que se obtiene, es el que se encuentra los puntos débiles del equipo y se permite hacer un pedido de repuestos basado en el número de fallas del componente.

- La manera que están dispuestos o armados los diferentes componentes de un equipo, influye en el orden en que estos realizarán el mantenimiento preventivo.



- Se recomienda intercambiar piezas y para ello se puede ir sacando una por una y cambiando con una de repuesto para seguir haciendo funcionar el equipo.

b) MANTENIMIENTO PERIODICO :

La prioridad en el suministro del servicio que proporciona una maquinaria, es tan grande para ciertas empresas, que es necesario reducir al mínimo la presencia de fallas imprevistas; esto se logra generalmente duplicando el equipo y dándole mantenimiento a todo el conjunto simultáneamente después de ciertas horas trabajadas, sin importar si causa la presencia de fallas o no.

El mantenimiento periódico considera que la probabilidad de cambios en las características físicas de los componentes de una maquinaria en particular, se incrementa a partir de cierto número de horas de trabajo y deberá cambiar determinadas piezas sin importar su estado, inspeccionar otras y proceder conforme el análisis de ellas, limpiar, lubricar, etc. Ejemplo muy característico de este tipo de mantenimiento, es el dado a los aviones que son detenidos a tierra, después de cier-

tas horas de vuelo desarmarlo, haciendo cambio de partes aun cuando éstas se encuentran sin falla.

La atención de equipo en el mantenimiento periódico no causa menoscabo en la calidad del servicio proporcionado, ya que otra máquina de las mismas características se hace cargo de esta.

Se debe tomar muy en cuenta que ciertos componentes del equipo requerirán servicio de mantenimiento en un tiempo más corto que otros, para así programar mejor.

#### c) MANTENIMIENTO PERIODICO Y PROGRESIVO :

Es una combinación del mantenimiento periódico y progresivo, en éste se efectúan algunos trabajos periódicos al equipo bajo calendario, después de ciertas horas de funcionamiento, pero en forma progresiva, ya que se aprovechan tiempos ociosos para que con la prioridad establecida, se realicen los cambios de piezas, lubricación, inspecciones, etc.

d) MANTENIMIENTO SINTOMATICO :

Labores enfocadas al arreglo de fallas detectadas por medio del estudio de los síntomas observados en el funcionamiento del equipo, donde se usan datos obtenidos por medio de instrumentos como: termómetros, manómetros, medidores de nivel, observación visual y auditiva, que detectan temperaturas anormales, ruidos, resquebrajaduras, escape de fluídos, consumo anormal, presiones anormales, etc. Así como también por el producto elaborado al momento de efectuar el control de calidad.

Si se usan estos datos obtenidos para determinar cuando se deberá reparar al equipo o parte de él para evitar fallas serias, no se producirán fallas imprevistas, que eran imposible de evitar con los métodos anteriores, no será pues necesario, estar desarmado constantemente el equipo para inspeccionarlo, dándole por lo tanto un mayor tiempo de operación.

e) MANTENIMIENTO PREDICTIVO :

Son aquellos trabajos ejecutados en una máquina, basados en los síntomas y fallas anteriores que

ésta ha tenido y que son registrados a través de las órdenes de trabajo y programas de inspecciones. Esto hace suponer que si la maquinaria muestra síntomas ya conocidos, ésta va a presentar una falla como alguna de las registradas anteriormente.

f) MANTENIMIENTO CORRECTIVO :

El mantenimiento correctivo sin ser lo más aconsejable para mantener la filosofía de trabajo de una Empresa, sin embargo por cuestiones económicas o por falta de adoctrinamiento técnico es generalmente usado en casi todas las industrias. El mantenimiento correctivo no es otra cosa que la corrección o reparación de las averías o daños que sufre una maquinaria cuando no es llevado un plan de mantenimiento preventivo o cuando por azares de la naturaleza misma de trabajo de la maquinaria ésta sufre desperfectos en un momento imprevisto.



## CAPITULO II

### CENTRAL TERMICA ESMERALDAS

#### 2.1 DESCRIPCION DE LA CENTRAL TERMICA "ESMERALDAS"

##### 2.1.1 ANTECEDENTES

Con la construcción de esta Central, la más grande en su género en el Ecuador se incrementará en 125 mil Kilovatios (KW) de potencia neta, la capacidad energética del país.

La ejecución de esta obra, de importancia Nacional, se inicia con la firma del respectivo contrato entre la Compañía Italiana GIE y el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), documento suscrito el 18 de septiembre de 1978.

La Central está ubicada en la zona nor-occidental del País, en la provincia de Esmeraldas, principal beneficiaria de esta obra de INECEL, que contribuirá igualmente a satisfacer requerimientos de la energía en toda la nación, a través del Sistema Nacional Interconectado (SNI).





Una obra de gran magnitud, como queda anotado, el concurso de varias firmas que trabajaron bajo la coordinación y supervisión del Instituto Ecuatoriano de Electrificación.

### 2.1.2 PRINCIPIOS DEL PROCESO

Una Central térmica a vapor (convencional), se basa en el ciclo térmico de Rankine, que utiliza el agua como fluido térmico para el funcionamiento de turbinas, y en algunos casos de equipos auxiliares como turbo-bombas, turbo-compresores, etc.

El vapor necesario para la generación eléctrica se produce en las calderas, quemando ya sea carbón, combustibles líquidos (diesel, fuel oil) o gases (metano), o sea que la energía térmica acumulada en el combustible se transfiere al agua, adquiriendo esta energía cinética y de presión, la cual se transforma en trabajo al girar la turbina y esta a su vez arrastra al generador, el cual produce la energía eléctrica. Como se podrá ver las Centrales Térmicas a vapor comprenden tres partes constitutivas esenciales:

- Generador de vapor
- Turbo-generador
- Ciclo Térmico y Auxiliares de Planta.

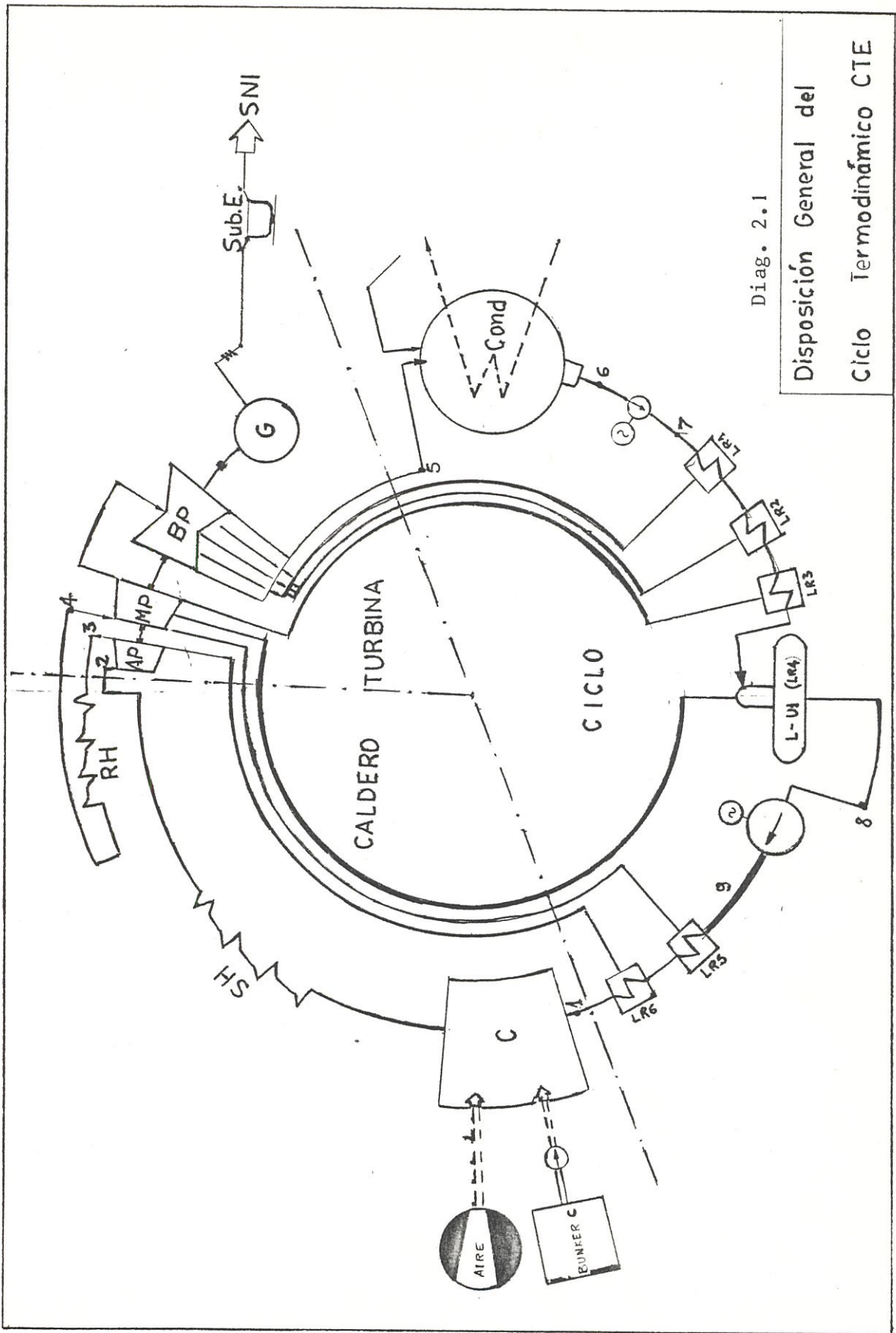
Los intercambios o transferencias de energía se realizan utilizando tres clases de sistemas principales y algunos auxiliares :

- Sistema de combustión.
- Sistema de agua-vapor.
- Sistema eléctrico.
- Sistemas auxiliares.

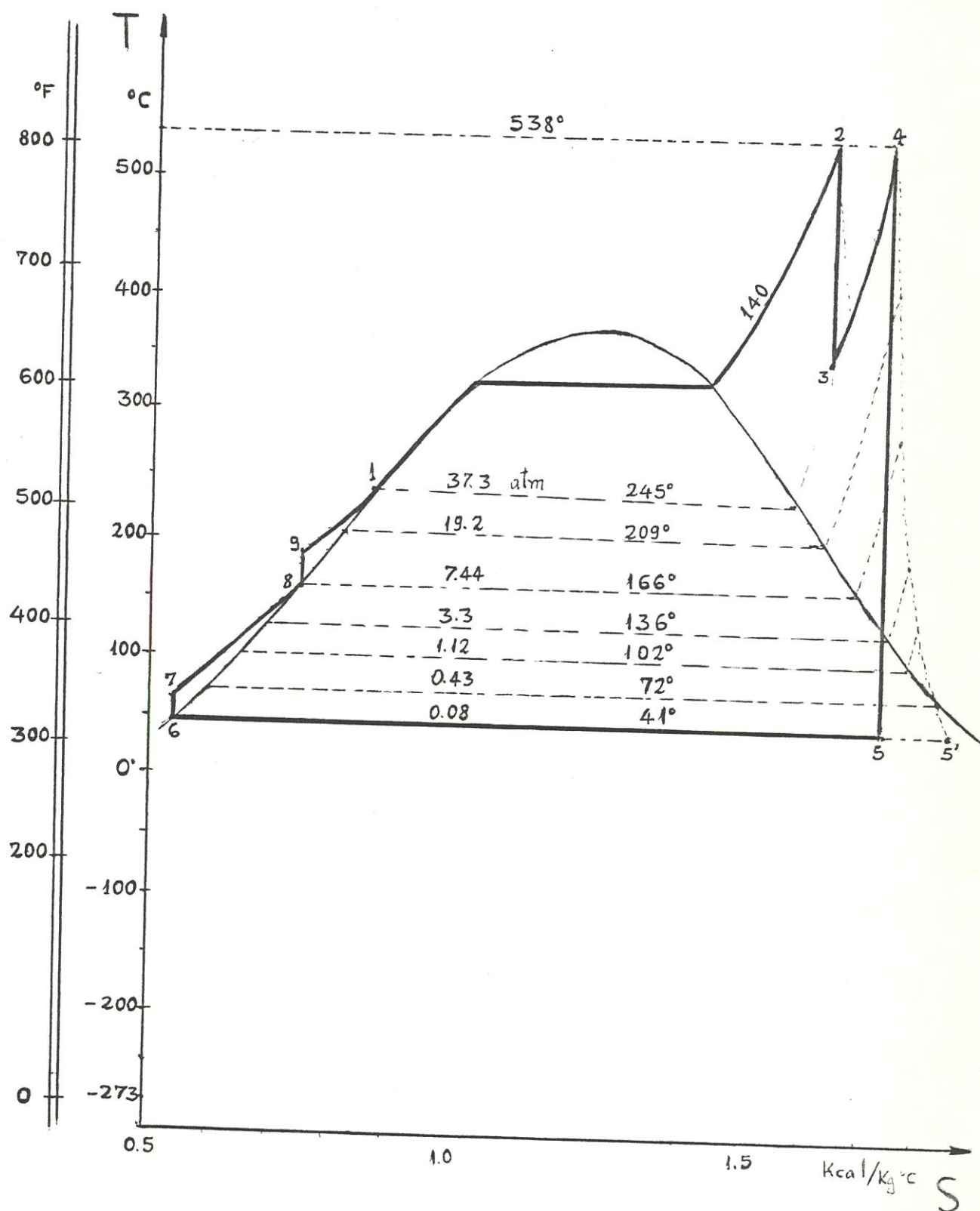
Con la finalidad de visualizar de una mejor manera los principios del proceso se muestra una disposición general de los equipos que conforman el ciclo termodinámico de esta Central Termoeléctrica a vapor (véase Diag. N° 2.1). Además el Diag. N° 2.2 presenta el gráfico T vs S, del ciclo Termodinámico de Rankine.

### 2.1.3 OBRAS CIVILES

La construcción de la Central Termoeléctrica Esmeraldas debió superar una serie de dificul



Diag. 2.1



Diag. 2.2 Ciclo Termodinámico de Rankine de la CTE

tades, que se iniciaron con las condiciones geológicas de la zona en que se encuentra ubicada. En consecuencia, todas las obras de Ingeniería debieron ser proyectadas para resistir esfuerzos sísmicos y controlar los problemas derivados de la composición del suelo donde se levanta la Planta.

La casa de máquinas fue construída sobre cimientos de hormigón armado de alta resistencia. Su estructura es metálica, de 44 m por 25 m de área y 27 m de alto. En su interior se encuentra el pedestal que soporta al turbogenerador y en la parte alta del edificio, se mantiene un puente de grúa de 60 toneladas de capacidad.

La cimentación del caldero consiste en una estructura corrida, formada por una zapata continua, que enlaza las cuatro columnas que transmiten las cargas de niveles superiores al suelo, con 41 m de alto es la estructura metálica más esbelta de la Central.

El edificio eléctrico tiene cimentaciones de tipo directo (zapatas de fundación). Es también de estructura metálica y se aloja en su



interior diferentes ambientes, equipos y particularmente la sala de mando.

La chimenea es de hormigón armado, de sección circular, de 6 m de diámetro y 60 m de altura. Su cimentación es de hormigón armado.

La estructura de la torre de enfriamiento es mixta, constituída en su parte superior por celosía especial de madera y en la parte inferior por un reservorio de hormigón armado. Sus dimensiones son: de 60 x 18 m y 14 m de altura. Existen 4 tanques de almacenamiento, uno para diesel oil y tres para fuel oil. El más importante de éstos tiene una capacidad de 10.000 m<sup>3</sup>.

Su cimentación consiste en un anillo de hormigón armado que aloja un relleno compactado. Sus dimensiones son de 36 m de diámetro por 12 m de altura.

La obra de toma es una estructura de hormigón armado que permite la captación de agua del río Teone que se utilizará, previo tratamiento en la operación de la Central.

Para la distribución de la energía producida por la Central Termoeléctrica Esmeraldas se ha previsto la construcción de una subestación de 69 KV, para atender a la ciudad de Esmeraldas y otra de 138 KV, para integrarse al Sistema Nacional Interconectado a través de la línea Esmeraldas-Santo Domingo, que forma parte del proyecto.

Esta Central se complementa con otros edificios menores, destinados a oficinas, bodegas, Planta de Tratamiento de agua, Planta de Hidrógeno, Talleres, etc.

#### 2.1.4 OBRAS MECANICAS

Entre las obras mecánicas se destaca el generador de vapor fabricado por la compañía TOSI. El caldero es de instalación a la intemperie, de circulación natural de agua. Es de tipo colgante, sostenido por una estructura capaz de soportar, además de su peso, los esfuerzos sísmicos y aceptar las dilataciones térmicas debidas a la temperatura de funcionamiento.

Esta unidad está diseñada para producir una

máxima evaporación continua de 428,85 Ton-horas de vapor a 540°C de temperatura y 144 Atm de presión.

El generador de vapor, utilizará el combustible denominado Bunker C, tiene un domo superior con seis distribuidores de agua y cuenta con sistemas de calentamiento de aire para la combustión, sistema de precalentamiento y bombeo de combustible, sopladores de hollín, instrumentación y control.

El turbogenerador está integrado por una turbina del tipo reacción-impulso, con un recalentamiento intermedio, dos cilindros alineados en tandem compound con doble descarga al condensador. La potencia bruta es de 133 MW y la potencia neta es de 125,8 MW, operando a 3.600 RPM, con vapor a 140 Atm y 538°C.

El ingreso a la turbina es controlado por seis válvulas, dispuestas lateralmente a lo largo del cuerpo de la turbina, las que son protegidas por dos válvulas de corte.

El sistema de lubricación para los cojinetes de los dos cuerpos de la turbina y el genera-

dor consta de una bomba principal, montada sobre el eje de la turbina, una bomba eléctrica auxiliar y dos bombas eléctricas complementarias. El sistema de lubricación posee también un tanque colector y dos enfriadores.

La admisión de vapor a la turbina es controlada por un complejo hidráulico del tipo taquímétrico, con corrección de aceleración que actúa sobre dos juegos de válvulas, cada set comprende una válvula de corte y tres de control. El control de las condiciones mecánicas y térmicas de la turbina se realiza con la ayuda de dispositivos de supervisión permanente, que permiten registrar la velocidad, expansión absoluta, expansión diferencial y vibración de los cojinetes.

El sistema de condensación está proyectado para condensar 277 Ton-horas de vapor saturado, con 7% de humedad, bajo una presión de 0.08 Atm.

El generador está directamente acoplado a la turbina y es enfriado por hidrógeno. El estator está encerrado en una caraza de lámina soldada. El rotor, de más de 9 m de longitud



y 32.5 toneladas de peso, es hecho en una sola pieza de acero forzado.

La excitatriz es de tipo estático, usa rectificadores controlados dispuestos en paralelo y conformados por 5 cajones de tiristores.

El control automático de voltaje protege al sistema de excitación y al turbogenerador con acción prácticamente instantánea.

#### 2.1.5 OBRAS ELECTRICAS.

Las obras eléctricas ejecutadas en la Central están integradas por una subestación diseñada para formar parte del Sistema Nacional Interconectado, a través de la línea de transmisión Esmeraldas-Santo Domingo, con dos ternas de 138 KV y con dos líneas de 69 KV, para entregar energía a la Empresa Eléctrica Esmeraldas.

Para proporcionar el servicio al Sistema Regional y para el arranque de la Unidad se dispone de un autotransformador con devanado terciario, de 75 MVA. Relación de voltaje 138/69/13.8 KV, con taps de regulación de voltaje



bajo carga en 69 KV.

#### 2.1.6 SISTEMAS DE CONTROL Y AUXILIARES

La Unidad es controlada desde una sala centralizada, donde el operador tiene la facilidad de intervenir oportunamente en caso de anomalía de algún sistema, ayudado por una eficiente distribución de alarmas.

El sistema de control y regulación utilizado es del tipo electrónico Bailey 7.000, excepto para la regulación del ciclo que es enteramente neumático.

Para el registro de datos importantes existe la sección de adquisición de datos, la cual está diseñada para controlar la subestación y la Planta.

Esta sección está en capacidad de procesar 48 canales digitales y 32 analógicos, en lo que se relaciona con el funcionamiento de la subestación.

Los 80 canales son osciligrafiados con tiem-

pos de pre y post falta programables. Los registros se efectúan automáticamente sobre el papel foto-sensible, con indicación de fecha, hora, minuto y segundo.

En lo referente a la Planta, un registrador cronológico de eventos entrega registros sobre papel corriente y cuenta con una impresora en base a un microprocesador que indica el código del elemento que produjo cualquier anomalía.

Los servicios auxiliares de la Central Térmica Esmeraldas están integrados por sistemas de distribución de potencia eléctrica, servicios auxiliares de emergencia, distribución de corriente continua, Planta de Tratamiento y Desmineralización de agua, Planta de Producción de Hidrógeno, Compresores de Aire, Agua de Circulación, Protección Catódica de la Obra de Toma, Sistema Contra Incendio, Sistema de Almacenamiento y Transferencia de Combustible, Bodega, Taller, Oficinas Administrativas y Comedor.

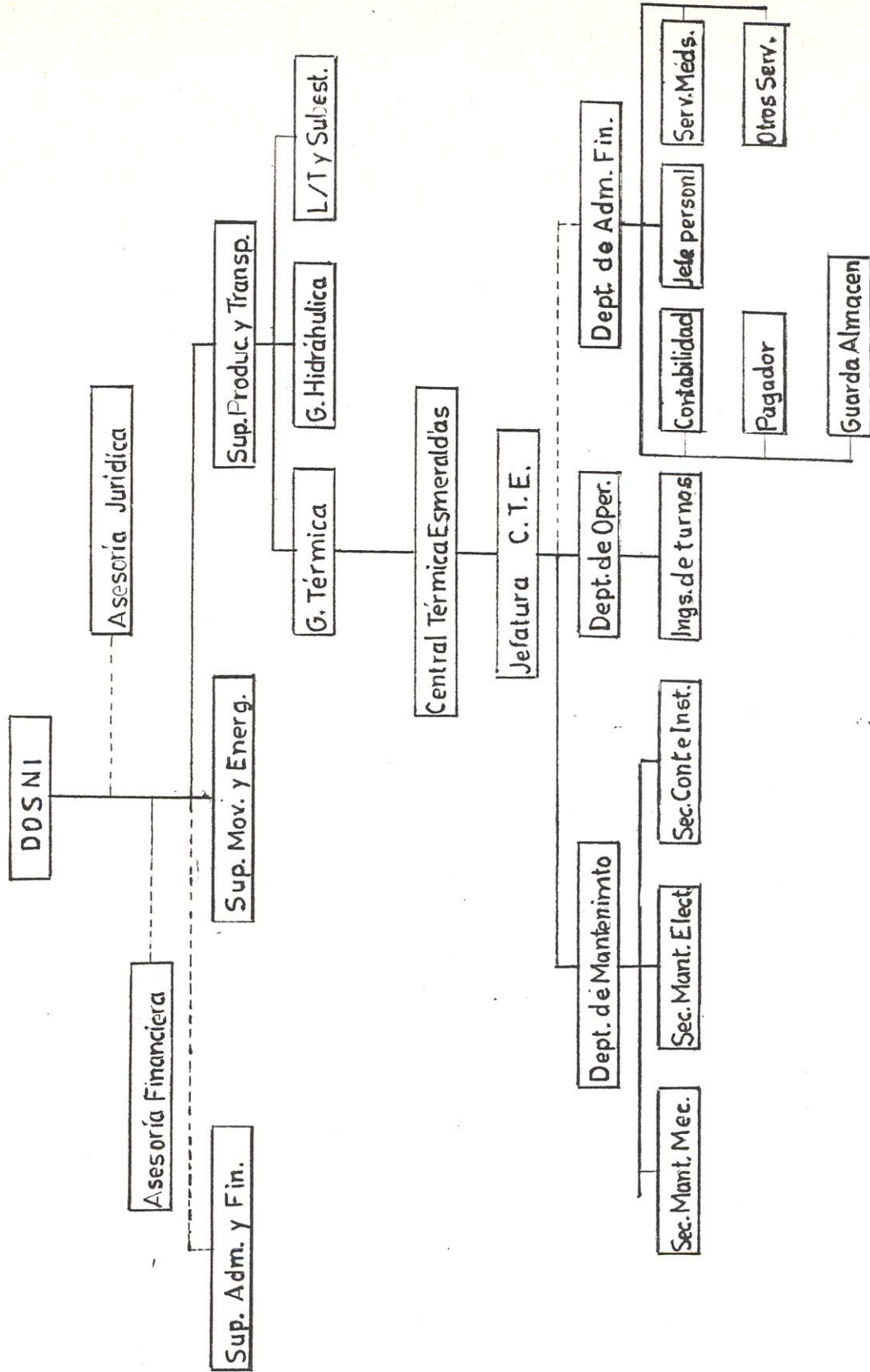
## 2.2 ESTRUCTURA DE SU ORGANIZACION ECONOMICA Y ADMINISTRATIVA.

### 2.2.1 ESTRUCTURA DE SU ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

Con la finalidad de tener una idea cabal de la relación de dependencias, que existe en el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), y en el caso particular de una de sus divisiones, como Dirección de Operaciones del Sistema Nacional Interconectado (DOSNI), que nos interesa por el hecho de que las Centrales Térmicas dependen de esta División. Se muestra su estructura orgánica y por ende de la Central Térmica Esmeraldas (CTE), en la cual se involucra la Estructura de su Organización Administrativa o Distribución del Personal Administrativo, que es el punto en consideración en este caso (véase Fig. N° 2.3).

### 2.2.2. ESTRUCTURA DE SU ORGANIZACION ECONOMICA

Esta estructura se basa en señalar los procedimientos como se adquieren los bienes materiales y de servicios de esta Planta, es decir como se financia y se emplea el dinero en



Diag. 2.3 Organigrama General DOSNI y CTE, y la Organización Administrativa de la CTE



las adquisiciones señaladas, así como también como se ejerce el control del personal de la CTE.

Estos procedimientos son los siguientes :

a) GESTION PRESUPUESTARIA :

Se tiene como objetivo principal elaborar un presupuesto en base a los trabajos previstos y de rutina de esta Central. Además se elaborará un presupuesto mensual debido a trabajos puntualizados e imprevistos.

En lo referente a la autorización de rubros para la adquisición de materiales, repuestos y servicios exteriores, se rige por la siguiente escala como sigue :

Autorizado por el Jefe de la CTE hasta S/. 50.000

Autorizado por el Director de la DOSNI

hasta " 860.000

Autorizado por el Gerente General

hasta 2'500.000

Pasada de esta cantidad la autorización



respectiva la hará en este caso el Directorio de INECCEL.

b) ADQUISICION DE MATERIALES, REPUESTOS Y EQUIPOS :

Para adquirir cualquiera de estos bienes se sigue el siguiente procedimiento:

- Nace la necesidad del bien
- Se elabora la solicitud del bien
- Con la solicitud aprobada por los respectivos Jefes, pasa a bodega para su despacho, si es que existe el bien.
- Si no existe el bien en bodega, pasa a compras para su adquisición.
- Compras realiza las cotizaciones respectivas del bien solicitado y pone en conocimiento de la Jefatura el análisis de ofertas para su aprobación.
- El Jefe de la CTE, aprueba se adquiera las mejores y más convenientes condiciones económicas para la Central.



- El Jefe Administrativo dispone se elabore el cheque para esta adquisición, comprobando para ello, que los documentos adjuntos contemplen los requisitos exigidos por la Contraloría General del Estado (LOAFIC), por ser INECCEL una Institución del Estado.
- Legalizado y autorizado el cheque por el Jefe Administrativo y el Jefe de la Central se adquiere el bien y se lo ingresa a bodega con los respectivos trámites internos.
- Bodega entrega el bien, a quién lo ha solicitado, previos trámites internos.

c) CONTRATACION DE SERVICIOS EXTERIORES :

El procedimiento es como sigue :

- Nace la necesidad del servicio.
- Se pone en conocimiento del Director de la DOSNI.
- Director abaliza y autoriza al Jefe de la CTE.

- Cotiza el personal Departamento Administrativo de la CTE.
- Se nomina el personal a contratarse.
- DOSNI elabora contratos para su legalización.

d) CONTROL DEL PERSONAL :

Se sigue el siguiente procedimiento :

- El control de asistencia del personal se lo hace mediante el reloj-tarjetero, siendo obligación del trabajador registrar su entrada y salida del trabajo.
- El Jefe del personal chequea diariamente las tarjetas de asistencia, y esta información se la transcribe en un formulario de reporte de tiempo trabajado.
- Al finalizar el Mes se contabiliza en el reporte de tiempo, las horas suplementarias y extraordinarias, laboradas por el trabajador, así como también se determina el número de lunch consumido.

- Este formulario que controla el tiempo de las horas trabajadas, sirve de base para elaborar los pre-roles, los días 20 de cada mes. Estos pre-roles debidamente llenados con la información de faltas, sobretiempos, descuentos, etc., se procede a la elaboración de los roles de pago.
- En la sección del personal se lleva registros de vacaciones, ausentismos, permisos temporales, etc.

### 2.3 DESCRIPCION DE EQUIPOS Y PROCESOS.

En esta planta por contar con elevada cantidad de equipos, accesorios y componentes auxiliares, sólamente se hace la descripción de los principales equipos, con sus respectivas características y componentes complementarios.

En cuanto a la descripción de los procesos esto se efectúa por medio de diagramas de bloques por cada sistema de esta Central.

### 2.3.1 DESCRIPCION EQUIPOS DE GENERACION DE VAPOR (CALDERO)

#### a) CAMARA DE COMBUSTION :

Es del tipo con paredes protegidas con los tubos de vapor dotados de aletas longitudinales con soldadura continua, las paredes están formadas por paneles con sus respectivos colectores, con respecto a un plano horizontal, con inclinación de  $30^\circ$  hacia arriba y  $30^\circ$  hacia abajo obteniendo un campo total de  $60^\circ$ .

La cámara de combustión tiene un volumen de  $1.120 \text{ m}^3$ , con el fondo en tolda, con un ancho de 8.051 mm y de profundidad con 8.509 mm.

#### b) VENTILADOR DE AIRE CON TIRO FORZADO (HQ-1):

Suministra el aire necesario para la combustión del generador de vapor, es del tipo centrífugo y entrega un caudal de  $145.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  a  $32^\circ\text{C}$ , con una presión estática de 988 mm  $\text{H}_2\text{O}$ .



El ventilador está aclopado a un motor elétrico de 1.800 KW, 4.160 Volt, 60 Hz y 1.200 RPM.

c) VENTILADOR DE RECIRCULACION DE GASES (HQ-2):

Este tipo de ventiladores se usa solamente en Generadores de vapor que tienen recalentamiento, y se usa como un sistema auxiliar para controlar y mantener constante la temperatura del vapor recalentado. El ventilador entrega un caudal de  $94.7 \text{ m}^3/\text{seg}$  a  $335^\circ\text{C}$ , contra una presión estática de  $505 \text{ mm H}_2\text{O}$ , y está acoplado con un motor eléctrico de 800 KW, 4.160 Volt, 60 Hz y 900 RPM.

d) PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR (HN-R2) :

El Precalentador de Aire por medio de vapor o Aerotermo, se instala por lo general en la coyuntura situada aguas abajo del ventilador de aire y tiene por finalidad la de aumentar la temperatura del aire en la entrada al Ljunstron.

e) CALENTADOR REGENERATIVO DE AIRE LJUNSTRON (HN-R1) :

Utilizando el gas que regresa de la caldera después de la combustión (antes de ir a la CHIMENEA), calienta un rotor con láminas de acero y permite un cambio térmico con el aire proveniente del ventilador de Tiro Forzado (aire necesario para la combustión de la caldera) 5 RPM.

El rotor está accionado por un motor eléctrico de tipo PM 160 M4 CV15 V 440 60 Hz.

f) DOMO SUPERIOR :

Tiene la función de separar el vapor producido en tubos vaporizadores del agua de circulación y además la de constituir la reserva del agua necesaria en los momentos de desequilibrio entre la extracción de vapor y la alimentación de agua.

g) SOBRECALENTADOR Y RECALENTADOR :

El vapor saturado procedente del Domo Superior pasa a través de los tubos del ciclo

del caldero, tubos del pasaje posterior, sección sobrecalentador intermedio, atemperadores, sección sobrecalentador final.

El vapor sale del colector final del sobrecalentador a través de la tubería del vapor principal, llega a la válvula de toma de la Turbina.

Después de la expansión que se ha llevado a cabo en la Turbina de alta presión, el vapor vuelve al caldero para ser recalentado nuevamente siguiendo el siguiente circuito; Atemperador-Recalentador horizontal Recalentador final.

Desde el colector final del Recalentador, el vapor se envía nuevamente a la Turbina a través de dos tuberías para continuar su expansión en las Turbinas de media y baja presión.

#### h) ECONOMIZADOR :

Tiene la función de enfriar los gases en la salida del caldero, calentando al mismo tiempo, el agua de alimentación antes del envío al Domo.

#### i) ATEMPERADORES :

El Atemperador del Recalentador es para disminuir la excesiva temperatura del vapor recalentado cuando la regulación del movimiento de los quemadores y la recirculación de los gases han llegado a su límite máximo.

Los Atemperadores del Sobrecalentador han sido previstos para mantener el vapor del proyecto de la temperatura del vapor sobre calentado.

#### j) SOPLADORES DE HOLLIN :

Los Sopladores son dispositivos que permiten embestir eficazmente con potentes chorros de vapor o de aire comprimido, mientras el caldero está en funcionamiento, en

en las superficies de los tubos, desde la Cámara de Combustión hasta el último recuperador. Los chorros limpiadores arrancan de los tubos los depósitos secos de cenizas y de hollín, impiden o retardan la formación de incrustaciones de cenizas fundidas y remueven los depósitos de hollín en las zonas de estancamiento.

Hay tres tipos de Sopladores:

- HP-13 Soplador Ljunstrom
- HP-1 al HP-8 Sopladores retráctiles
- HP-9 al HP-12 Sopladores rotativos

## 2.3.2 DESCRIPCION EQUIPOS DEL TURBO-GENERADOR

### a) TURBINA :

Esta máquina tiene una potencia nominal de 125 MW a 3.600 RPM. La turbina es del tipo de condensación, de recalentamiento con dos cilindros en tandem. Ha sido diseñada para soportar una presión de vapor a la admisión de 140 Atm Abs., con una temperatura del vapor a la admisión de 580°C y una temperatura del vapor recalentado de 538°C. La potencia máxima de trabajo continuo es



de 122.5 MW.

Extracciones: La turbina se halla provista de seis extracciones para el precalentamiento de agua de alimentación.

Paleteado : Turbina de A.P. 1 etapa Curtis, 11 etapas de paletas de reacción.

Turbina de M.P. 17 etapas de paletas de reacción.

Turbina de B.P. 12 etapas de paletas de reacción, doble flujo - seis etapas por cada parte.

b) VIRADOR Y BOMBA DEL VIRADOR :

El Virador está instalado tanto como elemento de protección del árbol de la Turbina y como sistema de puesta en marcha. Su función de protección consiste en hacer girar el árbol de la Turbina a 3 RPM, después de la parada de la Turbina, con el objeto de evitar eventuales deformaciones que pudieran crearse debidas a las temperaturas internas diferentes.

El aceite para la lubricación del Virador es suministrado mediante la bomba del Virador mismo con un presostato que controla la puesta en marcha.

c) BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE Y RUEDA DE LUBRICACION :

La bomba principal y la rueda del regulador de velocidad están montadas en el extremo del árbol de la turbina, del lado del pedestal. La bomba principal alimenta los cojinetes de Turbina y proporcional aceite al sistema de regulación cuando la máquina funciona a las revoluciones de régimen.

La bomba tiene una capacidad de 5.640 lt/min la altura manométrica es de 210 m, con una velocidad de rotación de 3.600 RPM.

d) ELECTROBOMBA AUXILIAR DE ACEITE :

Es del tipo centrífugo, con eje vertical; esta bomba se emplea para mandar aceite destinado a la lubricación y a la regulación durante los períodos de puesta en mar

cha y de parada cuando la presión del aceite de la bomba principal es demasiada baja.

La bomba tiene una capacidad de 1734 lt/min, altura manométrica de 175.6 m, con una velocidad de 3.600 RPM, está acoplada a un motor con una potencia de 165 HP, a una tensión de 440 V, 60 H, con una velocidad de 3.570 RPM.

e) ELECTROBOMBAS AUXILIARES DE EMERGENCIA DE ACEITE :

Son dos, del tipo centrífugo con eje vertical. Se emplean estas electrobombas para la lubricación de los cojinetes de la instalación cuando el virador es el que acciona la Turbina.

Las bombas tienen una capacidad de 1.134 lt/seg, una altura manométrica de 28.1 m, a una velocidad de rotación de 3.600 RPM el árbol de unas de las bombas está acoplado a un motor eléctrico, de 22 HP de potencia a 3.530 RPM 440 V 60 H. La otra bomba está acoplada con un motor eléctrico "EVAR", de 22 HP, 3.600 RPM, 440 V 60 H.

f) ENFRIADORES DE ACEITE :

Son del tipo envoltura, los circuitos de aceite están dotados de válvulas que actúan en paralelo; esto permite poner fuera de servicio un enfriador y mantener con el valor deseado la temperatura del aceite por medio del otro enfriador.

g) TANQUE (KN-S1) DE ALMACENAMIENTO Y DEPURACION DEL ACEITE DE TURBINA :

El tanque tiene una capacidad de  $12.53 \text{ m}^3$ . Para mantener el aceite de la Turbina en óptimas condiciones hay que recircularlo continuamente sacando del fondo del tanque y transfiriéndolo en un depurador de aceite.

El "BOWER", modelo 832-P es tipo de depurador por aceite a seco, con un comportamiento de precipitación de 336 lts de capacidad, con un filtro para quitar impurezas, de capacidad filtrante de 2.040 lts/hr.

## h) ALTERNADOR :

Es un alternador enfriado por hidrógeno, totalmente hermético, produce una potencia nominal de 125.8 MW, con una presión nominal de  $H_2$  para la refrigeración equivalente a  $2.1 \text{ Kg/m}^2$ , el factor de carga considerado es de 0.85 genera a una tensión nominal de  $13.800 \text{ V} \pm 5\%$  a 60 Hz.

El hidrógeno es enfriado con un intercambiador de calor por agua, el flujo de agua es controlado por la válvula de salida del enfriador.

## i) EXCITATRIZ :

La excitatriz es de tipo estático, usa rectificadores controlados, dispuestos en paralelo y conformados por cinco cajones de tiristores. El control automático de voltaje protege al sistema de excitación y al turbogenerador, con acción prácticamente instantánea.



### 2.3.3 DESCRIPCION EQUIPOS CICLO TERMICO

#### a) CONDENSADOR :

Es del tipo superficie y con flujo radial apto para condensar el vapor procedente del escape de baja presión de la Turbina. Tiene una superficie de cambio térmico de  $7.920 \text{ m}^2$ , con las siguientes condiciones:

- Cantidad de vapor condensado  $277.402 \text{ Kg/hr}$
- Cantidad de agua de enfriamiento  $5.033 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- Cantidad de condensaciones entrada  $5.122 \text{ Kg/hr.}$
- Presión de condensación  $0.0803 \text{ Atm.}$
- Temperatura de condensación  $41.23^\circ\text{C.}$
- Temperatura de entrada agua de enfriamiento  $30^\circ\text{C.}$
- Temperatura de salida agua de enfriamiento  $38.1^\circ\text{C.}$

#### b) PRECALENTADORES AGUA ALIMENTACION DE BAJA PRESION :

Los precalentadores son aquellos apar-

tos que en el ciclo regenerativo se colocan aguas arriba de la bomba de alimentación del caldero y son tres :

- Calentador LR1

Sirve para calentar 282.529 Kg/hr de agua de alimentación. Tiene la característica de llevar la temperatura del agua de salida del ciclo a 74.41 °C, mientras que la temperatura del agua que entra es de 44.53°C y la presión del vapor que entra equivale a 0.43 Atm Abs.

- Calentador LR2

Sirve para calentar 337.560 Kg/hr de agua de alimentación. Tiene la característica de llevar la Temp. del agua sólida del ciclo a 99.43°C y la presión del vapor que entra equivale a 1.42 Atm Abs. mientras que la Temp. del agua que entra es de 74.83°C.

- CALENTADOR LR3

Sirve para calentar 337.560 Kg/hr de a-

gua de alimentación. Tiene la característica de llevar la Temp. del agua de salida del ciclo a  $133.27^{\circ}\text{C}$ , mientras que la Temp. del agua que entra es de  $99.43^{\circ}\text{C}$  y la presión del vapor que entra es de 3.3 Atm. Abs.

c) DESAREADOR L-U1 :

Sirve para eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación del caldero, por el principio termofásico a presión.

Con este sistema se obtiene una capacidad máxima de 440.000 Kg/hr, calentando el condensado a una Temp. máxima de servicio de  $322^{\circ}\text{C}$  y que oscila a la Temp. mínima de  $168^{\circ}\text{C}$ .

d) PRECALENTADORES DE ALTA PRESION :

- Calentador LR5

Sirve para calentar 410.665 Kg/hr de agua de alimentación, lleva la Temp. de agua que sale del ciclo a  $194.2^{\circ}\text{C}$  mientras que la Temp. del agua que entra

es de  $157^{\circ}\text{C}$  y la presión de vapor que entra es de 19.21 Atm Abs.

- Calentador LR6

Sirve para calentar 410.665 Kg/hr de agua de alimentación, lleve la Temp. del agua de salida del ciclo a  $245^{\circ}\text{C}$ , mientras que la Temp. del agua que entra es de  $209.4^{\circ}\text{C}$ , con una presión de vapor de entrada equivale a 37.26 Atm Abs.

e) BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION AL CALDERO (L-P1, LP2, L-P3, L-P4) :

Este sistema está compuesto por 4 bombas con una capacidad de bombeo de  $488.3 \text{ m}^3/\text{hr}$  cada uno, a una presión de descarga de  $170.3 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ , cada bomba gira a 3585 RPM, están acopladas a un motor eléctrico independiente para cada una de 3200 KW, 4160 Volt, 60 Hz.

f) BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION :

Son dos bombas de tipo semiaxial con eje vertical, con una capacidad de  $10.000 \text{ m}^3/\text{hr}$

a una altura total de 20.65 m 595 RPM.  
Están acoplados a motores eléctricos de  
820 KW, 4160 Volt, 60 Hz.

g) BOMBAS DE EXTRACCION DE CONDENSADO (L-P5,  
L-P6) :

Son dos bombas con una capacidad de 405  
 $\text{m}^3/\text{hr}$  a una altura total de 180 m, aco-  
plados a dos motores eléctricos a 300 KW  
de 1.180 RPM de 4160 Volt, 60 Hz.

h) BOMBA DE INTEGRACION DE CONDENSADO AP  
(L-P12) :

Es una bomba con un caudal de 405  $\text{m}^3/\text{hr}$   
a una altura de 180 m, acoplada a un mo-  
tor MARELLI 300 KW, de 3580 RPM, 4160  
Volt, 60 Hz.

i) BOMBA DE INTEGRACION DE CONDENSADO BP  
(L-P9) :

Es una bomba del tipo CPK-C65-160,  
con un caudal de 100  $\text{m}^3/\text{hr}$ , también a  
una presión dinámica total de 33 m, aco-





BIBLIOTECA

plada a un motor ~~ANSALDO~~ de 14 KW, de 3520 RPM 440 V, y 60 Hz.

#### 2.3.4 DESCRIPCION EQUIPOS AUXILIARES

##### a) EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE BUNKER C :

El tanque principal (JS-S1) del bunker C es alimentado directamente por la tubería de la refinería, tiene una capacidad de  $10.000 \text{ m}^3$ , un diámetro externo de 36.6 m y la altura es de 10.2 m.

Dentro del tanque está instalado un intercambiador de calor tipo banana para calentar el combustible, cuando este fluye hacia los tanques de consumo diario mediante las tuberías respectivas. El vapor llega al intercambiador de calor con una presión de 7.14 a 24  $\text{Kg/cm}^2$  a una temp. de  $220^\circ\text{C}$  y calienta el combustible a una temp. de 40 a  $50^\circ\text{C}$  con presión de 1  $\text{Kg/cm}^2$ .

Los tanques diarios (JS-S2) (JS-S3) tienen una capacidad de  $1.100 \text{ m}^3$  cada uno, están equipados con un intercambiador de calor interno para calentar el combusti-

ble en los tubos de salida, a una temp. de 40 a 50°C a 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>. Al transferir el bunker C del tanque principal a los tanques diarios se efectúa por medio de dos filtros (JP-Y1) (JP-Y2) que están instalados en la misma línea aspirante de las bombas en paralelo.

Las dos bombas (JP-P1) (JP-P2), de transferencia del tanque principal a los tanques de consumo diario son de tipo helicoidal aspirantes acopladas a dos motores eléctricos, cada una de las bombas tiene un caudal de 288 m<sup>3</sup>/hr y una presión diferencial de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>, la temp. del bunker C en la tubería de entrada de cada bomba es de 50°C y la viscosidad va de 55 SSF a 300 SSF.

En el circuito de transferencia del bunker C de los tanques (JS-S2) (JS-S3) a los calentadores y por último a los quemadores hay dos filtros (HS-Y1) (HS-Y2) de tipo autolimpiador, con un grado de filtración de 0.5 x 0.5 mm. Aguas abajo de los filtros hay dos bombas que son de tipo helicoidal aspirante, tienen un caudal de 6901 lt/min

cada uno, con una presión de 26 Kg/cm<sup>2</sup> están acoplados a motores eléctricos de 60 HP de potencia, con 1.750 RPM, con una tensión de 440 V 60 Hz.

Hay dos calentadores (HS-R1) (HS-R2), calientan el bunker C, mediante vapor, llevando la temp. de 40 a 120°C. La capacidad de cada calentador es de 31.000 Kg/hr, con una presión de operación de 26 Kg/cm<sup>2</sup>.

Por último en el trayecto hacia los quemadores, se encuentran un par de filtros (HS-Y3) (HS-Y4), con filtración de 0.3 x 0.3 mm.

b) EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE DIESEL :

El combustible diesel se suministra a la Central mediante un carro tanque, al tanque principal (JS-S4), con una capacidad de 45 m, éste pasa por un filtro (JP-Y3), con una superficie filtrante de 2.150 cm<sup>2</sup>.

Durante la transferencia del diesel a los

quemadores y antorchas, hay un filtro (HS-Y5) del tipo autolimpiador con una superficie filtrante de 10.20 cm, con un grado de filtración de 0.2 x 0.2 mm, luego está una bomba (HS-P3) de tipo helicoidal aspirante, con un caudal de 235 lt/min, con una presión de 26 Kg/cm. La bomba está acoplada a un motor eléctrico de 18.5 HP de potencia, de 1750 RPM, con 440 V, 60 Hz.

c) EQUIPOS DE CAPTACION DE AGUA, TRATAMIENTO Y POTABILIZACION DE AGUA Y DESMINERALIZACION DE LA MISMA EN PROCESOS :

El suministro de agua de la Central para sus diferentes necesidades se realiza sacando y tratando el agua por diversos procesos del Río Taone.

Una bomba (ME-P1) (ME-P2) de eje vertical puede levantar hasta 750 m/hr de agua bruta, ya preclorada por dosificación de NaClO a la entrada de la boca toma; dicha agua a través de un regulador de caudal con capacidad máxima de 450 m/hr, llega a un clarificador dinámico con un cupo de 735 m<sup>3</sup>,



en donde está sometida a dosificación de coagulante como  $\text{FeCl}_3$  o  $\text{Al}_2\text{SO}_4$  3.18 de agua sino también, en cuanto se necesite, de polielectrolito para la clarificación y más calhidra para la descarbonatación y/o arreglo del PH, formando lodos que salen desde el fondo del clarificador con un caudal de 120 m/hr y por los drenajes regresa al río.

El agua clarificada sale por los vértebros puestos arriba del clarificador, cae a una balsa piezométrica de 50 m<sup>3</sup> y por medio de bomba de 400 m/hr es transferida al tanque de almacenamiento de 1.100 m<sup>3</sup>, para ser distribuída a las diferentes tratamientos específicos de cada sección usuaria y son los siguientes :

- Torres de enfriamiento
- Tanques de agua de uso civil
- Planta de desmineralización

El agua suministrada a las torres de enfriamiento para sustituir ya sea la cuota de agua de circulación que se evapora durante su enfriamiento a través de las to-



rres o también los desagües que se descargan para controlar la salinidad de la misma, está sometida si se necesita a neutralización (cámara) por medio de ácido sulfúrico y dosificación de polifosfato.

A su vez el agua de circulación se la dosifica con NaClO para controlar el desarrollo de algas y hongos en las estructuras de las torres y alguna vez con  $H_2SO_4$  para mantener su Ph alrededor de 8.

El agua suministrada a las demás secciones está sometida primeramente a filtración, con filtro de arena (T1) para quitar las suspensiones residuales del agua clarificada y con filtros de carbón (T2) (T3), activado para eliminar el cloro residual y las sustancias orgánicas. El agua filtrada se encuentra almacenada en un tanque de 20 m.

La cuota de agua filtrada destinada al uso civil es transferida con bombas de  $10\text{ m}^3/\text{hr}$  al tanque piezométrico de  $10\text{ m}^3$  puesto arriba del edificio mayor de la Central, durante su transferencia, está sometida a do

sificación de  $H_2SO_4$  diluído para su neutralización y de NaClO también diluído para su completa desinfección.

La cuota de agua filtrada destinada a la desmineralización es transferida por una bomba de  $25\text{ m}^3/\text{hr}$  a las dos líneas desmineralizadoras, dichas líneas cada una con capacidad de  $18\text{ m}^3/\text{hr}$  son constituídas por un filtro de resina catiónica fuerte Amberlite IR200 en forma de  $H_2$  por regeneración con  $H_2SO_4$ , un desgasificador atmosférico por soplado de aire, común a ambas líneas, un filtro de resina anionica fuerte Amberlite IRA900, en forma OH por regeneración con NaOH y además un filtro lecho mixto, con resinas IR200 MB y IRA900, en mezcla íntima, pero separadas hidráulicamente para la regeneración que se hace con  $H_2SO_4$  sobre la IR200 MB y con NaOH sobre la IRA900 MB.

Después de la regeneración, se alcanza el mezclado soplando aire por abajo del lecho. Los desagües de regeneración se recogen en una balsa de neutralización en donde se dosifica, bajo mezclado hidráulico, NaOH ó

$H_2SO_4$  para alcanzar un PH de 7.5 - 0.5 y luego con la misma bomba de mezclado, se sacan y se tiran a los desagues.

Todo el agua desmineralizada se almacena en un tanque de  $1.100\text{ m}^3$ , con un diámetro de 11 m y una altura de 13.74 m y queda lista para su consumo.

d) EQUIPOS DEL SISTEMA CONTRAINCENDIO :

Los hidrantes son de cuerpo de bocas de riego verticales fuera de tierra es de hierro fundido embridado de diámetro de 6 pulg. y tiene dos descargas de 2.5 pulg., con válvula de pasada provista de reductor de presión.

Cada boca de riego vertical está equipada con carrito porta accesorios que comprende 4 rollos de mangueras de 20 m de longitud, una lanza contraincendio de chorro pulverizado y una llave de maniobra.

Las bocas de riego murales (12) están constituídas por una caja metálica con puerta de vidrio, una válvula de parada provista

de reductor de presión, con un rollo de manguera de 20 m de largo, una lanza contra incendio de chorro pulverizado y una de maniobra.

Pulverizadores de agua están constituidos por una válvula de parada, un distribuidor semiautomático con una manguera de 15 pulg. de diámetro y de 20 m de largo, con un cañón pulverizador de 1.5 pulg.

El sistema también está integrado por 20 extinguidores rodantes de anhídrido carbónico, de 5 Kg. cada uno, provisto de tubería flexible y cono rociador.

También se cuenta con dos equipos extinguidores de espuma, con una capacidad de 7.000  $\text{dm}^3/\text{min}$  de bombeo, con una presión de 650 KPa de la solución espumante.

Un dispositivo de bombeo, constituido por una electro-bomba (NK-P1) vertical de rotos, con una capacidad nominal de 9.000  $\text{dm}^3/\text{min}$ , con una presión nominal de 981 KPa. En caso que no funcione la electrobomba



principal existe una motobomba para sustituirla.

Para evitar la puesta en marcha muy frecuente de la electrobomba (NK-P1), funciona una electrobomba (NK-P1) con una capacidad de 170 dm /min y una presión nominal de 981 KPa. El dispositivo de bombeo se completa con un tanque de presurización de eje vertical de 1.000 dm .

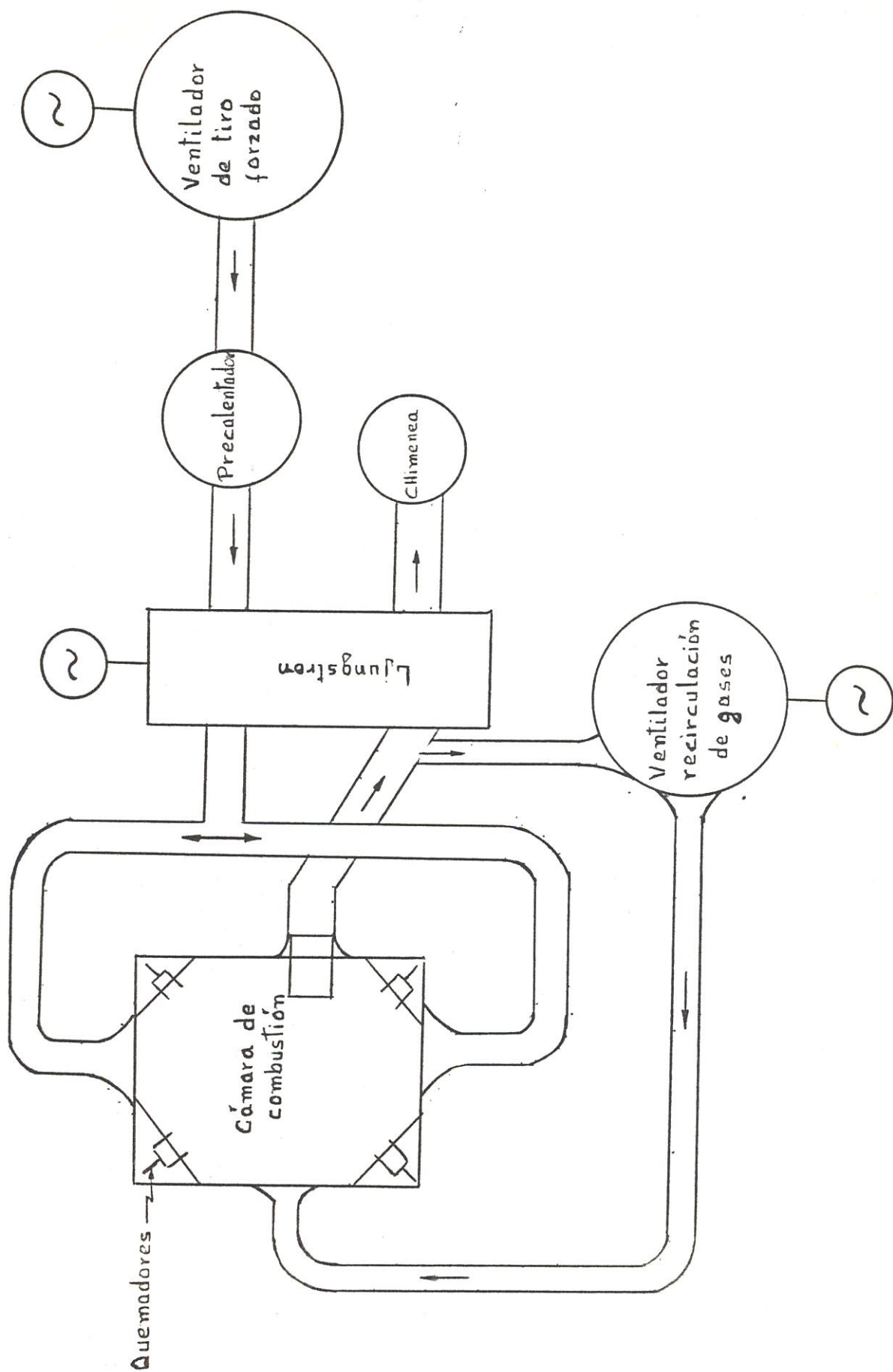
#### 2.3.5 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS.

Se presenta la ilustración de cada uno de los procesos más importantes de esta Central por medio de los Diagramas de bloque y representación gráfica de algunos equipos, a continuación se da a conocer una lista y luego cada uno de los diagramas por separados:

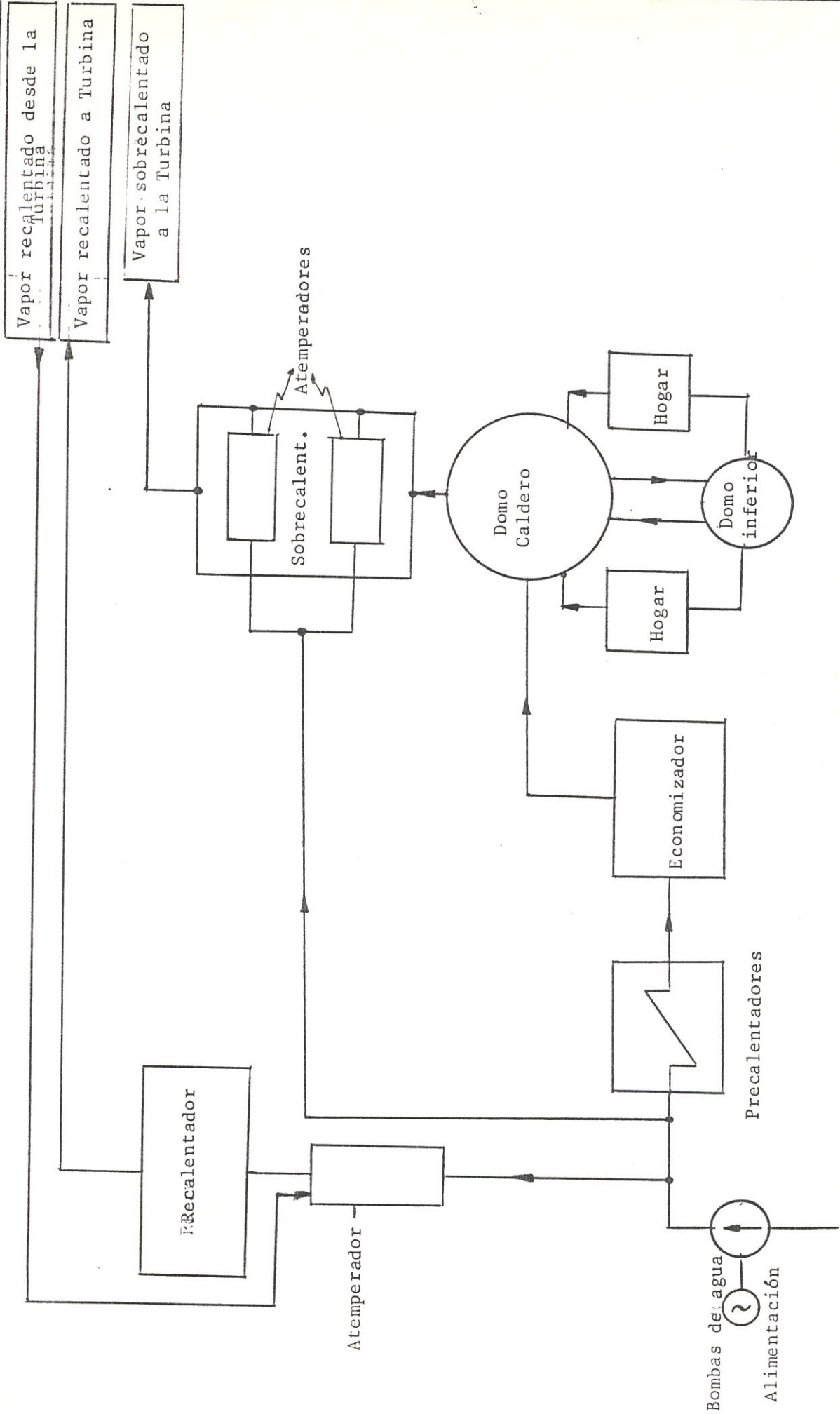
- Diag. 2.4 Proceso aire-gases de combustión.
- Diag. 2.5 Proceso flujo agua-vapor (caldero).
- Diag. 2.6 Disposición limpieza exterior tubos caldero.
- Diag. 2.7 Proceso de transferencia y suministro de combustible.



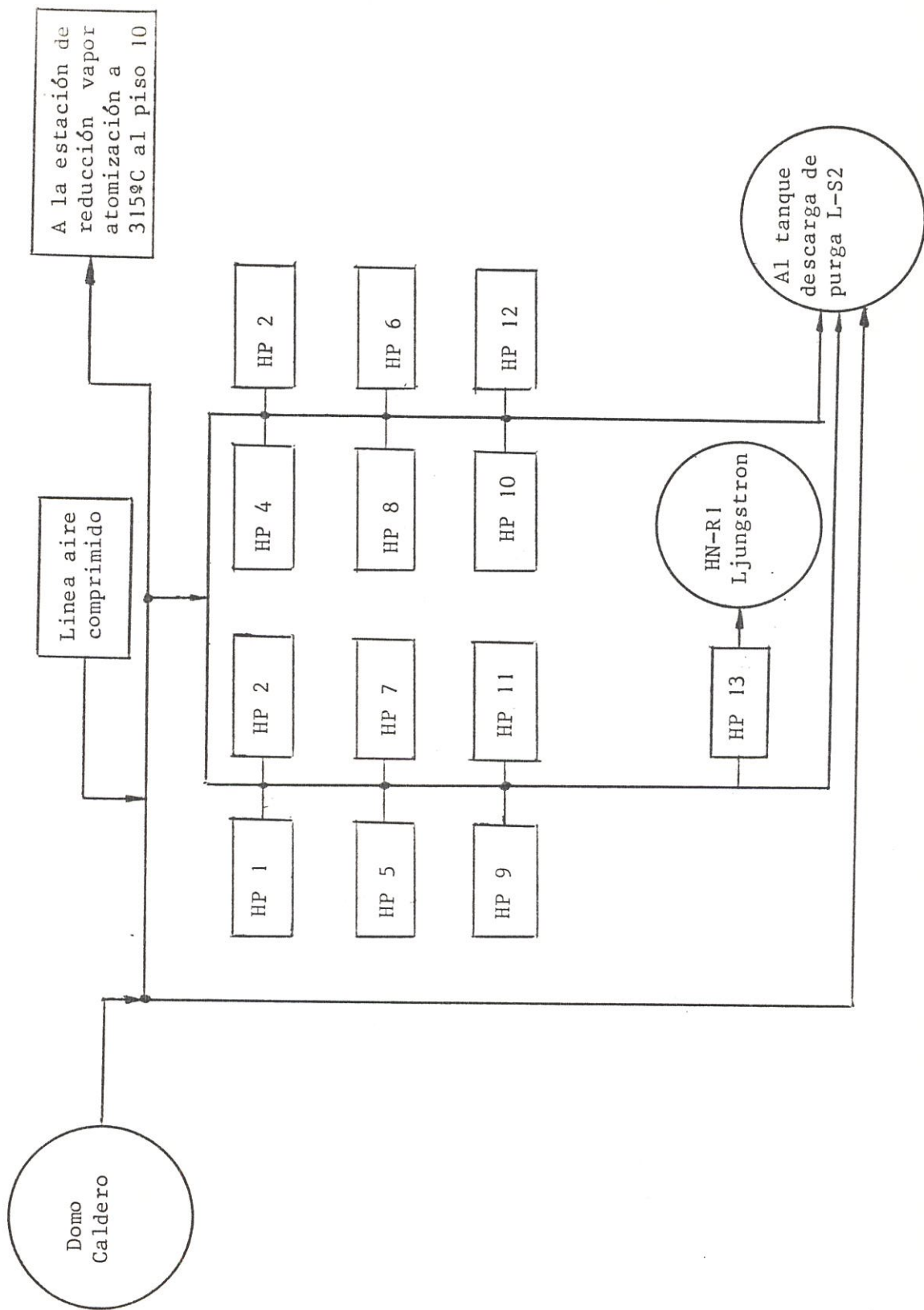
- Diag. 2.8 Proceso de agua de circulación.
- Diag. 2.9 Proceso del ciclo (H O - vapor).
- Diag. 2.10 Sistema de lubricación turbo-generador.
- Diag. 2.11 Proceso de tratamiento, potabilización y desmineralización de H O.
- Diag. 2.12 Proceso de tratamiento y circulación aguas de servicios.
- Diag. 2.13 Flujo contra incendio.
- Diag. 2.14 Proceso aire comprimido para instrumentos y servicios.



Diag. 2.4 Proceso flujo aire - gases de combustión

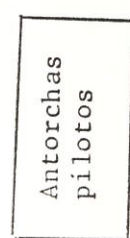
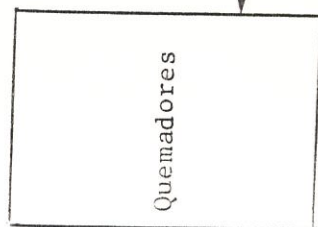
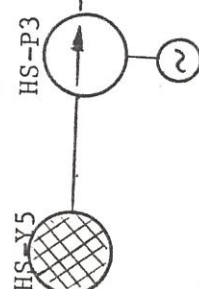
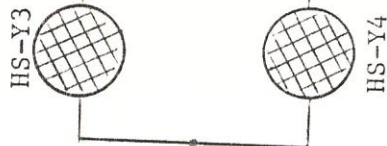
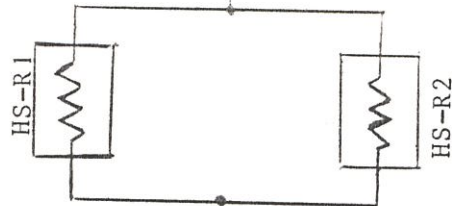
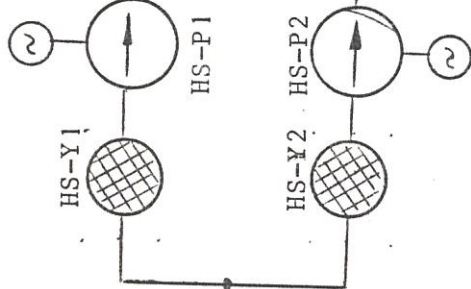
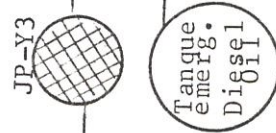
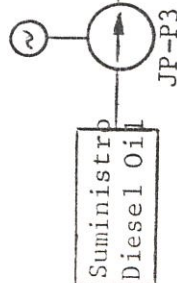
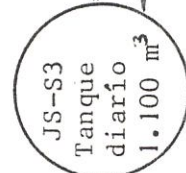
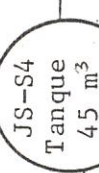
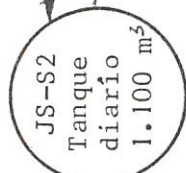
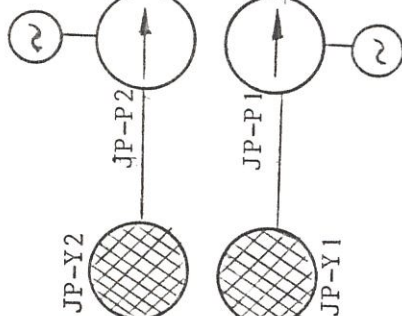
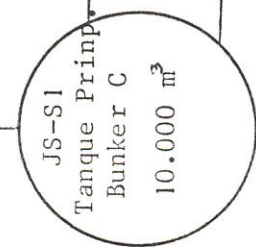


Diag. 2.5 Proceso flujo agua - vapor (Caldero)



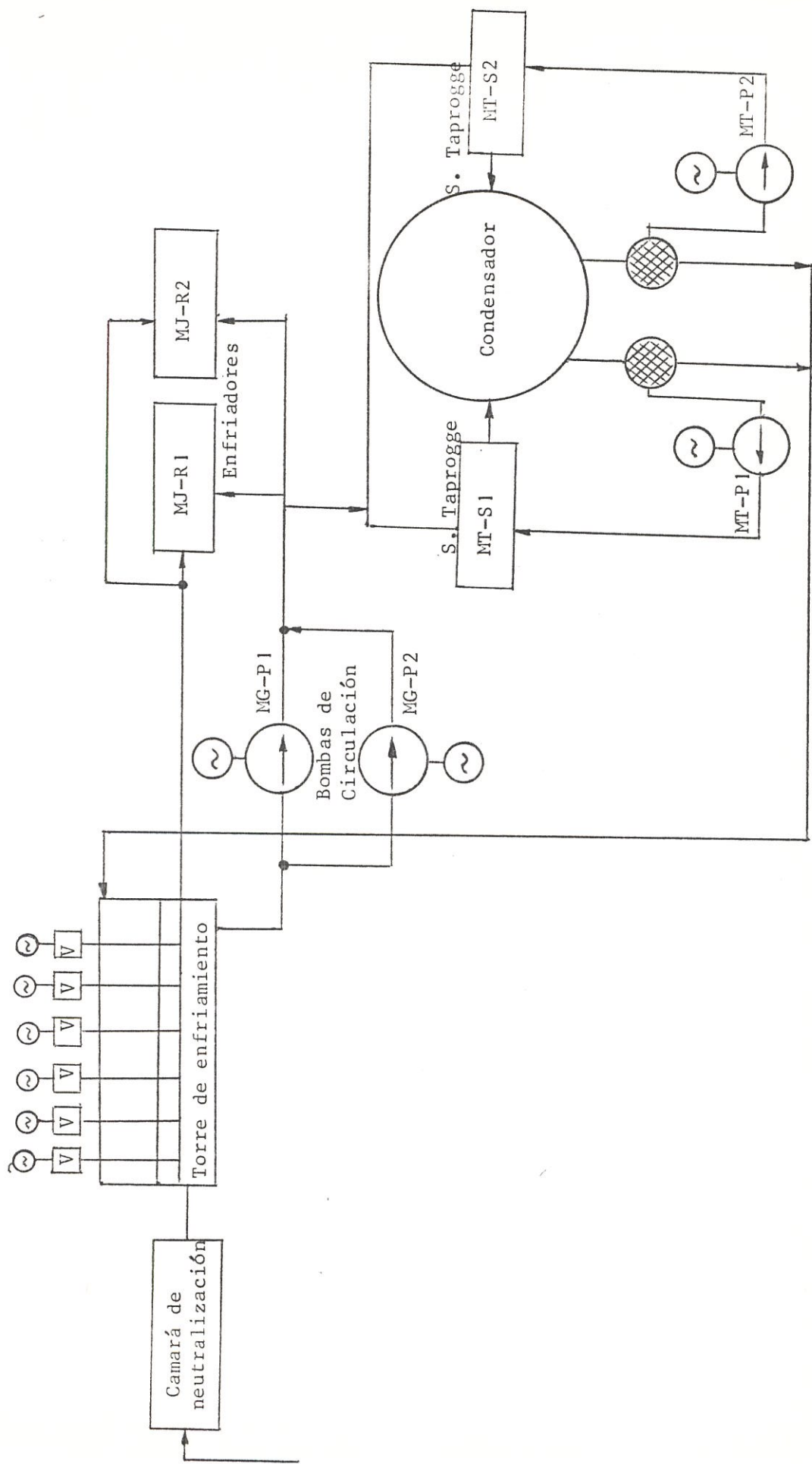
Diag. 2.6 Disposición sopladores de hollín limpieza exterior tubos de caldero

Suministro Bunker C  
de Refinería CEPE



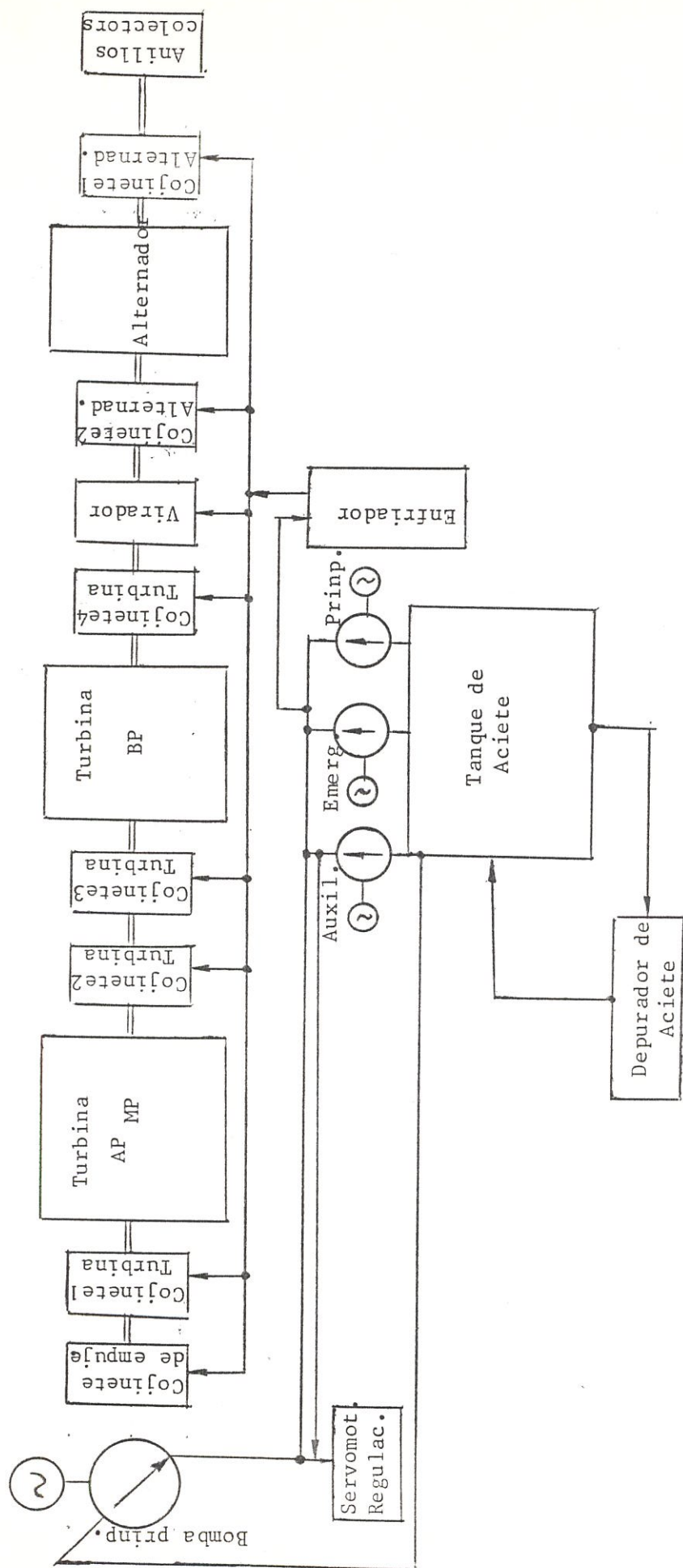
Diag. 2.7 Proceso de Transferencia y Suministro de Combustible





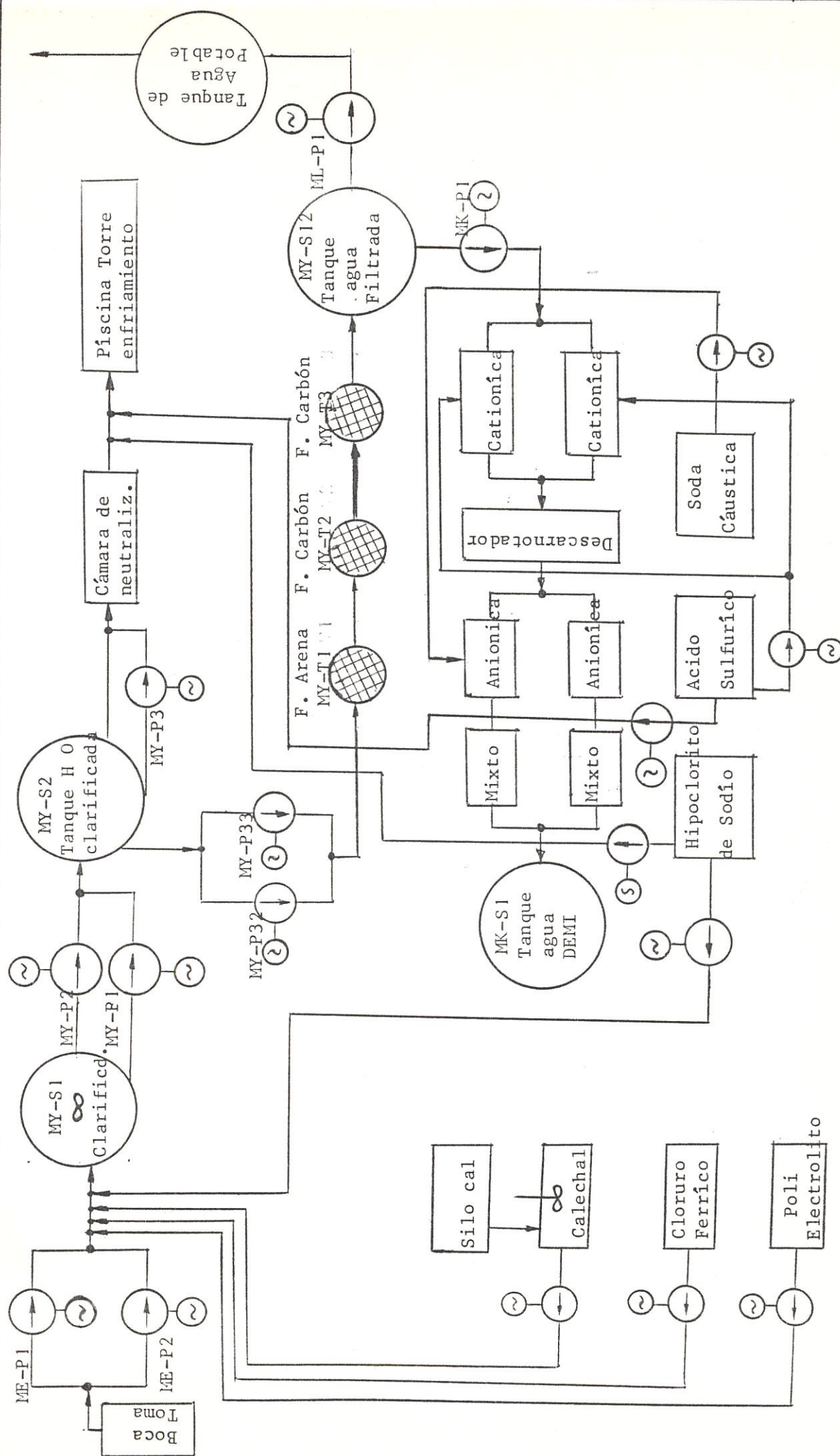
Diag. 2.8 Proceso Agua de Circulación



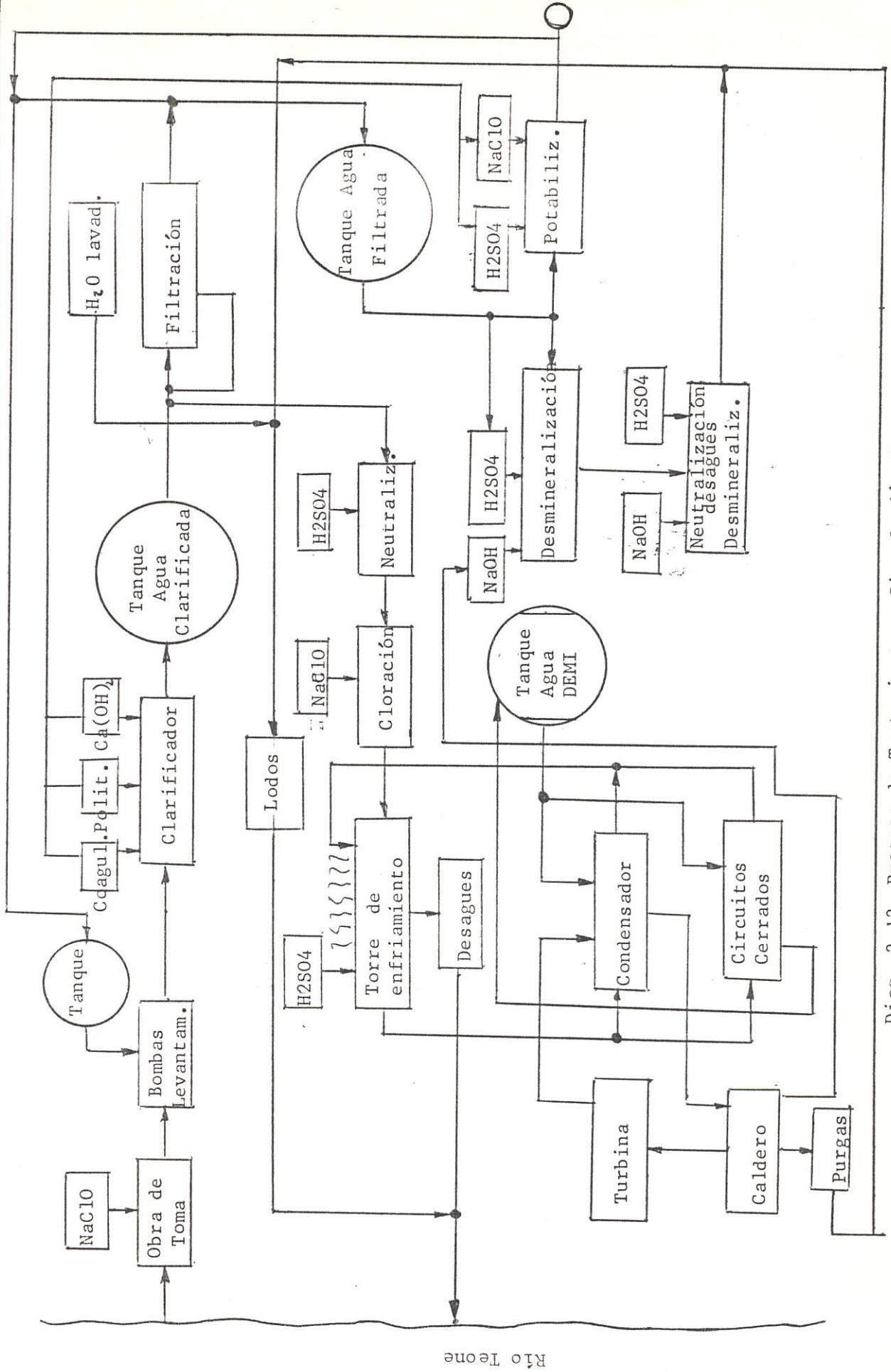


Diág. 2.10 Proceso Lubricación Turbo-Generador



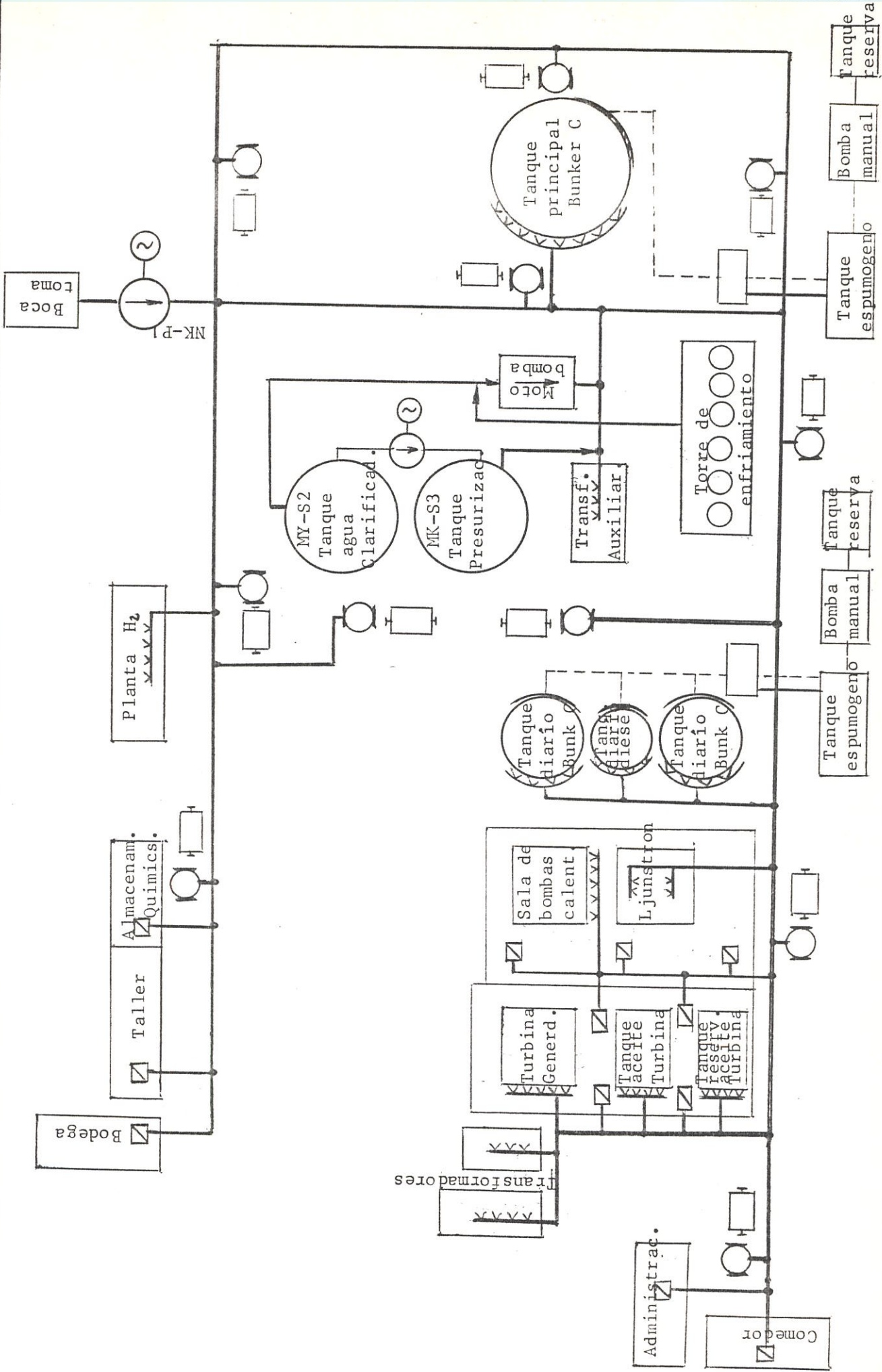


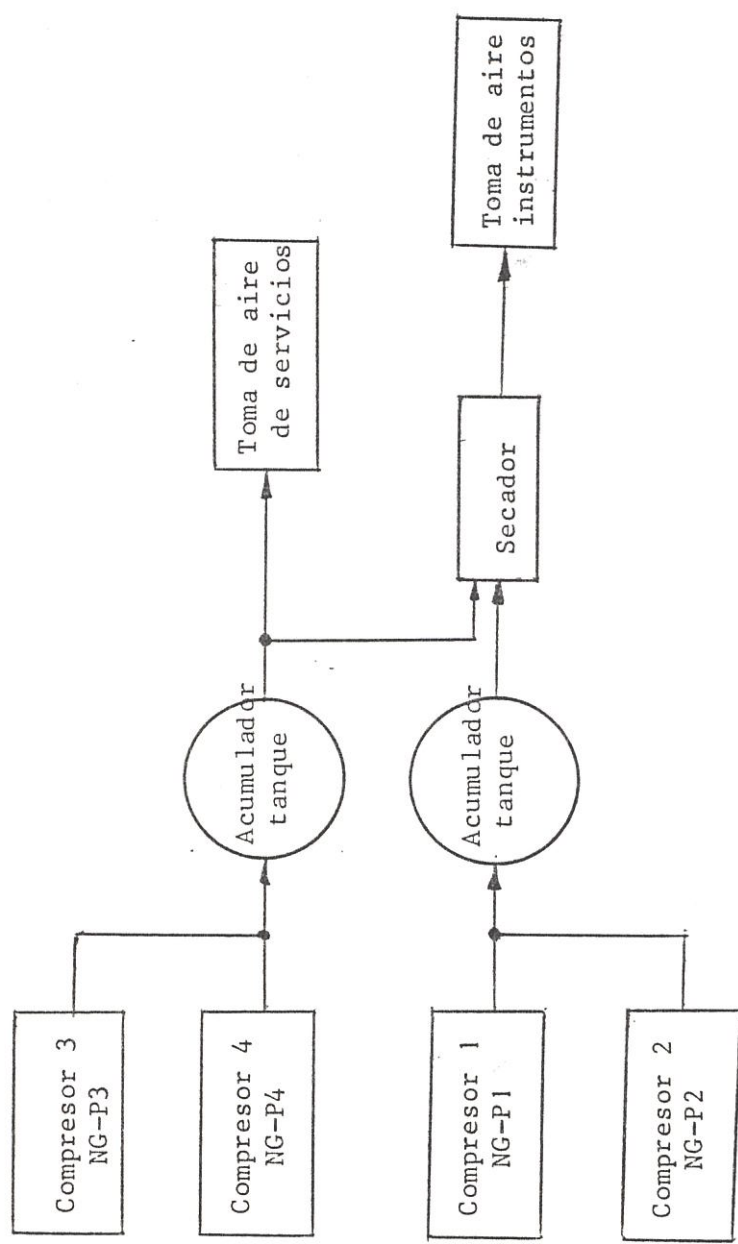
Diag. 2.11 Proceso Tratamiento, Potabilización y Desmineralización de Agua



Diag. 2.12 Proceso de Tratamiento y Circulación de Aguas de Servicios







Diag. 2.14 Proceso Aire Comprimido para Instrumentos y Servicios

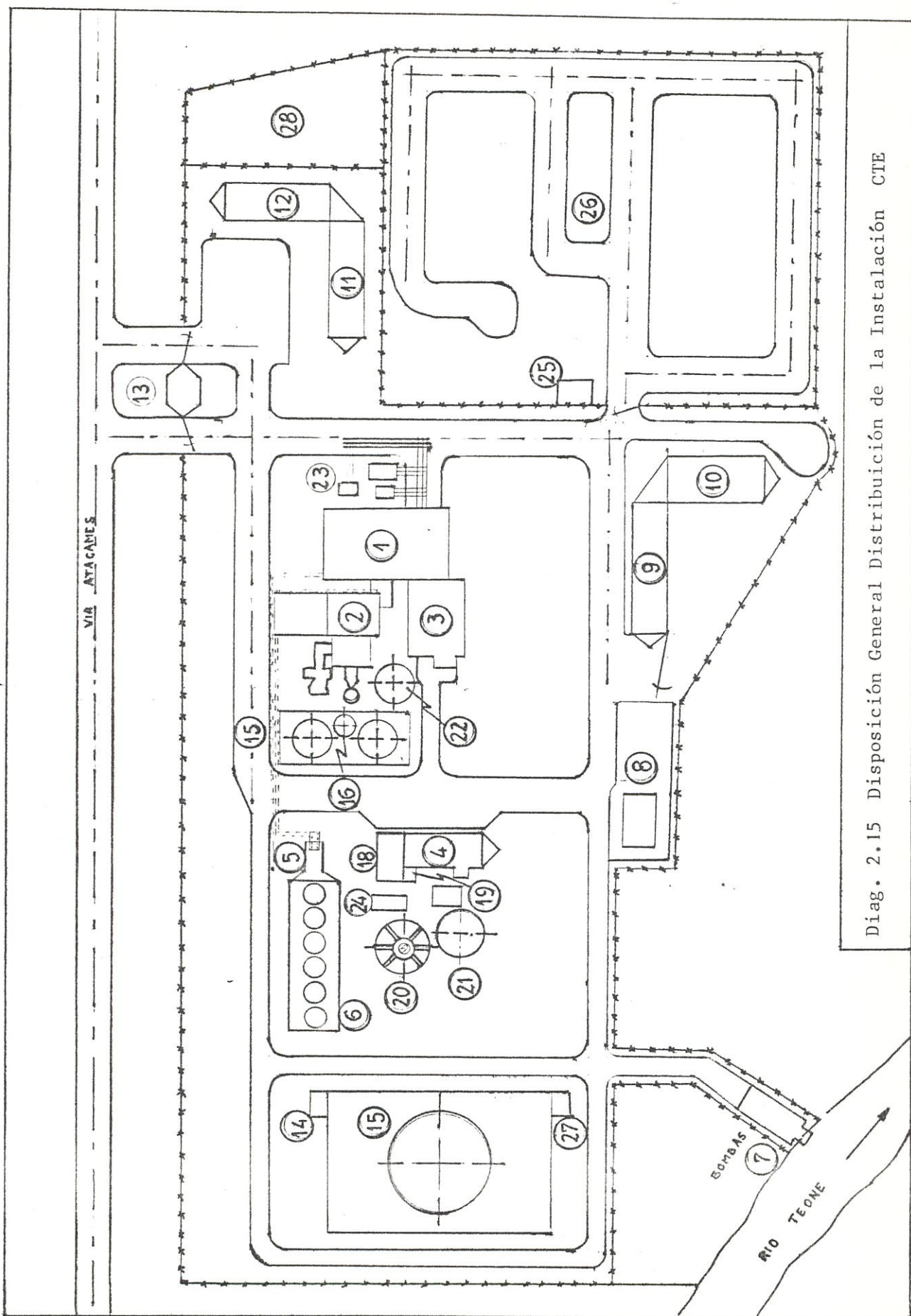
## 2.4 AREAS DE DISTRIBUCION DE LA INSTALACION Y DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS POR SISTEMAS.

### 2.4.1 AREAS DE DISTRIBUCION DE LA INSTALACION

Para ilustrar y visualizar de una mejor manera, como se encuentra distribuida la Instalación de esta Planta (CTE) por áreas, se presenta a continuación un plano de disposición general de la Unidad, acompañado de una lista con el nombre de las áreas respectivas, identificadas por el número correspondiente a cada área, que se encuentra en el plano (Véase Diag.2.15).

Lista de las áreas de instalación :

- (1) Sala de Máquinas
- (2) Generador de vapor
- (3) Edificio Eléctrico
- (4) Edificio de Tratamiento de Agua
- (5) Bombas de Circulación
- (6) Torre de Enfriamiento
- (7) Obra de Toma
- (8) Planta de Hidrógeno
- (9) Bodega y Talleres
- (10) Bodegas de Herramientas y Repuestos



Diag. 2.15 Disposición General Distribución de la Instalación CTE



- (11) Oficinas
- (12) Comedor
- (13) Casa del Guardián
- (14) Casa de Bombas
- (15) Tanque de 10.000 m<sup>3</sup> para Bunker C.
- (16) Tanque de 45 m<sup>3</sup> para el Diesel Oil
- (17) Tanques Diarios de 1.100 m<sup>3</sup> para el Bunker C.
- (18) Almacenamiento Reactivos Químicos
- (19) Estanque de Neutralización
- (20) Clarificador
- (21) Tanque de 1.100 m<sup>3</sup> para de Servicio con edificios de bombas.
- (22) Tanque de 1.100 m<sup>3</sup> para agua Desmineralizada.
- (23) Transformadores
- (24) Transformadores de la Torre de Enfriamiento.
- (25) Edificio de Subestación.
- (26) Area de Subestación.
- (27) Edificio Eléctrico para Bombas de Bunker C y Agua de Circulación.
- (28) Subestación EMELESA





#### 2.4.2 DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS POR SISTEMAS

##### Sistema de Generación de Vapor (Caldero)

- 1) Cámara de Combustión
- 2) Domo Caldero y Domo Inferior
- 3) Quemadores (8)
- 4) Sobrecalentador
- 5) Recalentador
- 6) Economizador
- 7) Sopladores de Hollín Retráctiles (8)
- 8) Sopladores de Hollín Rotativos (4) y Sopla  
dor LJUNGSTRON.
- 9) Precalentador Aire-Vapor o Aerotermo.
- 10) Calentador de Aire Regenerativo (LJUNGS-  
TRON)
- 11) Ventilador de Recirculación.
- 12) Ventilador de Tiro Forzado
- 13) Tubos de Caldero
- 14) Chimenea
- 15) Bombas de Suministro de Bunker C (2)
- 16) Bombas de Suministro a Diesel (2)
- 17) Filtros a Suministro de Bunker C (4)
- 18) Filtro de Suministro Diesel
- 19) Calentadores de Vapor de Bunker C (2)
- 20) Tuberías de Suministro de Combustible

- 21) Bombas de inyección fosfato al caldero (2)
- 22) Agitador Tanque Fosfato
- 23) Bombas de inyección hidrazina al Caldero  
(2).
- 24) Agitador Tanque Hidrazina
- 25) Servomotores y Palancas
- 26) Soportes y Tirantes
- 27) Ductos en General
- 28) Válvulas de Seguridad o Motorizadas
- 29) Válvulas Neumáticas
- 30) Válvulas Manuales
- 31) Instrumentos de Control
- 32) Indicadores de Nivel
- 33) Centro de Mando Acorazado

#### SISTEMA TURBO-GENERADOR

- 1) Turbina de Alta Presión
- 2) Turbina de Media Presión
- 3) Turbina de Baja Presión
- 4) Eyectores y Paletas
- 5) Virador y Bomba de Virador
- 6) Pedestal de Regulación
- 7) Enfriadores de Aceite Turbina
- 8) Depuradores de Aceite Turbina
- 9) Tanque de Aceite Turbina

- 10) Condensador Vapor Sellos Laberinto
- 11) Tanque Aceite Reserva Turbina
- 12) Extractores Vapor Tanque Aciete Turbina
- 13) Extractores Vapor de Sellos
- 14) Cojinetes y Sellos
- 15) Carcaza y Recubrimiento
- 16) Válvulas de Regulación
- 17) Instrumentos de Control
- 18) Centro de Mando Acorazado Turbina
- 19) Generador y Armario del Neutro
- 20) Alternador
- 21) Excitatriz Estática
- 22) Transformador de la Excitatriz
- 23) Disyuntor de Máquina (Generador)
- 24) Extractores Gases Cojinetes de Generador
- 25) Ductos de Barras
- 26) Equipo de Sellos de Hidrógeno (Enfriamiento Generador)
- 27) Instrumentos de Control y Regulación
- 28) Protecciones del Generador

#### SISTEMA DEL CICLO TERMICO (CICLO)

- 1) Condensador (Pozo Caliente, Cajas de Agua y Tubos).
- 2) Bombas de Extracción de Condensado (2)

- 3) Bombas de Agua Alimentación BAA (2)
- 4) Bomba de Lubricación Auxiliar BAA
- 5) Filtros, Enfriadores y Tanque de Aciete BAA
- 6) Precalentadores de Agua de B.P. (3)
- 7) Precalentadores de Agua de A.P. (2)
- 8) Desareador (Tanque de Reposición y Bandeja)
- 9) Bombas de Drenaje Condensado Precalentador  
Nº 1.
- 10) Bombas de Integración de Condensado (AP/BP)  
(2).
- 11) Tanque del Condensado de 1.100 m.
- 12) Trampas de vapor
- 13) Válvulas Motorizadas, Neumáticas y Manuales.
- 14) Instrumentos de Control y Regulación.
- 15) Tuberías y Soportes

#### SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION (CICLO)

- 1) Bombas de Agua de Circulación BAC (2)
- 2) Torre de Enfriamiento
- 3) Ventiladores de Tiro inducido (6) de Torre  
de Enfriamiento.
- 4) Amortiguadores y Válvulas check en la descarga de BAC.

- 5) Válvulas Motorizadas y Manuales.
- 6) Instrumentos de Control y Regulación
- 7) Tuberías y Soportes

#### SISTEMAS AUXILIARES

Sistema Agua de Enfriamiento en Circuito Cerrado.

- 1) Bombas Agua Circuito Cerrado
- 2) Enfriadores Agua de Circuito Cerrado
- 3) Tanque de Igualación Agua Enfriamiento 3 m<sup>3</sup>.
- 4) Válvulas y Tuberías
- 5) Instrumentos de Control y Regulación

Sistema Producción Hidrógeno (Planta H<sub>2</sub>)

- 1) Compresores H<sub>2</sub> (2)
- 2) Electrolizador
- 3) Bombas llenado Electrolito (2)
- 4) Tanques de Depósito H
- 5) Válvulas y Tuberías
- 6) Instrumentos de Control

Sistema Aire para Instrumentos y Servicios

- 1) Compresores Aire Instrumentos (2)
- 2) Tanque Aire Instrumentos



- 3) Secador de Aire
- 4) Compresores Aire Servicios (2)
- 5) Tanque Aire Servicios
- 6) Válvulas y Tuberías
- 7) Instrumentos de Control y Regulación

Sistema de Almacenamiento y Transferencia de Combustible.

- 1) Tanque Principal Bunker C de 10.000 m
- 2) Tanques Diarios de Bunker C de 1.100 m (2)
- 3) Tanque Diesel de 45 m.
- 4) Bombas Transferencia Bunker C (2)
- 5) Bomba Transferencia Diesel
- 6) Filtros Transferencia Bunker C (2)
- 7) Filtro Transferencia Diesel
- 8) Válvulas y Tuberías de Transferencia de Combustible.
- 9) Instrumentos de Control y Regulación
- 10) Líneas de Calentamiento de la Tubería de Bunker.

Sistema Captación de Agua

- 1) Boca toma (Rejillas-Stop Block-Canal de Aducción).

- 2) Bombas Captación Agua de Río (2)
- 3) Bombas Lubricación BAR (2)
- 4) Instrumentos de Control y Soportes
- 5) Válvulas y Tuberías

Sistema de Tratamiento y Potabilización de Agua.

- 1) Clarificador
- 2) Bombas de Transferencia a Tanque Agua Clarificada (2)
- 3) Tanque de Agua Clarificada
- 4) Bomba Transferencia Agua Clarificada a Cámara de Neutralización
- 5) Cámara de Neutralización
- 6) Bombas Transferencia a Tanque Agua Filtrada (2).
- 7) Filtro de Arena
- 8) Filtros de Carbón N° 1 y N° 2.
- 9) Tanque Agua Filtrada
- 10) Bombas de Agua Potable
- 11) Silo de Cal
- 12) Tanque de Calechal, con su Bomba de Transferencia.
- 13) Tanque de Cloruro Férrico, con su Bomba

de Transferencia.

- 14) Tanque de Polielectrolito, con su bomba de Transferencia.
- 15) Bombas Dosificación Hipoclorito a Torre (2)
- 16) Bombas Dosificación Polifosfato (2)
- 17) Bombas Dosificación  $H_2SO_4$  a Enfriamiento (2)
- 18) Bombas Dosificación de  $H_2SO_4$  a Cámara de Neutralización.
- 19) Bombas Transferencia  $H_2SO_4$  (2).
- 20) Bomba Llenado de  $H_2SO_4$
- 21) Bombas Hipoclorito de Sodio (2)
- 22) Bomba Hipoclorito a Obra de Toma
- 23) Bombas Dosificación Polielectrolito (2)
- 24) Bombas Dosificación Hipoclorito a Potabilización.
- 25) Bomba Agua Potable a Campamento.
- 26) Válvulas y Tuberías
- 27) Patio de Almacenamiento de Químicos
- 28) Instrumentos de Control e Indicadores de Nivel

#### SISTEMA DE AGUA DESMINERALIZADA (Planta DEMI)

- 1) Bombas Agua Filtrada (2)

- 2) Bombas Agua Descarbonada (2)
- 3) Filtros Catiónicos
- 4) Extractor de Gas Descarbonatador
- 5) Filtros Aniónicos
- 6) Filtros mixtos
- 7) Tanque de Soda Caústica, con sus Bombas de Dosificación
- 8) Tanque de  $H_2SO_4$ , con sus Bombas Dosificación Filtros.
- 9) Bombas Llenado al Tanque de NaOH (2)
- 10) Bombas Agua Desmineralizada (2)
- 11) Bomba  $H_2SO_4$  a C. Neutralización
- 12) Bomba Na OH a C. Neutralización
- 13) Bombas Agua a Pozo Neutralización (2)
- 14) Diluidor de  $H_2SO_4$
- 15) Válvulas y Tuberías
- 16) Instrumentos de Control e Indicadores de Nivel

#### SISTEMA CONTRA INCENDIO

- 1) Bomba Principal
- 2) Moto-Bomba
- 3) Hidrantes
- 4) Carros Lanzas, con Mangueras de 80 m.
- 5) Pulverizadores de Agua

- 6) Bocas de riego, con mangueras de 20 m.
- 7) Tanques Espumógenos (2) y Bombas Manuales (2).
- 8) Tanques Espumógenos de Reserva (2)
- 9) Tanque de Presurización del Sistema
- 10) Válvulas y Tuberías
- 11) Instrumentos de Control y Medición

#### SISTEMA DE LEVANTAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO

- 1) Ascensor Caldero
- 2) Puente Grúa Obra de Toma
- 3) Puente Grúa Sala de Máquinas
- 4) Montacarga
- 5) Instrumentos de Control

#### SISTEMA ELÉCTRICO DE MANDO

- 1) Pupitre de Muestreo
- 2) Baterías
- 3) Rectificadores, Convertidor CC-CA, Tableros.
- 4) Centro de Fuerza General
- 5) Centro de Fuerza de Grupo
- 6) Tablero de Distribución General de 6 KV.
- 7) Tablero de Distribución de Grupo de 6 KV.



- 8) Relé Principales
- 9) Relé Auxiliares
- 10) Sala de Mando de las Dependencias

#### SISTEMA ELECTRICO DE LOS TRANSFORMADORES

- 1) Transformador Principal
- 2) Transformador de Grupo
- 3) Transformador de Arranque
- 4) Transformador de Torre de Enfriamiento
- 5) Separador del Transformador en Aceite

#### SISTEMA ELECTRICO DE SUBESTACION

- 1) Estructuras Metálicas
- 2) Disyuntores de 138 KV, de 69 KV y de 13.8 KV
- 3) Seccionadores de 138 KV y de 69 KV.
- 4) Pararrayos de 138 KV, 69 KV y de DIADEL.
- 5) Aisladores, Bornes y Accesorios
- 6) Transformadores de Corriente de 138 KV y 69 KV
- 7) Transformadores de Tensión de 138 KV, 69 KV  
y 13.6 KV.
- 8) Subestación EMELESA.

#### SERVICIOS DE APOYO,

- 1) Talleres
- 2) Bodega
- 3) Laboratorio
- 4) Servicio Médico

- 5) Oficinas de Ingeniería
- 6) Oficinas Administrativas
- 7) Comedor
- 8) Transporte de Personal
- 9) Casetas de Guardianía

## CAPITULO III

### ORGANIZACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA CENTRAL TERMICA "ESMERALDAS"

#### 3.1 ESTRUCTURA ORGANICA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

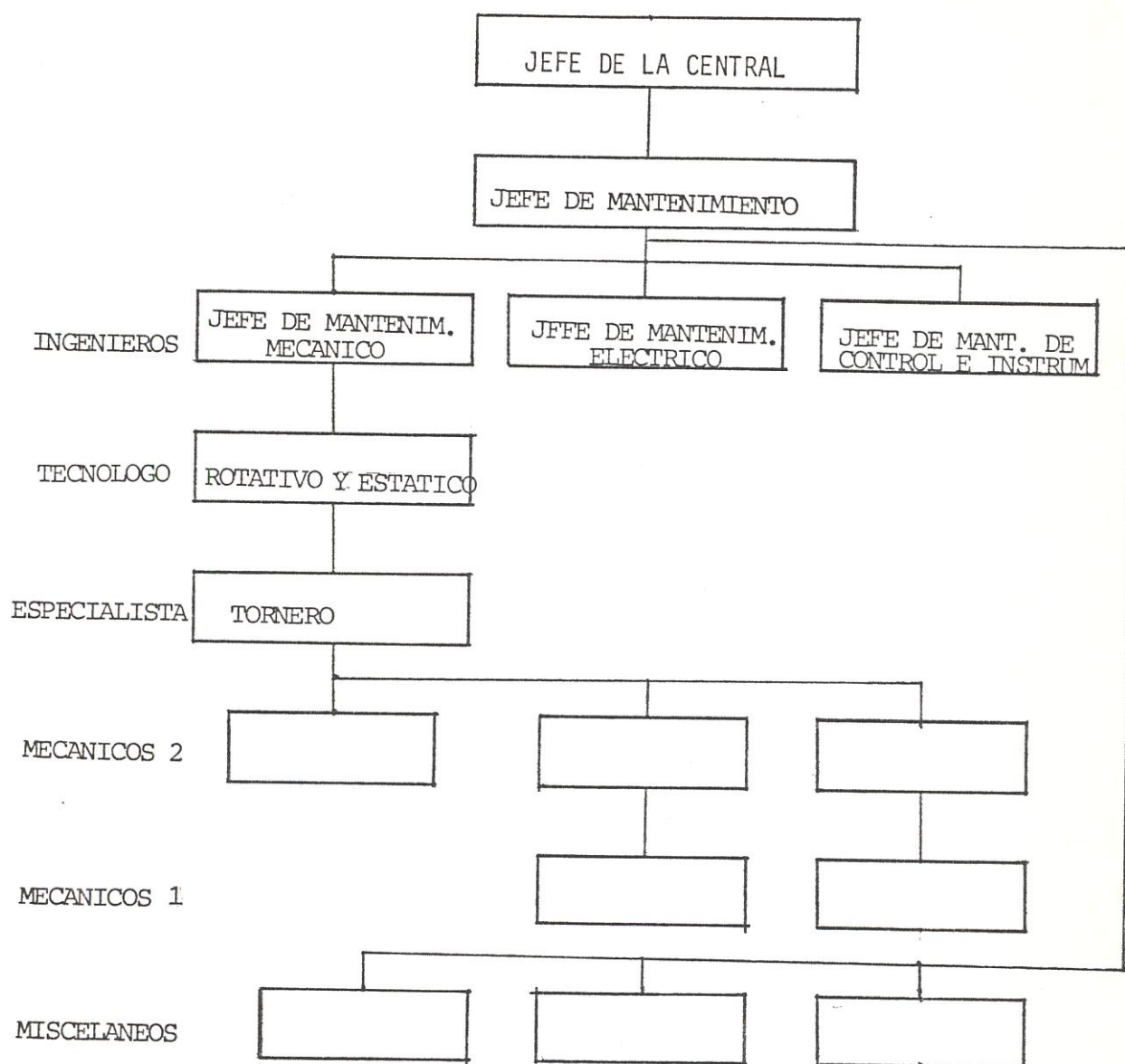
La estructura actual del Departamento de Mantenimiento y en particular de la Sección de Mantenimiento Mecánico de esta Central está visualizado en el Organigrama que se presenta en el Diag. N° 3.1.

#### 3.2 DIRECCION DEL SERVICIO DE REPARACION Y MANTENIMIENTO

##### 3.2.1 PLANEAMIENTO

El objetivo es conocer cual es la planeación del mantenimiento actual y que se define así:

- Existe un programa de mantenimiento anual, que está hecho en función de recomendaciones y especificaciones básicas de los fabricantes de cada equipo en particular, y en parte también en base a historia de las fallas.



Diag. N° 3.1 Organigrama actual de la Sección Mantenimiento Mecánico



- Existe control de lubricación consistente en chequeo y cambio de lubricante para cada equipo, basado en las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes.
- Se lleva a cabo un registro de vibraciones periódicas de los principales equipos.
- Se elabora un presupuesto anual en base a trabajos previamente planificados.
- Se ejecuta overhaul general de la planta (parada mayor de la Central) en forma periódica anual.
- También se hacen cursos de actualización del personal de ejecución y mando en labores de mantenimiento.

### 3.2.2 HERRAMIENTAS DE PLANEACION Y EJECUCION DEL MANTENIMIENTO.

Las herramientas de planeación y ejecución dentro de las actividades del mantenimiento son:



- El método del "PERT TIEMPO" y el método de la "RUTA CRITICA".
- Planos de reconocimiento general y de los sistemas de la planta, así como también planos de despiece de los equipos.
- Hoja de control de lubricación.
- Toma y registro de vibraciones de los equipos.
- Hoja de análisis de vibraciones.
- Codificación de los equipos y sistemas.
- Listados de repuestos.
- Programación mensual de mantenimiento preventivo y correctivo.

### 3.2.3 SISTEMA DE TRABAJO Y FLUJO DE INFORMACION.

Para el caso de esta planta existen papeles de trabajo para el funcionamiento y control de las operaciones de mantenimiento y son:

- La "tarjeta de trabajo", sirve para la coordinación y transferencia de información

entre los departamentos de operación y mantenimiento. Dentro de los papeles de trabajo a usarse están: Reporte de falla interno, pedido de trabajo, permiso de trabajo, orden de trabajo y reporte de trabajo.

- Manuales de información de los diferentes sistemas y equipos.
- Para complementar las operaciones de mantenimiento a través de los papeles de trabajo existe una supervisión dentro y fuera del campo de la actividad funcional.

#### 3.2.4 MOVIMIENTO Y CONTROL DEL TALLER Y BODEGA.

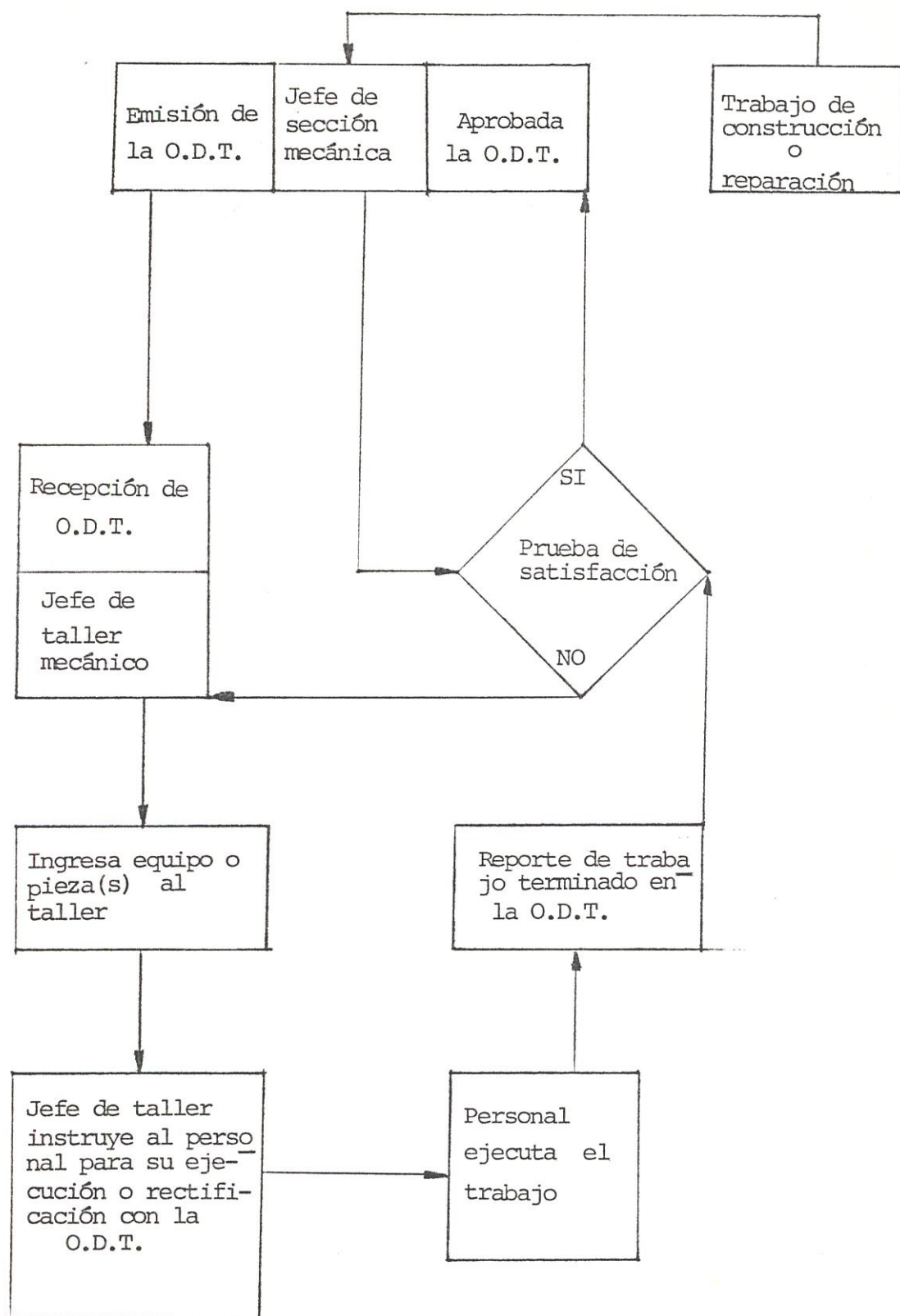
##### a) Movimiento y Control del Taller :

Para llevar a cabo cualquier trabajo de reparación o construcción, se emite por parte del Jefe de la sección mecánica (eléctrica o control de instrumentación) una orden de trabajo (O.D.T.), con las indicaciones respectivas, luego se transfiere la O.D.T. al Jefe del Taller Mecánico, este a su vez ingresa al taller el equipo o la (s)

piezas, el mismo que instruye y dispone del personal para su ejecución, quienes son supervisados durante el tiempo de trabajo, una vez terminado el trabajo se efectúa un reporte en la misma O.D.T., la cual recibirá la aprobación del Jefe de sección respectiva, si es que la prueba sale satisfactoria, de lo contrario se devuelve al Jefe del Taller Mecánico, para que ordene las rectificaciones del caso. Con la aprobación de la O.D.T. por el Jefe de sección pertinente, se la envía al departamento responsable de la recepción del equipo o pieza (s), para su entrega definitiva, para mayor ilustración véase Diag. N° 3.2.

b) Movimiento y control de bodega :

Para llevar a cabo cualquier pedido, ya sean estos materiales o repuestos, quien lo (s) requiera elevará una solicitud autorizada por el Jefe de la sección que le corresponda, con la respectiva autorización del Jefe de la Central, si no la hay regresa aquella solicitud al Jefe de la sección, para su correctivo pertinente.



Diag. N° 3.2 Movimiento y control del Taller.

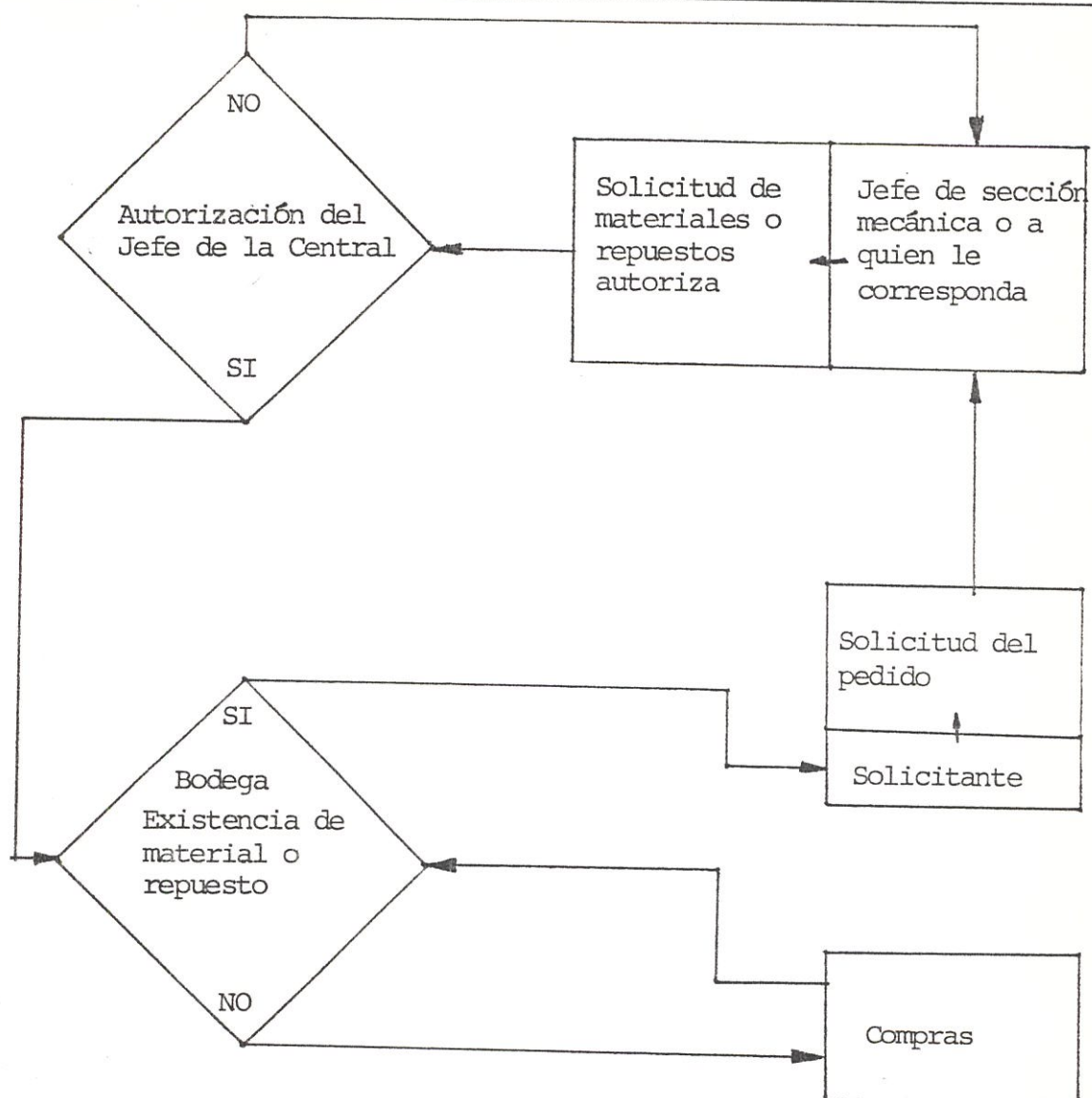
Luego se remite a Bodega, donde se determina la existencia del material o repuestos solicitado, y se elabora un documento llamado egreso de bodega, que lo firma quien solicita y la persona que entrega (el administrador de Bodega).

En el supuesto caso de que no hubiese dicho material o repuesto en existencia de Bodega, una copia de la solicitud de almacen es enviada a compras, para que se proceda a la compra respectiva, una vez adquirido el material o repuesto ingresa a bodega e inmediatamente se comunica a la persona solicitante y se procede igual con el material existente en bodega. (véase Diag. N° 3.3).

En cuanto se refiere al control de bodega se realiza mediante los siguientes documentos y acciones ejecutivas a tomar como son:

- TARJETA DE IDENTIFICACION.- Se coloca junto al material o repuesto que ingresa a bodega.





Diag. N° 3.3 Movimiento y control de Bodega

KARDEX O CONTROL DE EXISTENCIA.- Es la ficha donde se registra, fecha, número de documento, cantidades que ingresan o egresan y saldos a la fecha.

Muestreo periódicos.- Se realiza cada cierto para conocer o determinar si los saldos que constan en la tarjeta kardex reflejan la existencia en bodega.

INVENTARIO FISICO.- Es la toma física de las existencias que se realiza cada periodo de tiempo que fluctua entre 1 y 2 años, donde se determina sobrantes o faltantes que reflejan la buena o mala administración de bodega.

EXAMEN ESPECIAL DE AUDITORIA.- Se los realiza en períodos comprendidos entre 5 y 6 años, y se toma como base toda la documentación emitida por el encargado de Bodega, por los administradores del fondo, coordinadores de Bodega, Contabilidad, personal de administración de bienes, para determinar las variaciones encontradas en Bodega en dicho período de tiempo, este informe

de examen especial pasa a conocimiento de la contraloría general del estado.

### 3.2.5 LUBRICACION Y SUS RESULTADOS ESTADISTICOS EN LA PREVENCIÓN DE LAS PARALIZACIONES DE MAQUINAS.

La lubricación de esta planta se lleva a cabo de acuerdo con un programa establecido previamente, el control del mismo se realiza mediante la utilización "de las hojas de control de lubricación", en las cuales se hace constar el equipo y sus puntos a lubricarse, la marca del lubricante, la cantidad, modo de aplicación y la frecuencia con que se debe hacer, anotando para ello la última y la próxima fecha, con que se hace y se debe hacer dicha lubricación.

La frecuencia de lubricación está dada en semanas, a la vez las semanas están en función de las horas de trabajo de cada equipo o máquina, que las da el fabricante en manual específico para diversas marcas de lubricantes. Esto produce un problema en cuanto a la frecuencia con que se lleva a cabo, por lo que tenemos que si la planta está en plena opera-

ción, no se van a presentar mayores inconvenientes, de acuerdo con lo programado pero ahora nos encontramos que dicha central se encuentra parada, sufriendo una descoordinación y por ende la no aplicación en un porcentaje muy alto del programa en lo que se refiere a las frecuencias, justamente por no cumplir con las horas de trabajo normales que deberían laborar los equipos, esto origina a tomar otro tipo de medidas en cuanto a la frecuencia de lubricación, ya que sólo se da rodamiento a los equipos, de acuerdo con su requerimiento, programado por el departamento de operación, por lo que para efectuar el cambio de lubricante no se requiere solamente de las horas de trabajo, sino también el tener que hacer análisis químico de las características del lubricante, como son: la viscosidad (40 a 100°C CTK), índice de viscosidad, punto de inflamación, gravedad específica, color, número de neutralización y contenido de agua, así como también por reposición.

En lo que se refiere a los resultados estadísticos en prevención de las paralizaciones de máquinas de esta unidad, en la lubricación, al efectuar la recopilación de aquellos, no



se presentan mayor incidencia en las paralizaciones de los equipos, hecho que fue analizado a través de las hojas de historia de cada uno de los equipos, acotando que en dicha hoja se hizo el registro respectivo en base a los reportes de los trabajos realizados por el departamento de mantenimiento mecánico emitidos en las O.D.T. respectivas, es decir que el programa establecido funcionó más o menos acorde con su requerimiento en el período que esta unidad estuvo operando, teniendo una falla de consideración imputable a lubricación, que causó paralización de las máquinas y por ende de la unidad, que será analizada en el siguiente inciso de este capítulo como corresponde. Desde un tiempo acá hasta ahora ha permanecido parada la central por razones económicas y políticas, entonces durante este lapso ya no tiene validez analizar los resultados estadísticos en prevención a las paralizaciones.

### 3.2.6 ANALISIS ESTADISTICO Y ECONOMICO DEL COSTO DE PARALIZACIONES ATRIBUIDAS A DEFICIENCIAS DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO.

Es muy importante mencionar que esta central



térmica entró a operar y por ende a generar al sistema nacional a partir del 82/02/05 y cesó en sus funciones de operar-generar, en el 83/12/15.

Esto trae consigo que al hacer el análisis de paralizaciones debido a las deficiencias del mantenimiento mecánico se lo hará desde cuando entró a operar hasta cuando dejó de generar. Este hecho vale mencionar porque desde ese momento la Central no ha entrado a generar, sino esporádicamente 2 arranques de prueba por el lapso de 15 a 30 días, esto da lugar que para analizar las paralizaciones tiene que ser justamente cuando estuvo operando, por lo tanto al investigar estadísticamente lo que ocurrió durante este período, nos encontramos que se produjeron dos fallas de consideración que causaron paralización temporal o interrupción en el funcionamiento de la operación de esta unidad, de las cuales vamos a mencionar como siguen:

- 1) Bomba de agua de circulación (MG = P1)
- 2) Cojinete de empuje de la turbina.

Esto trae como consecuencia perjuicios económicos que elevarán el costo de mantenimiento y el dejar de percibir el lucro, por la energía no vendida, así como otros factores que van en contra de la economía de la Unidad y del Instituto que la cobija.

Es por ello que es preciso analizar como incide una falla económicamente en el sistema, por el daño que causa a la propiedad y por lesión personal, si el accidente lo amerita.

#### COSTOS (PERDIDAS) DIRECTOS :

Son todos los gastos económicos fácilmente perceptibles porque tienen una valoración inmediata en dinero y que han sido empleados en la recuperación del lesionado y/o de la propiedad dañada.

#### COSTOS (PERDIDAS) INDIRECTOS :

Se refieren a costos económicos derivados del accidente y que afectan a la producción y calidad. En caso de la DOSNI, sería energía no vendida (KW - H). Se refieren a costos económicos y sociales poco perceptibles y di-

fácilmente valorables, pero sin lugar a dudas reales y que en la mayor parte los casos no aparecen en la contabilidad.

El costo indirecto es siempre mayor que el costo directo, su relación varía entre uno y diez, y cambia de un tipo de industria a otra, de un tipo de trabajo a otro, en relación directa a la clase de riesgos y al grado de prevención de accidentes y enfermedades profesionales que se logre.

Mientras en la DOSNI se determinará el costo indirecto multiplicando el costo directo por 5, factor de ponderación más o menos aceptable para nuestra clase de riesgos.

Si un accidente provoca la suspensión del servicio del Sistema Nacional Interconectado o de un gran sector de éste, el factor de ponderación que debe tomarse en cuenta fluctúa entre 30 y 80, ya que en este caso los costos sociales y por lucro cesante afectan no solo a INECEL, sino también a las diversas empresas eléctricas regionales a quienes INECEL entrega la energía eléctrica y a su vez a la industria, el comercio y la artesanía, etc.,

que a nivel nacional se afectan por la suspensión del servicio.

Para poner en claro todo esto, tenemos que analizar las fallas mencionadas anteriormente, desde el punto de vista técnico y económico, en el otro inciso.

He aquí el análisis de unas fallas que causó interrupción y paralización temporal en la generación de carga (KW-H) de la Planta, como es caso de la bomba de agua de circulación N° 1, del sistema de agua de enfriamiento.

INFORME TECNICO DE LA FALLA :

- 1.- Fecha : 82/09/10 Hora: 22h45
- 2.- Sistema afectado.  
Sistema Nacional Interconectado (SNI).
- 3.- Equipo afectado  
Bomba de agua de circulación N° 1.
- 4.- Síntoma de la falla.  
Se detectó por excesiva vibración en la bomba.

5.- Causa probable.

Proceso de fundición de las paletas del rodete (falla del fabricante) o por falta de una revisión en funcionamiento a tiempo.

6.- Maniobras ejecutadas

Se puso la bomba de agua de circulación N° 1, fuera de servicio y en seguridad. Esto originó restricción en la carga de generación a 90 MW.

7.- Comentarios

Se hizo un reporte de inspección externa, según pedido de la orden de trabajo #245, el 82/09/13, encontrándose las siguientes novedades:

- a) Once pernos fracturados de la brida de acople en la tubería de descarga.
- b) Dos pernos con tuercas flojas.
- c) Un álabe del rodete de la bomba fracturada, además dos álabes fisurados.
- d) Rayaduras en el difusor, de profundidad alrededor de 1 mm., rotura de los pernos de ajuste de la campana.



- e) No se encontró acumulación de lodos o materiales extraños en el foso de suc  
ción de la bomba.

Luego durante el período del 82/09/13 al 82/10/18, siguió generando variando la energía de 70 a 90 MW, esta baja se debe justamente a que estaba operando con una sola bomba (MG-P2). A las 00:45 H del 82/10/18, se puso la unidad fuera de servicio, para buscar el pedazo de álabe fracturado que no se había encontrado, poniendo de antemano el generador fuera de servicio, seguidamente en forma escalonada los demás sistemas (turbina, caldero, enfriamiento de agua, ciclo, etc.), esta permanencia fuera de servicio de manera total sin generar, duró hasta las 22:35 H del 82/10/19, seguidamente se sincronizó la unidad a las 22:45 H e inmediatamente entró a generar. Esto implica que estuvo fuera de servicio del Sistema Nacional Interconectado por el lapso de 46:45 H, de las cuales se emplearon aprox  
imadamente 24:00 H, en la búsqueda del pedazo de rodete y en la reparación. Hay que mencio  
nar también que para alcanzar la carga neta (125 MW), ésta se obtuvo el 82/10/23, es decir siguió generando hasta esa fecha con car-

ga de 70 MW.

INFORME ECONOMICO DE LA FALLA :

Como consecuencia de esta falla, es lógico que ocasiona pérdidas económicas, que vamos a establecer en base al informe técnico, y aquellas pérdidas van a estar repartidas dentro de los costos directos e indirectos.

- Costo de la mano de obra.

En dicha reparación el siguiente personal, 1 ingeniero (supervisor), 1 tecnólogo y 5 obreros.

Para hallar el valor de las horas-hombre se necesita conocer el sueldo mensual, número de días laborables al mes y el número de horas laborables al día, y para calcular aquello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{sueldo mensual} / \# \text{ días lab.} / \# \text{ h lab.} = \text{valor H-H}$$

Luego el valor de las horas-hombre se lo multiplica por las horas trabajadas, con lo que se obtiene el costo de la mano de obra, además se multiplica adicionalmente por un

factor de 1.6, que obedece a los beneficios sociales y sindicales.

Procediendo al cálculo global de la mano de obra tenemos : S/. 41.500,60

Servicio exteriores

Se encontró dos busos por S/. 10.000,00

Costo de repuestos y accesorios

Se adquiere rodete nuevo por S/. 2'033.100,00

Pernos, tuercas y empaques	"	2.560,00
		<u>S/. 2'035.660,00</u>

TOTAL DE PERDIDAS :

S/. 2'035.660,00

41.500,00

10.000,00

S/. 2'087.160,00

#### COSTO (PERDIDAS) INDIRECTOS:

Estas pérdidas se originan, cuando en el período del 82/10/13 al 82/10/18, se bajó la carga de 125 MW hasta 70 a 90 MW, esto implica que se dejó generar aproximadamente 30 MW diarios durante 35 días (840 H), lo que equivale a 25'200.000 KW-H de energía no vendida, por el costo del KW-H que es de \$1.07<sup>2</sup>, nos da un valor de S/. 26'964.000,00

de pérdidas.

A continuación la unidad se puso fuera de servicio por 46 H, es decir 5'750.000 KW-H, de energía no vendida, lo que equivale a S/. 6'152.500,00 de pérdidas.

Luego durante la reposición del 82/10/19 al 82/10/23 en días son 4 (96 horas), con un promedio que no generó de 25 MW diarios, esto más de 2.400 KW-H de entrega no vendida, lo que equivale a S/. 2'568.000,00 de pérdidas.

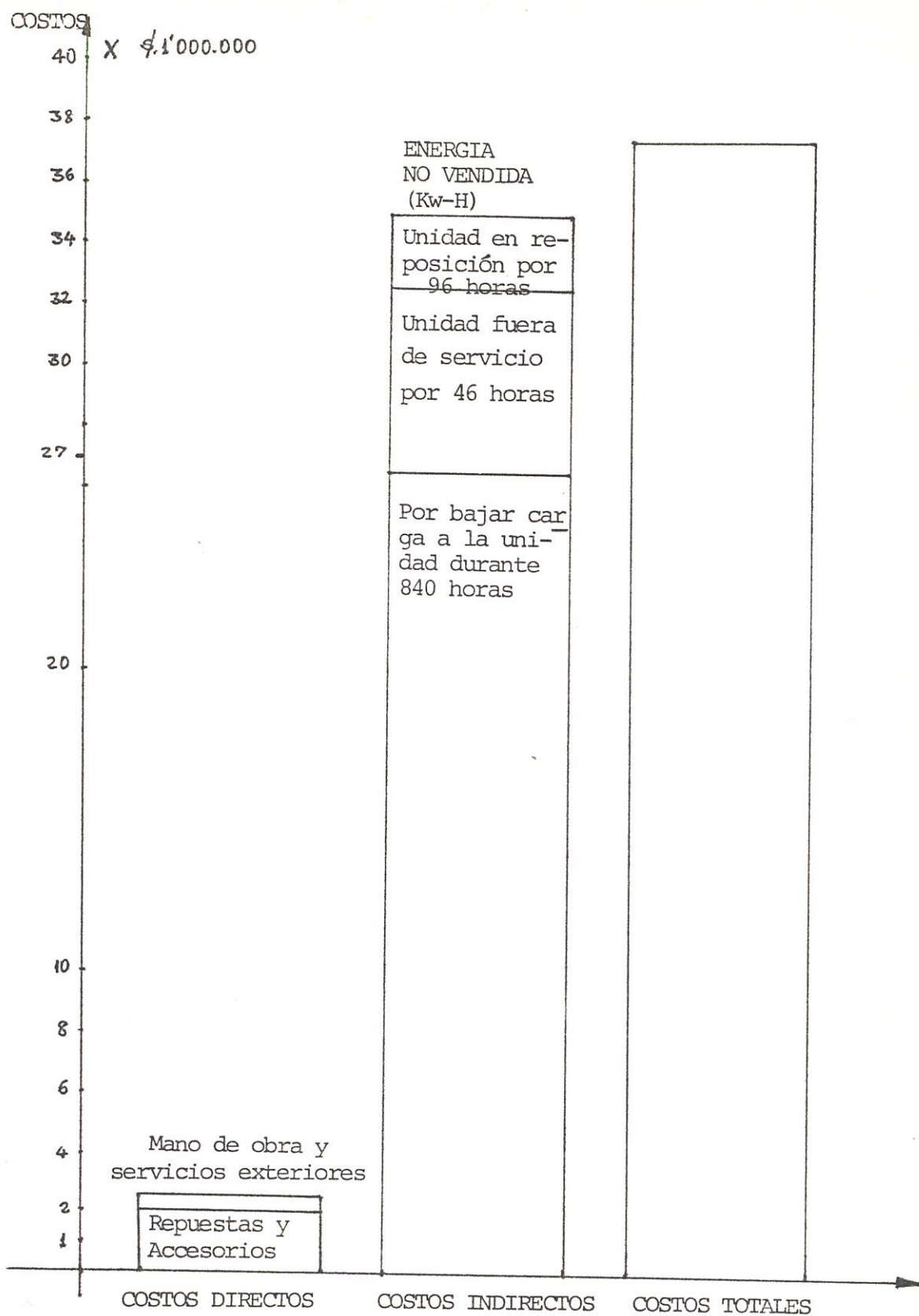
El total de energía no vendida por pérdida es la siguiente:

S/.	26'964.000,00
"	6'152.600,00
"	<u>2'568.000,00</u>
S/.	35'684.600,00

#### TOTALES DE PERDIDAS :

Costo Directo	S/.	2'070.645,00
Costo Indirecto	"	<u>35'668.460,00</u>
	S/.	37'739.105,00

Para mayor ilustración de los costos de esta falla véase Diag. N° 3.4.



Diag. Nº 3.4 Incidencia económica de la falla Bomba Circulación Agua Nº 1



Analizemos otra falla que causó también una interrupción y paralización temporal, de una manera somera, como es el caso del cojinete empuje de la turbina.

#### INFORME TECNICO DE LA FALLA

1.- Fecha:

2.- Sistema efectuado por la falla:

*Sistema Nacional Interconectado*

3.- Equipo afectado:

*Turbina*

4.- Causa probable:

*Operación manual sistema contraincendio transformador ST0 (falla humana).*

5.- Alarmas operadas:

*Operación sistema contraincendio ST0.*

*Disparo transformador ST0.*

*Disparo VTF.*

*Disparo caldero.*

*Disparo turbina.*

*Disparo generador.*

*Bloqueo unidad.*

6.- Relés operados:

*86A / 6 bloqueo generador*

*86B / 6 disparo generador*

7.- Interruptores abiertos :

4 1E - 252 G - 152 ST0.

8.- Maniobras ejecutadas :

Anotar alarmas

Coordinar con despacho

Encender caldero

Rodar turbina

Sincronizar y formar carga.

Salir de línea por T°C elevada en el cojinete de empuje de la turbina.

9.- Comentarios :

La operación indebida del sistema contra-incendio del transformador ST0., mientras el auxiliar se encontraba colocando tablas de señalización en el sistema indicado, provocó el disparo de la unidad, ya que al disparar el ST0., provocó la salida de la barra PCO y por ende la CCOE, lo cual disparó el Lunsgron y éste al ventilador de tiro forzado, seguidamente disparó al caldero y luego cesó la unidad.

Luego de reponer condiciones y tomar carga, se detecta un aumento brusco de T°C metal cojinete de empuje de la turbina =

100°C, no siendo problema del instrumento se decide salir fuera del paralelo y luego de investigar se detecta que el disparo de la unidad se debió a que no abrió la DUMP VALVE, lo cual originó una falla en el cojinete de empuje.

La DUMP VALVE no abrió, porque el diafragma se encontraba roto, obstruyéndose el paso del aire comprimido de la turbina de alta presión al condensador, esto produce un desequilibrio de las fuerzas axiales que actúan en la turbina. Todo esto se pudo evitar si se hubiere hecho una revisión funcional a tiempo y por ende la reparación pertinente.

Todo esto trajo consigo que la unidad quedó fuera de servicio hasta que se chequeó y se arregle el problema del cojinete.

#### INFORME ECONOMICO DE LA FALLA :

Por no constar con datos precisos de los costos que causó esta falla, pero en todo caso ésta originó pérdidas similares a la anterior en lo referente a su consecución,

es decir hubo que cambiar repuesto y emplear materiales, mano de obra, que originan los costos (pérdidas) directos, de la misma manera la energía no vendida, el prestigio institucional, lucro cesante, originan los costos (pérdidas) indirectos.

En todo caso las pérdidas de los costos indirectos son mucho mayor que las pérdidas por costos directos.

### 3.2.7 INCIDENCIA DEL COSTO DE MANTENIMIENTO MECANICO EN EL MOVIMIENTO ECONOMICO DE LA PLANTA.

Es de vital importancia la incidencia que tiene el costo de mantenimiento mecánico, en el movimiento económico de la planta, y para llevar aquello se requiere de un buen sistema de recopilar datos de diversos costos, que ayudará a un mejor funcionamiento del departamento y a encontrar el costo óptimo que se debe alcanzar.

Antes de entrar analizar los costos que origina el departamento de mantenimiento mecánico de esta planta, vamos a ilustrar muy ligera-

mente como se distribuyen conceptualmente los gastos de un departamento de mantenimiento y para ello se ha establecido algunos elementos básicos, en los que se originan los costos como son :

POR RENOVACION DE EQUIPO.- Tiene que ver con el costo de adquisición, instalaciones, mejoras y reemplazos.

REPUESTOS.- Son aquellos que se tiene en bodega con el objeto de reemplazar las piezas desgastadas que no sea posible repararlas.

ACCESORIOS Y MATERIALES.- Además del repuesto, se requiere de accesorios y materiales, para efectuar una reparación, las deben reposar en bodega o en su defecto efectuar la compra en el mercado.

MANO DE OBRA.- Se considera la mano de obra el tiempo empleado por un obrero en un trabajo específico, junto con el tiempo empleado en el trabajo, debe ir en el registro de tiempo o en la orden de trabajo, el costo de la mano de obra por unidad de tiempo.



SERVICIOS EXTERIORES.- Se denomina servicio exteriores, generalmente al uso o contratación de mano de obra (técnicos y/o equipos) para realizar trabajos que no es posible hacerlo con los elementos que se dispone en la planta.

SERVICIOS GENERALES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.- Cubre todos los gastos de operación de mantenimiento, entre estos costos podemos citar los siguientes :

- MANTENIMIENTO DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS.-

Por seguridad industrial, seguros, por suministros de oficina, calefacción, aire acondicionado y por limpieza de las instalaciones, etc.

- CONSUMO DE LUBRICANTES.- Es el gasto que representa el cambio de lubricantes de cada equipo de acuerdo con un período establecido o cuando las circunstancias lo requieran, ya sea al efectuar el cambio, tanto de los aceites, así como las grasas.

Después de emitir conceptos elementales sobre la distribución de los gastos de manteni

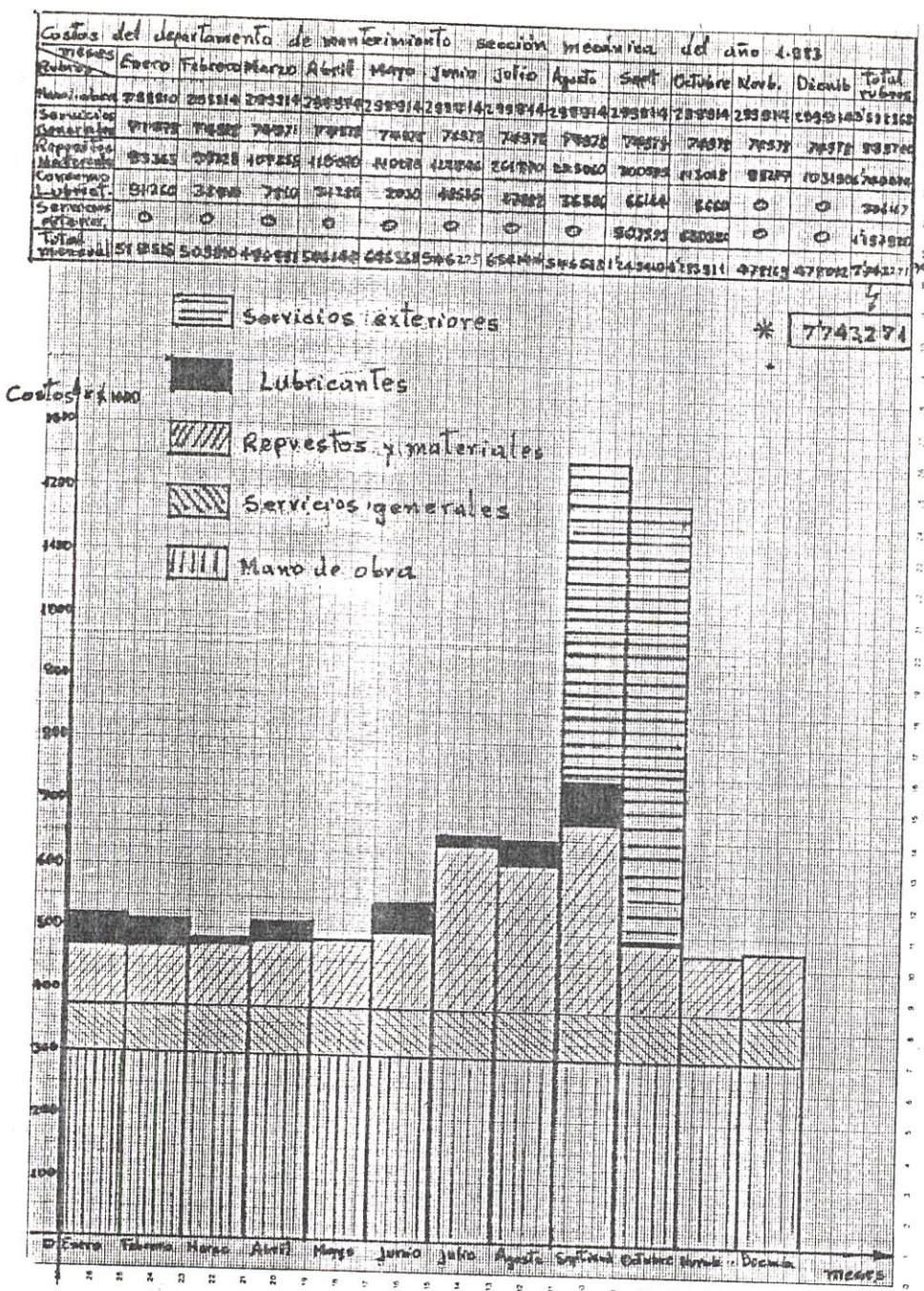
miento, vamos a ilustrar con cuadros y gráficos, como se desglosarán los gastos del año 1983 y 1985.

Es preciso aclarar que se analiza el año 1983, porque en ese entonces estuvo operando y el año 1985 porque no generó al sistema (planta parada), esto trae consigo que se pueda establecer comparaciones en dos etapas diferentes, de las cuales haremos un análisis más adelante, luego de mostrar primero los Diag. N° 3.5 y N° 3.6.

En estos anexos se desglosan los gastos de mantenimiento mecánico por rubros, con su respectivo total de cada año, se investigó sobre los gastos y asignaciones de esta central, con la finalidad de sacar el porcentaje de los gastos de mantenimiento mecánico, con respecto a estas asignaciones para determinar cual es la incidencia del costo de mantenimiento mecánico en el movimiento económico de la planta.

Las cifras encontradas son las siguientes :

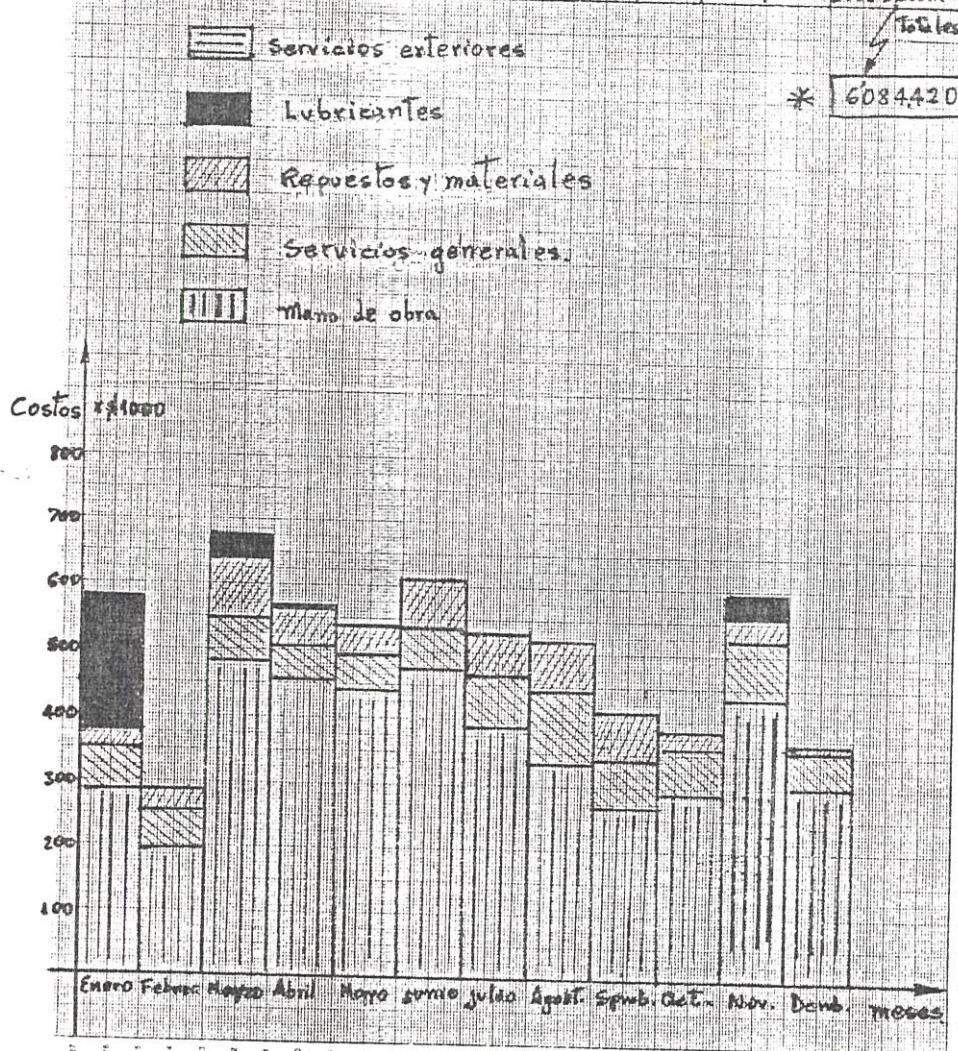




Diag. Nº 3.5 COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  
SECCION MECANICA DEL AÑO 1983



Costos del departamento de mantenimiento seccion mecanica del año 1985													
Meses	Enero	Febrer.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Nov.	Dicm.	Total Rubros
Mano obra	258660	286890	453600	453700	440000	471700	387330	338640	268100	288000	431200	299400	4345630
Servicios generales	82030	20600	85500	52000	38000	61000	78770	103310	73000	63400	80100	57370	663002
Repuestos material	21560	57700	98200	53700	40600	76700	65800	77600	78700	24100	24530	6050	590450
Lubricantes	206400	0	38000	7200	4400	2300	1430	0	0	1400	3700	0	297780
Servicios exterie.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total mensual	578850	385100	674900	566700	523300	611600	535240	515700	448950	373800	552300	368315	6084420



Diag. N° 3.6 COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  
SECCION MECANICA DEL AÑO 1985

Asignación del año 1983	S/. 52'456.581,00
Gastos mant. mecánico 1983	" 7'769.566,00
Incidencia	14,92%
Asignación del año 1985	S/. 52'081.566,00
Gastos mant. mecánico 1985	" 6'084.420,00
Incidencia	11,6%

Lógicamente una planta en operación, no trae los mismos gastos, que una planta parada, como lo demuestran los resultados analizados aquí. Es decir siempre una planta en operación va a ocasionar más gastos que una parada, a eso tenemos que agregar el aumento que produce la inflación a todo nivel, mes a mes, año a año.



## CAPITULO IV

### SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

#### 4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

##### 4.1.1 LINEAMIENTOS GENERALES

El presente Sistema propuesto se denomina "Sistema de Mantenimiento Programado", el cual se lo ha diseñado después de realizar estudios de diferentes textos y analizar sistemas específicos aplicados en algunas Industrias afines. También se ha recopilado la historia de cada uno de los equipos por Sistemas, lo que permite obtener una idea global de lo que se desea para proceder a elaborar el Programa de Mantenimiento indicado de acuerdo con las características de cada uno de los equipos, partes complementarias y auxiliares que constituyen esta Central.

El nombre "Programado", se debe a que todos los trabajos de Mantenimiento a que se somete un equipo están de antemano comprobados que son necesarios y por lo tanto dirigidos exclusivamente a su punto de utilidad, es decir han sido pensados y analizados previamente.

Con tal dirección, los Programas de Mantenimiento Preventivo (Programado), nunca se han encontrado ser exactamente iguales en cuanto a equipos en servicios y distribución de la instalación, además difieren en organización, políticas de producción y personal.

De tal manera, el Programa a establecerse aquí dependerá de las necesidades y características de esta Planta (CTE), y tiene como principal objetivo lograr una mejor distribución del tiempo (Horas-Hombres), en los trabajos a ejecutarse y por ende lograr la optimización de los costos de Mantenimiento y su evaluación, su descripción se desarrolla por etapas, porque así se lleva una secuencia en el control de su aplicación.

En el presente Sistema de Mantenimiento Programado se introducen tres etapas:

- La primera etapa, el punto de partida de este Sistema, la constituye la elaboración de herramientas de planificación tales como : la hoja de control y de historia de cada uno de los equipos; su importancia radica en que nos permite tener a mano una in-

- formación agil para cualquier investigación o trabajo a realizarse.
  
- La segunda etapa se constituye la parte medular del Sistema, por el hecho de que se programa el Mantenimiento a llevarse a cabo con sus lineamientos y características, para poner en marcha la programación a través de sus herramientas de planificación como son los formatos de Programación Anual, Mensual, de Lubricación y Parada Mayor.
  
- La tercera etapa comprende control del servicio de Mantenimiento, lo que permite conocer la eficiencia del Mantenimiento con respecto a la programación permitiendo llevar una estadística de sus costos. Para ello se elabora los formatos que a continuación se los menciona como siguen: Sistema de Ordenes de Trabajo, Informe Mensual del Mantenimiento Programado y Correctivo, y por último un Informe Mensual de los Costos de Mantenimiento.

Cabe recalcar que todas las herramientas de planificación (formatos) que componen

cada una de las etapas, corresponden a la Elaboración del Programa de Mantenimiento por Etapas, que constan en este mismo capítulo en el inciso 4.3.

#### 4.1.2 DESCRIPCION DE LA PRIMERA ETAPA.

Esta etapa consta en su primera parte de una hoja de control por equipo, que no es otra cosa que la carta de inventario del mismo bastante general en su contenido, en donde se establece un formato para cada equipo, registrándose detalladamente, el nombre y los códigos, antecedentes técnicos, información complementaria, detalles de construcción, programación de lubricación y programación de mantenimiento.

La forma de elaboración de aquella hoja de control, se lo hará en el inciso correspondiente a este capítulo.

Mientras tanto conviene señalar la descripción de ciertos términos tales como :

- Antecedentes técnicos.- Se refiere al fa-

bricante, suministrador, tipo, año de fabricación, número de serie y planos referenciales, etc.

- Información complementaria.- Se refiere a datos del motor eléctrico, acoplamiento, rodamientos, bombas indicando parámetros de funcionamiento y manuales de consulta.
- Detalles de construcción.- Se refiere a materiales, procesos de fabricación y las principales condiciones de operación.
- Programación de lubricación.- Indica la cantidad, la posición, tipo de lubricación y la frecuencia con que debe cambiarse.
- Programación de mantenimiento.- Se basa al programa de actividad llámese inspección, reparación y la frecuencia con que se debe hacer dicha actividad.

La segunda parte está constituida por la hoja de historia que tiene cada equipo. Esta hoja sirve para recordar detalles y la fecha de cada uno de los trabajos de mantenimiento



mecánico a que son sometidos los equipos. Para ello se establecen uno o más formatos, según lo requiera cada caso en particular. La historia está basada en recopilaciones de las órdenes de trabajo emitidas por cada departamento y realizados por el departamento de mantenimiento. El formato consta de 5 columnas que son encabezadas con los siguientes términos :

- Fecha.- Se refiere a la fecha de terminación del mantenimiento, anotando año/mes/día.
- Falla.- Indica a quien detectó y emitió la orden de trabajo anotando la letra con que comienza el departamento que efectuó el pedido y el número de la orden.
- Detalle del trabajo realizado.- Se hace constar el "por qué" de la falla y se anota el resultado de la inspección, si se reparó parcialmente en forma total, si se cambió un repuesto y si se reutilizó materiales; y si se cambió lubricante u otro cualquier accesorio. Finalmente, debe ha-

cer hincapié en el trabajo realizado verificando si las condiciones (O.K.) de su funcionamiento sometiendo a prueba del equipo o indicando si quedó algo pendiente.

- Responsable.- Es quien dirigió y supervisó el trabajo.
- Horas.- Se refiere al tiempo empleado para realizar el trabajo.

Por último hay que destacar la función ejecutiva a cumplir, para la cual se crearon herramientas, su importancia radica en la facilidad y agilidad para obtener ciertos datos para realizar un trabajo o efectuar una investigación.

De esta manera, no se pierde tiempo en información y nos permite planificar, organizar, ejecutar y controlar, más eficientemente cualquier trabajo o investigación. Ambas tarjetas van adjuntas de un mismo equipo.

#### 4.1.3 DESCRIPCION DE LA SEGUNDA ETAPA

Esta segunda etapa constituye la base del Sistema de Mantenimiento Programado, se va a describir en sí, la programación con sus lineamientos y características.

¿Qué parte del equipo debe ser intervenido?  
¿Qué actividad se debe hacer? ¿Cuándo se lo debe hacer? En lo que se refiere a la actividad a efectuarse y cuando se lo debe hacer, se tomará como base la hoja de historia de cada uno de los equipos, así como recomendaciones del fabricante y las guías de mantenimiento elaboradas por la Superintendencia de INECCEL.

La importancia del Programa se basa en evitar en lo posible paralizaciones o semiparalizaciones que tiendan a incrementar los costos de mantenimiento; en lograr una mejor predisposición y aprovechamiento de las horas-hombres y en definitiva tender a buscar el mejoramiento del Sistema Actual.

Es de señalar que ningún Programa de Mantenimi

miento es estable, por el contrario el tiempo traerá cambios, por lo que este Programa sufrirá modificaciones de acuerdo con la organización, política de producción y económica de INECCEL y de la misma Central (CTE); además por el envejecimiento de los equipos, disponibilidad de personal y otros factores indirectos que también inciden en menor grado.

Este sistema, lo constituye un Programa anual y mensual, un Programa de Lubricación y una parada mayor. El Programa Anual por ser justamente el eje central del sistema enlista las actividades, la frecuencia y la identificación de los equipos con sus partes y sus respectivos sistemas.

Para tener una cabal idea de sus lineamientos vamos a hacer una descripción detallada de su contenido :

- IDENTIFICACION O NOMINACION.- Es la forma de identificar los equipos y para ello el formato tiene tres columnas encabezadas con los siguientes términos: Código GIE; nombre y/o sistema, las partes más importantes del equipo, según lo requiera el caso, por el

hecho de que los equipos están enlistados en sistemas y a la vez los sistemas están codificados por medio del GIE (Véase Diag. N° 4.2).

- FRECUENCIA.- Partiendo desde el punto de vista que el programa es anual, distribuimos el tiempo en frecuencia semanal, dividiendo parte del formato en columnas verticales, numeradas del 1 al 52, por el hecho que el año tiene 52 semanas, además se agrupan las semanas que pertenecen a cada mes.
- ACTIVIDADES.- Las actividades son los elementos del funcionamiento del programa, representados por símbolos que permiten una mejor disposición de visualización y se introducen como enlaces entre la frecuencia y los sistemas y/o equipos.

Es importante entonces conocer que actividad se debe programar y que equipo y sus partes deben ser intervenidos. A continuación se diseña el modelo del símbolo que representa cada actividad y son los siguientes:



- ⊙ Revisión en funcionamiento (programada)
- Revisión en funcionamiento (ejecutada)
- ◊ Inspección y/o chequeo lub. (programado)
- ⊕ Inspección y/o chequeo lub. (ejecutado)
- Limpieza (programada)
- ⊞ Limpieza (ejecutada)
- ▭ Overhaul (programado)
- Overhaul (ejecutado)

-REVISION EN FUNCIONAMIENTO.- Es una actividad que necesita de ciertos auxiliares de control para analizar el funcionamiento de los equipos y la obtención del diagnóstico y si existe o no alguna alteración tomar los correctivos pertinentes.

También esta revisión puede darse por medio de la (observación visual) del equipo en su funcionamiento.

- Limpieza.- Como su nombre lo indica es una actividad que se programa por la historia e instrucción del fabricante o por la condición del medio ambiente, que presentan ciertos equipos e instrumentos.

En cuanto al personal necesario para reali-

zar la limpieza, pueda que unos casos se necesite de uno o varias personas, con sus respectivas herramientas y equipo de seguridad, además si es necesario, transporte, recipientes, material consumible, combustible, etc.

PROGRAMA MENSUAL, como lo mencionamos anteriormente, es una parte del sistema de mantenimiento programado. Su importancia radica en que nos permite desglosar las actividades del programa anual, con la finalidad de ejercer una mayor flexibilidad de las actividades.

Este programa nos permite incluir las actividades no presupuestadas en nuestro programa anual, así como también las actividades que se producen por fallas imprevistas o accidentales de los equipos. Es de señalar que una forma de visualizar las actividades es por medio de simbología, con los mismos lineamientos y características en cuanto a su significado que la programación anual. (Véase Diag. N° 4.4).

PROGRAMA DE LUBRICACION, es otra parte del sistema de mantenimiento programado que tiene como fundamentos el control de lubricación. Esta actividad selecciona la marca y tipo de lubricantes, y formas y métodos de lubricación.

A continuación explicaremos en que consiste las hojas de lubricación y el contenido de las listas de lubricantes.

En las hojas de control de lubricación constan el nombre del equipo y sus partes a lubricarse, la marca y tipo de lubricante, la cantidad, el modo de aplicación y la frecuencia, anotando para ello la fecha última y la próxima en que se hace y se debe hacer dicha actividad (Véase Diag. N° 4.5).

En cuanto se refiere a la frecuencia de lubricación, se la establece en períodos de semanas y a su vez las semanas están en función de las horas de trabajo de cada equipo estipuladas en un manual específico que las da el fabricante.

Siempre hay que tratar de incluir una misma marca y tipo de lubricante, teniendo en cuenta que no perjudique el rendimiento de los equipos.

#### EQUIPOS DE LUBRICACION

- 1) Carro transporte
- 2) Aceiteras
- 3) Engrasadoras de presión
- 4) Bombas para vaciar cajas de engranajes
- 5) Repuestos de graseras
- 6) Recipientes
- 7) Cepillos y brochas
- 8) Herramientas básicas
- 9) Liencillos o franelas y combustible
- 10) Caja del lubricador

También se incluye unas hojas para el servicio de lubricación, que a la vez sirven para reportar cualquier anomalía en el equipo, es decir son hojas de lubricación e inspección para cada equipo, de manera que el lubricador debe tener aptitudes y responsabilidad para emitir un criterio mecánico apto para detectar fallas de maquinarias. Estas fallas se reportan a base de un código inscrito en la misma

hoja (Véase Diag. N° 4.6).

- INSPECCION; LUBRICACION.- Son actividades sencillas en su concepción y aplicación. Este tipo de actividad se las realiza por observación visual y por tanteo.

Su aplicación está dedicada a inspeccionar, tanques de almacenamiento, tuberías, ductos, soportes de contención, válvulas, tirantes y los componentes auxiliares.

La ruta a seguir por el inspector será siguiendo la descripción de los procesos de cada sistema que fueron descritos en el Capítulo II. Siguiendo esta misma ruta de la inspección de paso se chequea el lubricante de los equipos e instrumentos que se encuentren.

- OVERHAUL.- Llámese también reparación general. Esta actividad se desarrolla con personal capacitado y de experiencia.

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad por lo general es el siguiente :





- 1) Desmontaje de los equipos
  - 2) Inspección general
  - 3) Limpieza general
  - 4) Cambios de repuestos y accesorios si son necesarios.
  - 5) Calibraciones
  - 6) Montaje
  - 7) Prueba
- OVERHAUL GENERAL (Parada mayor).-

Es otro tópico del Sistema de Mantenimiento Programado, que es necesario e importante para todas las Centrales Termoeléctricas, ya que normalmente se debe efectuar una Parada Mayor anualmente o cada año y medio, por el lapso de 20-30 ó 45 días, según el caso lo requiera.

El propósito es llevar a cabo todas las reparaciones existentes, producto de las inspecciones, así como también corregir cualquier anomalía que se ha venido presentando en algún equipo o estructura complementaría o auxiliar de un sistema.

A continuación delineamos los pasos a seguir, para llevar a cabo el Overhaul General :

- 1) Elaboración de una lista preliminar de tr  
bajo.
- 2) Clasificación de los trabajos
- 3) Estimación de requerimientos de mano de o-  
bra.
- 4) Determinación del potencial humano disponi  
ble.
- 5) Preparación de un Pre-Plan, para determi-  
nar cuales son los factores que controlan  
la duración de la salida.
- 6) Consideraciones de requerimientos de super  
visión.
- 7) Consideración de servicios a ser provistos.
- 8) Consideración de métodos de trabajos y des  
pués del inicio del Overhaul.
- 9) Revisión del Pre-plan a la luz de la últi-  
ma información disponible.
- 10) Obtener la información de la ejecución del  
trabajo.
- 11) Obtención de información de los resultados  
de la inspección de la Planta.

- 12) Replanificación del trabajo sobresaliente a la luz del trabajo actual, los resultados de nuevas inspecciones e información. Esto debe hacerse tan a menudo como sea necesario hasta que se complete el Overhaul.

#### 4.1.4 DESCRIPCION DE LA TERCERA ETAPA

Esta etapa comprende la autorización y control del servicio de mantenimiento, que es una técnica que tiene como función principal preveer y controlar los costos de mantenimiento. Su fin es planificar y controlar el trabajo realizado por mantenimiento.

El procedimiento a emplearse tiene que adaptarse a las condiciones de esta planta, ya que ningún plan es igual a otro, por otro lado, los ejecutivos de cualquier institución o empresa están en la obligación de preguntarse cada cierto tiempo. ¿Cómo se está llevando el mantenimiento? ¿Cómo van los costos de mantenimiento?

Para contestar adecuadamente estas preguntas

se necesita conocer si el mantenimiento cubre las necesidades en forma efectiva, demostrándole a la gerencia o a quien le corresponda, a través de un programa de control que proporcione una auditoría interna continua del rendimiento de trabajo del mantenimiento por mínima que sea la tarea que se ejecute.

Este programa de control para nuestro caso constituye una etapa de mantenimiento programado y que contiene algunos elementos básicos para su aplicación, que los centramos en los siguientes puntos :

- 1) Un sistema de órdenes de trabajo para la organización, autorización y prioridad de trabajo.
- 2) Un informe mensual del mantenimiento programado y correctivo, de los trabajos ejecutados, suspendidos y en avance.
- 3) Un informe mensual del control de los costos de mano de obra, lubricantes, repuestos, materiales y taller.

Luego los puntos en mención, los vamos a detal

llar minuciosamente en su contenido para tener una idea cabal en su aplicación.

El orden es como sigue :

- 1) Un sistema de órdenes de trabajo es muy necesario en la operación normal de una central o planta industrial, para lo cual se necesitan ciertos documentos o papeles que sirven para la coordinación y transferencia de la información o requerimientos entre los departamentos de operación y mantenimiento. Dentro de los papeles de trabajo a usarse en la central están planeados los siguientes :

REPORTE DE FALLA INTERNO.- Es un papel, el cual normalmente será usado por operación para anotar signos o datos del mal funcionamiento de equipos, desperfectos ocasionados en sistemas, que requieren chequeo o una intervención del departamento de mantenimiento.

PEDIDO DE TRABAJO.- Este es un papel que servirá para requerir del departamento de mantenimiento la realización de un trabajo



que ya está claramente definido. Ejemplo:  
Cambio de manómetro quebrado.

PEDIDO DE PERMISO DE TRABAJO.- El sistema de permisos de trabajo requiere de documento que acredita la necesidad de poner en seguridad alguna parte de la planta, para que el ingeniero encargado de despacho proceda a iniciar los respectivos aislamientos y a la vez hay necesidad de hacer conocer a los ingenieros de operación todos los trabajos que el departamento de mantenimiento realiza o realizará.

ORDEN DE TRABAJO.- Consiste en dar instrucciones precisas y claras sobre el trabajo a realizar a los obreros.

REPORTE DE TRABAJO.- Este se refiere a un reporte que debe dar el obrero encargado del trabajo, principalmente sobre las situaciones extraordinarias encontradas durante la realización del trabajo.

Para cubrir los anteriores puntos, se ha diseñado un formato (Véase Diag. N° 4.8).

Este formato será duplicado, podrá ser usado por el departamento de operación en el caso de que haya detectado un defecto en alguna parte de la planta, es decir el reporte de falla interna, en tal caso será llenado con el nombre del equipo, con su respectivo código GIE, la ubicación precisa del lugar donde se hará el trabajo.

Luego vendrá la "prioridad", la cual debe ser analizada por el ingeniero de mantenimiento, en todo caso las prioridades se definen así :

-Emergencia, es cuando la disponibilidad de generación es reducida a cero y se necesita emprender en una reparación inmediata para restituirla.

-Urgente, se señalará como trabajo urgente cuando el defecto, afecte a la generación parcialmente o la eficiencia de la unidad.

-Normal, se llamarán así a los defectos que no afecten a la generación normal de la unidad y por tanto se rectificarán luego de haber resuelto los demás trabajos.

Luego se identificará según sea el caso la sección del departamento de mantenimiento involucrado en el trabajo.

En la casilla de "defecto o pedido", deberán señalarse los síntomas del defecto; aquí se anotará las alarmas, protecciones operadas y toda la información necesaria para la identificación del daño, en el caso de que se haya identificado ya el trabajo para remediar el defecto, se escribirá dicho trabajo necesario, el cual puede ser de rutina o modificación. Finalmente termina con la firma o nombre del personal que pidió o detectó la falla, el trabajo y la fecha en la que se lo hizo.

El aislamiento necesario se anotará el tipo de seguridad que necesita ese tipo de trabajo, según procedimiento ya existe.

La "restricción de la planta", se refiere a las condiciones de la unidad para llevar a cabo el trabajo, esto es afin con las clases de prioridad ya discutida anteriormente.

El departamento de mantenimiento se encargará de llenar lo que es la descripción del trabajo, situación importante, ya que deberá ser tal que el obrero leyendo dicha orden estará enterado de que clase de trabajo es, el sitio exacto donde debe hacerlo y si es necesario los a seguir, cuando el trabajo es extenso o importante se anotará el número de especificación de trabajo que deberá confeccionarse para dichos casos.

También contará las herramientas especiales necesarias y los repuestos a utilizarse si se predetermina, o los utilizados, anotando luego de haber terminado el trabajo.

Los datos de repuestos y de horas-hombre servirán para hacer el cálculo de costos de mantenimiento.

En el caso de ser trabajo programado o de rutina, las órdenes pueden ser preparadas con anterioridad y el caso de trabajos muy repetitivos se podrá tener pre-impresas

las órdenes de trabajo (Véase Diag. Nº 4.9).

- 2) Un informe mensual del mantenimiento programado y correctivo, que nos sirve para constatar y visualizar las diferentes actividades que se desarrollaron que quedaron pendientes o que se ejecutarán durante ese mes. Hay que aclarar que el informe de mantenimiento correctivo y adicionales va en otro formato (Véase Diag. Nº 4.10 y 4.11) respectivamente.

La descripción de ambos formatos es igual en su contenido y se lo delinea de la siguiente manera: La clave es el que se ha programado y ejecutado los trabajos; la descripción del sistema y/o equipo; el tipo de mantenimiento, la actividad que se desarrolla Unidades si hay una o más unidad en una central; los días que comprende el mes, es decir los 31, para saber el día preciso que se programó o ejecutó el trabajo; las horas-hombre programadas o ejecutadas que se emplearon en porcentaje; así mismo el avance en porcentaje; observaciones del personal empleado; y finalmente en notas donde se hace constar cualquier even



tualidad del personal o del equipo; más abajo consta quien elaboró el informe, con las respectivas firmas de autorización que corresponden.

- 3) Este informe mensual de los costos de mantenimiento es de vital importancia tanto para el departamento de mantenimiento mecánico, la central (CTE) en nuestro caso, como para el instituto (INECEL) que nos cubre. Este informe se convierte en el termómetro económico, para medir los rubros que se gastaron en las reparaciones que se llevaron a cabo por diferentes causas.

Como es lógico este informe se emplea un formato sencillo y claro en su contenido (Véase Diag. N° 4.12), el cual se lo delinea de la siguiente manera :

Se hace constar el número de la O.D.T., que se emitió para ejecutar el trabajo; la fecha que se terminó el trabajo; el nombre del equipo y el sistema que pertenece; luego vienen los rubros estableciendo para lo cual la cantidad que se gastó en cada uno



de ellos, como son la mano de obra, repuestos, materiales, lubricantes y taller, para obtener finalmente costos totales de cada mes.

De manera que podemos hacer un análisis de las variaciones mensuales del año y sacar las conclusiones respectivas, además esto nos permite y nos conlleva a un análisis económico estadístico para ir optimizando costos de mantenimiento y a la vez se ejerce un control de todo lo que se empleó en las reparaciones.

#### 4.2 JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.

El mundo industrializado busca constantemente nuevos métodos para minimizar costos y aumentar eficiencia y calidad de los diferentes productos que una industria produzca para el consumo.

Eso obliga a buscar como parte fundamental de esta estructura, un sistema de mantenimiento que contenga métodos de trabajo lo más económico posible y evitar paralizaciones o semiparalizaciones en las má-

quinas y equipos que van a incidir directamente en la producción.

Todo aquello tiene su justificación técnica y económica por el alto costo de la máquina instalada, el alto costo y dificultad de adquisición de los repuestos, el incremento salarial frecuente, los niveles de producción más exigidos y los tiempos mal usados en los diferentes trabajos.

Esto inspira a proceder a emplear una filosofía muy cuidadosa en la distribución de los costos y en el tiempo laboral que va a ser determinado por las características de un sistema que lo denominamos "Mantenimiento Programado", de manera que este mantenimiento rinda los beneficios ante que la paralización sea necesaria. Sin embargo, debe quedar muy en claro, que aunque el mantenimiento programado es muy importante, de valor considerable para el buen funcionamiento de un equipo o de las máquinas, pero no del todo es la solución.

Vamos a mostrar el efecto significativo, que tiene en la práctica el sistema de mantenimiento aquí propuesto, como es el mantenimiento programado, su funcionamiento tanto técnico como económico está

basado en prevenir las paralizaciones o semiparalizaciones, de las máquinas y consecuentemente de la unidad, para colaborar y fortalecer aquello se esgrimió hechos, como es el caso de una de las fallas que se analizó en la sección 3.2.6, que trajo como consecuencia cuantiosas pérdidas económicas, que están establecidas en los costos directos e indirectos. Pero no del todo estas pérdidas se debieron a la falta de programación pero si en un porcentaje y la otra a efectos de la incidencia que se producen las fallas.

La sustitución de un sistema por otro desde el punto de vista técnico y económico es dable por lo dicho anteriormente y porque lógicamente que con el pasar del tiempo una planta industrial exige modificaciones en su planificación, organización y programación, que se producen por los constantes cambios, básicamente por la estructura política y administrativa del Instituto (INECEL), que cobija en este caso la central (CTE), del personal y por la misma edad de la planta, que cada vez será más exigente en su mantenimiento.

Hay que recalcar que de la efectividad que se tenga en la parte técnica, en cuanto a su programa-



ción, ejecución y resultados de los diferentes trabajos que se lleven a cabo, tiene ingerencia directa en la parte económica, es decir en gran parte los gastos se van a dar o sencillamente no se dan es por el mal o buen sistema de mantenimiento que tenga una central o planta industrial.

Por esta razón y otras razones de carácter interno de una planta industrial de que se trate en la parte técnica, tiene incidencia directa en el orden económico, dando lugar a los costos directos e indirectos se originen.

Por ello es justificable desde todo punto de vista, tanto técnico como económico, que se adopte un sistema de Mantenimiento Programado, como el propuesto en esta tesis, habiendo comenzado por el estudio propio de esta unidad, hasta ir poco a poco elaborando un programa por etapas.

Y por último para justificar plenamente en otro punto muy importante del Sistema de Mantenimiento Programado, que incide en parte en su orden económico y técnico, hay que canalizar y coordinar el funcionamiento del sistema en las operaciones de la Planta.



Para ello se emplean cronogramas de avance y métodos de evaluación que van a dar una pauta de la efectividad que tenga el programa, pero para obtener aquello se necesita del tiempo, ya que su aplicación así lo exige en la consecución de sus resultados. Por eso es muy importante recalcar que no se puede demostrar con cifras numéricas, en cuadros y gráficos, una justificación plena, tanto técnica y económica, pero eso sí, con el pleno convencimiento que los justificativos planteados aquí son una realidad en la práctica.

#### 4.3 ELABORACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO POR ETAPAS.

En este inciso se establece los diagramas de las herramientas de planificación (Formatos), que componen cada una de las etapas, descritas anteriormente en el inciso 4.1 de este capítulo.

La primera etapa comprende los siguientes diagramas :

Diag. 4.1 Formato Hoja de Control de Equipo

Diag. 4.2 Formato Hoja de Historia del Equipo

La segunda etapa la componen los siguientes diagramas :

Diag. 4.3 Formato del Programa Anual

Diag. 4.4 Formato del Programa Mensual

Diag. 4.5 Formato del Programa de Lubricación

Diag. 4.6 Formato del Servicio de Lubricación e  
Inspección.

Diag. 4.7 Formato del Overhaul General (Parada Ma  
yor).

La tercera etapa la componen los siguientes diagramas :

Diag. 4.8 Formato de Orden de Trabajo (Mantenimiento  
1).

Diag. 4.9 Formato de Orden de Trabajo y Reporte de  
Trabajo (Mantenimiento 2 y 3).

Diag. 4.10 Formato de Informe de Mantenimiento Pro  
gramado.

Diag. 4.11 Formato de Informe de Mantenimiento Co-  
rrectivo y Adicionales.

Diag. 4.12 Formato de Costos de Mantenimiento.













[illegible]

Diag. 4.5 Formato del Programa de Lubricación







DOSNI- CENTRAL TERMICA ESMERALDAS

ORDEN DE TRABAJO

N°

EQUIPO	PRIORIDAD		
	Emergencia	Urgente	Normal
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ITEM	RESPONSABLE		
	Mecánica	Eléctrica	Inst. y Control
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DEFECTO O PEDIDO:	Correctivo	Programado	Modificación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SOLICITADO POR:			
Fecha Hora			
Aislamiento Necesario			
Perm. de Trab.	Coor. Scope	Ninguno	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Restricción de la Planta			
Fuera de Serv.	Reduc. de Carga	Ninguna	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION DEL TRABAJO			
PERMISO DE TRABAJO			
Autoriza por SCOPE			
Recibo por DEMAN			
FECHA HORA			
Tiempo estimado			
Medidas de Seguridad tomadas para poder efectuar este trabajo			
Lista de los equipos en los cuales se puede trabajar			
Iniciación del trabajo			
Terminación del trabajo			
Fecha y Hora			
PENDIENTE <input type="checkbox"/> por Repuestos <input type="checkbox"/> Asist. Técnica <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>			
REPORTE DE TRABAJO			
RESTRICCIONES Y/O RECOMENDACIONES			
CANCELACION PERMISO DE TRABAJO Y/O ENTREGA - RECEPCION			

MANTENIMIENTO

Diag. 4.8 Formato Orden de Trabajo (Mantenimiento 1)



DOSNI - CENTRAL TERMICA ESMERALDAS

ORDEN DE TRABAJO		N°
EQUIPO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <b>PRIORIDAD</b>  <input type="checkbox"/> Emergencia    <input type="checkbox"/> Urgente    <input type="checkbox"/> Normal                 </div> <div> <b>RESPONSABLE</b>  <input type="checkbox"/> Mecánica    <input type="checkbox"/> Eléctrica    <input type="checkbox"/> Inst. y Control    <input type="checkbox"/> Otros                 </div> </div>
DEFECTO O PEDIDO:		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input type="checkbox"/> Correctivo    <input type="checkbox"/> Programado    <input type="checkbox"/> Modificación                 </div> </div>
SOLICITADO POR: <span style="float: right;">Fecha:    Hora:   </span> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <b>ASLAMIENTO NECESARIO</b>                      m. de Trab. <input type="checkbox"/>    Cerr. Scope <input type="checkbox"/>    Ninguno <input type="checkbox"/> </div> <div> <b>RESTRICCION DE LA PLANTA</b>                      Fuera de Serv. <input type="checkbox"/>    Reduc. de Carga <input type="checkbox"/>    Ninguna <input type="checkbox"/> </div> </div>		
DESCRIPCION DEL TRABAJO		N° Espec. Trab.
AUTORIZADO POR:		RECIBIDO POR:
HERRAMIENTAS ESPECIALES:		
REQUISITOS:		
SOLICITUD:		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>                     Inicio y Hora:    Iniciación del trabajo:    Terminación del trabajo:                 </div> </div>		
PENDIENTE <input type="checkbox"/> por Repuestos <input type="checkbox"/> Asist. Técnica <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
no estimado    h.    m.    s.		
<b>REPORTE DE TRABAJO</b> <div style="height: 100px;"></div>		

CENTRAL TERMICA ESMERALDAS

CONTINUACIÓN REPORTE

N° HORAS			
NOMBRES	Normales	Extra	Lento
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
TOTAL HORAS			
Meno de Ocho:    Repuestos:    Lubricantes:    Taller:    Materiales:			
TOTAL			

Diag. 4.9 Formato Orden y Reporte de Trabajo (Mantenimiento 2 y 3)





PROGRAMADO	EJECUTADO	PROGRAMADO	EJECUTADO
PR	—	PR	—
EJ	—	EJ	—

mes de 19 sección mantenimiento mecánico

[illegible]

ELABORADO

**JEFE DE MANTENIMIENTO**

**JEFE DE CENTRAL**





BIBLIOTEC

JEFE DE CENTRAL

**JEFE DE MANTENIMIENTO**

Diag. 4.12 Formato Informe de los Costos de Mantenimiento

[illegible]

## CAPITULO V

### ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO E INTRODUCCION DEL SISTEMA EN LAS OPERACIONES DE LA PLANTA

#### 5.1 ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Al desarrollar una organización que se hará cargo del servicio del mantenimiento debemos tomar en cuenta que no existe el método ideal que puede ser aplicado a todas las situaciones, éstas varían considerablemente de una Planta a otra.

Para ello se esgrimen algunas reglas básicas que deben tomarse en cuenta al organizar un servicio de mantenimiento como son :

- Debe existir una clara demarcación de responsabilidades en la organización.
- Definir funciones de cada una de las personas involucradas en la organización del departamento mecánico.
- Cada jefe debe tener el mínimo posible de personas bajo su cargo, evitando duplicación de labores y disminuirá el rol de pago.
- Mantener un número óptimo de personas supervisadas por un individuo.



- Control del trabajo que se va a realizar, durante un período determinado, para disminuir cargas de labor y sobretiempos.
- Entrenamiento y capacitación del personal.

#### 5.1.1 ESTRUCTURA ORGANICA PROPUESTA

La estructura orgánica interna del departamento de mantenimiento debe ser hecha cuidadosamente, porque puede parecer que es algo que carece de importancia, pero esto no es verdad. De hecho que es uno de los pasos más importantes para lograr que un departamento funcione adecuadamente, ya que la eficiencia del mismo en gran parte depende de la manera como se efectúan las funciones específicas.

Se debe combinar el trabajo de los individuos, de manera que logren la aplicación eficiente, sistemática, positiva y coordinada del esfuerzo disponible.

Se debe tomar en cuenta que una organización adecuada mejora el control y disminuye la pérdida de tiempo y dinero. Así como también

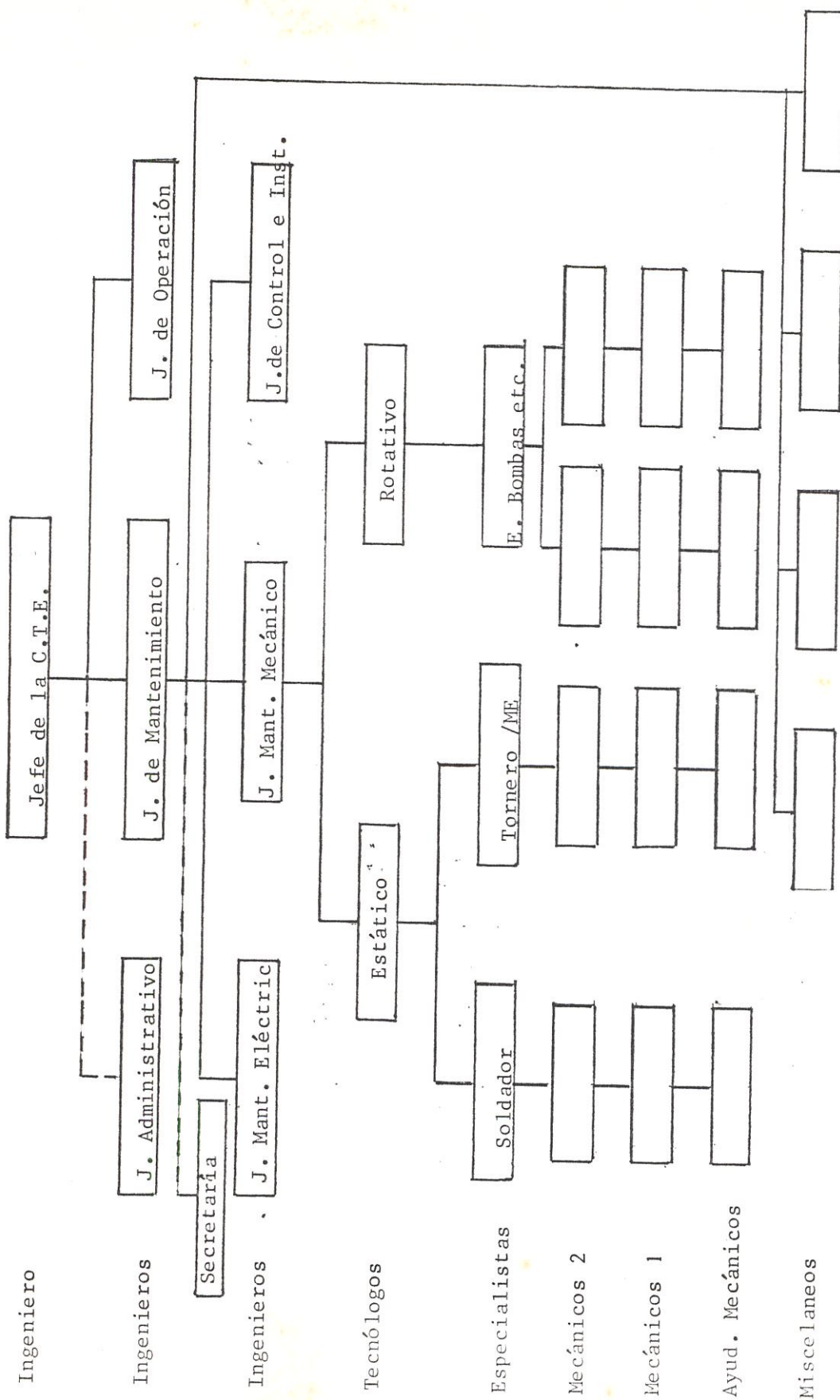
el estado de ánimo psicológico del departamento se refuerza grandemente con la ubicación del puesto de cada persona que le corresponda.

El arreglo de un organigrama que se revise y adapte inmediatamente después que haya habido cambios funcionales o de personal, es lógico y normal para que cuando se haga esto, no ~~halla~~ malos entendidos en relación con la autoridad y las responsabilidades de los jefes.

La localización de las funciones del departamento de mantenimiento, de cada una de las personas que desempeñan diferentes labores, se dan en el siguiente organigrama propuesto, refiriéndonos concretamente a la sección de mantenimiento mecánico (Véase Diag. N° 5.1).

#### 5.1.2 DESCRIPCION DE CARGOS DIRECTIVOS

La descripción de los cargos directivos, se basa en definir funciones y responsabilidades de cada una de las personas involucradas en el departamento de mantenimiento mecánico.



J. = Jefe

C.T.E. = Central Térmica Esmeraldas

Diag. 5.1 Organigrama Propuesto de la Sección de Mantenimiento Mecánico

Descripción de las funciones del jefe del de  
partamento de mantenimiento :

1.- Nombre del cargo :

Jefatura del departamento de mantenimiento  
general.


2.- Relación jerárquica :

- a) Depende directamente de la jefatura  
de la central
- b) Recibe asesoría técnica de las super-  
intendencia de la DOSNI
- c) Tiene bajo sus órdenes a los jefes de  
cada sección de mantenimiento (mecánico,  
eléctrico e instrumentación).

3.- Funciones y responsabilidades

- a) Cumplir y hacer cumplir las leyes,  
normas, reglamentos e instructivos  
que rigen las relaciones laborales entre  
los empleados y obreros del departa  
mento de mantenimiento e INECCEL.
- b) Planificar todos los trabajos de man-  
tenimiento a realizarse durante el

año en la central y el campamento.

- 
- c) Supervisar la elaboración de los programas anuales de mantenimiento preventivo de cada sección y control mensual de su ejecución.
- d) Elaboración del presupuesto anual y mensual para los trabajos de mantenimiento.
- e) Coordinar las actividades y trabajos de las tres secciones del departamento de mantenimiento, entre ellas mismas de éstas con el departamento de operación y con el departamento administrativo.
- f) Coordinar y controlar los trabajos realizados por contratistas o del personal de afuera de INECEL.
- g) Aprobación de la utilización de las secciones. Revisar y solicitar stocks de repuestos necesarios para los equipos.



Funciones y responsabilidades del Jefe de la  
sección de mantenimiento mecánico :

1.- Función Global :

Planificar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades de la sección de mantenimiento mecánico, a fin de obtener costos totales mínimos de operación, mantener las instalaciones y equipos de la central en buenas condiciones operacionales y en un porcentaje óptimo de tiempo.

2.- Relación jerárquica :

- a) Depende directamente del Jefe del Departamento de Mantenimiento.
- b) Recibe asesoría técnica del personal de especialistas de la Superintendencia de la DOSNI.
- c) Tiene bajo sus órdenes a los tecnólogos de cada especialidad.

3.- Funciones y responsabilidades :

- a) Elaborar y establecer la organización

de la Sección de Mantenimiento Mecáni  
co (SEMEC).

- b) Elaborar y establecer, métodos y procedimientos adecuados para el Mantenini  
miento de la Central, en su especialii  
dad.
- c) Planificar, organizar, programar y  
controlar las actividades del mantenini  
miento programado y correctivo.
- d) Registrar los trabajos de mantenimienni  
to de su sección, a fin de obtener la  
información o historial completo de  
los equipos e instalaciones de la Cenni  
tral.
- e) Controlar las labores de Mantenimienni  
to Mecánico de la Central en lo refe-  
rente a la utilización de la mano de  
obra, tiempo de ejecución, repuestos,  
equipos, materiales y herramientas a  
fin de determinar los costos de manteni  
nimiento.
- f) Solicitar con la debida anticipación  
los insumos, lubricantes, repuestos,

materiales, equipos y herramientas a fin de garantizar un adecuado stocks en bodega y un cabal cumplimiento de los trabajos programados.

- g) Organizar e implementar de acuerdo a las necesidades de la Central, el taller o el laboratorio de su sección.
- h) Planificar, programar y dirigir los mantenimientos mayores o programados de la central en coordinación con el Departamento de Mantenimiento y con la superintendencia de producción y transporte del S.N.I.
- i) Preparar los presupuestos mensuales y anuales para poder cumplir con las labores de mantenimiento y remitirlos al Departamento para su trámite correspondiente.
- j) Elaborar reportes mensuales y anuales del estado y progreso de las actividades de mantenimiento de las instalaciones y equipos de la Central y mantener actualizados los programas con los avances realizados.

k) Evaluar los resultados de los mantenim  
mientos realizados a fin de obtener  
índices de rendimiento, disponibili-  
dad y confiabilidad de los equipos de  
la Central.

l) Cumplir y hacer cumplir a todo el per  
sonal a su cargo el reglamento de INE  
CEL y las normas de higiene y seguri-  
dad.

m) Coordinar el entrenamiento del perso-  
nal de Mantenimiento de su sección.

Funciones y responsabilidades del supervisor  
de mantenimiento mecánico :

1.- Nombre del cargo :

Supervisor de Mantenimiento Mecánico (ro  
tativo o estático).

2.- Función global :

Organizar, supervisar y ejecutar las la-  
bores de mantenimiento programado y co-  
rrectivo de la sección mecánica.

### 3.- Relación jerárquica :

- a) Depende directamente del jefe de mantenimiento mecánico.
- b) Recibirá apoyo o asesoramiento de los ingenieros afines al mantenimiento me  
cánico, cuando tengan autorización es  
crita de la jefatura de la Central.
- c) Tiene bajo sus órdenes a los mecánicos especialistas, mecánicos 1 y 2, y misceláneos.

### 4.- Funciones y responsabilidades :

- a) Planear, distribuir y supervisar las labores de sus subalternos.
- b) Ejecutar los trabajos especializados encomendados a él y todas las demás funciones afines con su preparación, experiencia y aptitudes.
- c) En el caso de haber trabajos que se requiera el concurso de una u otras secciones de mantenimiento, podrá recibir asesoramiento de los Ingenieros



jefes de dichas secciones y permanece  
rá por el tiempo que el trabajo dure  
en esa sección.

- d) Tiene las atribuciones de ordenar a sus subalternos y de ser obedecido en todo lo referente a los trabajos técnicos y aspectos disciplinarios dentro de la Planta.
- e) Recibirá instrucciones orales o escritas del jefe del SEMEC o del jefe del DEMAN en ausencia del primero.
- f) Hará cumplir el programa o los programas de Mantenimiento de la Planta en el área del SEMEC.
- g) Cumplir y hacer cumplir a sus subalternos las normas de seguridad industrial e higiene.
- h) Revisar y aceptar o no, los informes de sus subalternos.
- i) Controlar y regular el uso de los equipos, materiales, repuestos, implementos y herramientas del SEMEC.

- j) Los repuestos sacados de la Bodega hasta su uso.
- k) Las máquinas herramientas, con sets de accesorios, herramientas, muebles del taller mecánico y oficina del Jefe de Mecánicos.
- l) Será responsable de Equipos o Sistemas en mantenimiento luego de haber sido consignados por Operación.
- m) El jefe de mecánicos será el nexo entre el ingeniero jefe SEMEC y el personal técnico de SEMEC, tanto en los aspectos técnicos del trabajo como en ser portavoz de órdenes, avisos, permisos, reclamos, amonestaciones, etc.
- n) Reportará diariamente ante el Jefe de la SEMEC sobre trabajos y demás pormenores normales en el funcionamiento de la Sección.
- o) Reportará cada vez que crea conveniente, acusando sea requerido por el ingeniero jefe de SEMEC sobre trabajos de avance.

- p) Hará reportes semanales de los trabajos del Mantenimiento Mecánico, o frecuencia de tiempo que el jefe de la SEME lo pide.
- q) Ayuda y supervisión permanente del Jefe de la SEMEC.
- r) En los casos que se requiera actuará ante la supervisión directa del Jefe de la SEMEC o quien lo requiera; por su condición podrán ser jefes de sección del DEMAN o ingeniero del DEOPE.
- s) Los trabajos rutinarios normalmente no le serán supervisados.
- t) Todos los trabajos podrán ser revisados, comprobados y calificados total o parcialmente por el jefe del SEMEC o del DEMAN cuando ellos lo determinan.

Funciones y responsabilidades de los mecánicos especialistas :

1.- Nombre del cargo :

Mecánicos Especialistas

## 2.- Función Global :

Ejecutar los trabajos encomendados a él, de acuerdo con las especificaciones dadas por el solicitante.

## 3.- Relación Jerárquica :

- a) Depende directamente del jefe de mantenimiento mecánico.
- b) Recibirá apoyo y asesoramiento de los ingenieros a fines al mantenimiento mecánico.
- c) Coordinar los trabajos con el supervisor y recibirá apoyo de los mecánicos 1 y 2, y los misceláneos, si así lo amerita el caso.

## 4.- Funciones y responsabilidades :

- a) Ejercer sus funciones a fines, de acuerdo con su preparación, experiencia y aptitudes.
- b) Cumplir con las instrucciones precisas, dadas por el jefe del SEMEC, en un trabajo que se requiera.

- c) Cumplir con las normas de higiene y seguridad industrial, según el trabajo encomendado.
- d) Solicitar materiales, equipos, herramientas e implementos mecánicos para llevar a cabo una labor.
- e) Recibirá capacitación de acuerdo con su especialidad, es decir actualizándose siempre con la técnica moderna.
- f) Elaborar un reporte del trabajo realizado.
- g) Recibiendo el visto bueno del trabajo realizado por quién lo solicitó y si no fuese así deberá hacer las rectificaciones del caso.
- h) Tiene la responsabilidad de asesorar a sus compañeros de trabajo en un trabajo de su especialidad.
- i) Cuando no halla trabajo de su especialidad tendrá que ejecutar trabajos de mantenimiento mecánico, si así lo demanda el jefe del SEMEC.



Funciones y responsabilidades de los mecánicos 1 y 2 :

1.- Nombre del cargo :

Mecánicos 1 y 2

2.- Función Global :

Ejecutar trabajos a fines con su capacidad y especialidad.

3.- Relación Jerárquica :

a) Depende directamente del Jefe de Mantenimiento Mecánico.

b) Coordina los trabajos con el Supervisor y recibirá apoyo de los ayudantes mecánicos y misceláneos si es necesario.

c) Recibirá apoyo y asesoramiento de los ingenieros a fines al Mantenimiento Mecánico.

4.- Funciones y responsabilidades :

a) Ejercer sus funciones a fines, de a-

cuerdo con su preparación, experiencia y aptitudes.

- b) Cumplir con las instrucciones, dadas por el jefe del Mantenimiento Mecánico y el Supervisor.
- c) Cumplir con las normas de higiene y seguridad industrial, según el trabajo encomendado.
- d) Solicitar materiales, equipos, herramientas e implementos mecánicos para llevar a cabo una labor.
- e) Recibirá capacitación, para actualizarse con la técnica moderna.
- f) Elaborará un reporte del trabajo realizado.

Funciones y responsabilidades de los ayudantes mecánicos :

1.- Nombre del cargo :

Ayudantes mecánicos

2.- Función global :

Ejecutar trabajos en función de apoyo

3.- Relación Jerárquica :

a) Depende directamente del Jefe de Mantenimiento Mecánico.

b) Coordina los trabajos con el Supervisor

4.- Funciones y responsabilidades

a) Ejercer sus funciones, de acuerdo con su preparación, experiencia y aptitudes.

b) Cumplir con las instrucciones dadas para un trabajo.

c) Cumplir con las normas de higiene y seguridad industrial, según el trabajo encomendado.

d) Solicitar herramientas e implementos mecánicos para llevar a cabo una labor.

e) Recibirá capacitación, para actualizarse con la técnica moderna.



Funciones y Responsabilidades de los Misceláneos :

1.- Nombre del cargo :

Misceláneos

2.- Función Global :

Realizar trabajos varios y no especializados.

3.- Relación Jerárquica :

Depende directamente del Jefe de Mantenimiento.

4.- Funciones y Responsabilidades :

- a) Ejercer sus funciones, de acuerdo con su experiencia, preparación y aptitudes.
- b) Cumplir con las instrucciones dadas para un trabajo
- c) Cumplir con las normas de higiene y seguridad industrial, según el trabajo encomendado.
- d) Solicitar herramientas, materiales e implementos para llevar a cabo una la

bor.

e) Recibirá capacitación.

### 5.1.3 HERRAMIENTAS PARA LA PLANIFICACION Y EJECUCION DEL MANTENIMIENTO.

Para planificar y ejecutar el mantenimiento mecánico o de cualquier otra sección, se necesita de ciertas herramientas que involucren una organización definida dentro del sistema y aun más, en este caso tratándose del mantenimiento programado y correctivo, el cual conlleva a establecer una consistencia funcional para todas las actividades, de manera que la asignación de una tarea sea lógica en su elaboración y contenido. Para ello se necesitan de ciertos papeles o formatos de trabajo para facilitar el funcionamiento del sistema, como son los siguientes:

Hoja de control de equipo.- Es un formato que contiene los datos principales de un equipo (Fabricante, Suministrador, código, serie, nombre del mismo, etc.) y datos complementarios (Motor Eléctrico, acople, rodamiento, etc.).



Hoja de Historia del Equipo.- Sirve para recordar detalles y el tiempo de los principales trabajos de mantenimiento (Mecánico), que se llevó a cabo a un equipo.

Formato del Programa Anual.- Se elabora a base de las recomendaciones del fabricante, hoja de control de equipo, y guías de mantenimiento elaboradas por la Superintendencia de la DOSNI, señalando las actividades programadas y a ejecutarse por medio de símbolos y diagrama de barras.

Formato del Programa Mensual del Mantenimiento Programado y Correctivo.- En este caso se trata el desglose del Programa Anual a Mensual, es decir el Mensual establece un calendario más exacto de las actividades, en cuanto al correctivo se elabora debido a las fallas imprevistas e incidentes.

Hoja de Control de Lubricación.- Consiste en registrar el cambio de lubricante de cada uno de los equipos, anotando en el formato las siguientes características: nombre y puntos del equipo; marca tipo y cantidad del lubricante, modo de aplicación y la frecuencia

con que se lo hace y se lo debe hacer.

Hoja del Servicio de Lubricación e Inspección.- Además de efectuar la lubricación a un equipo determinado, se efectúa una inspección y de existir alguna anomalía se la reporta a través de este formato.

Formato Informe Mensual del Mantenimiento Programado.- Este informe da cuenta del avance de lo programado y ejecutado, en las actividades a cumplirse por medio de las diagramas de barras, lo que permite establecer como se está llevando el Mantenimiento Programado. Además este informe es valedero, para la Jefatura, Gerencia o a quien le corresponda analizarlo en este caso.

Formato Informe del Mantenimiento Correctivo y Adicionales.- Se lleva a cabo su consecución de igual manera que el anterior.

Formato Informe Mensual de los Costos de Mantenimiento.- El objetivo principal es proporcionar una activa contabilidad al departamento y a través de esta información hacer

conocer a la Gerencia o a quien corresponda analizar el caso, como se está llevando los Costos de Mantenimiento y los rubros a tomarse en cuenta son los siguientes : Mano de obra, repuestos, materiales, lubricantes y taller.

Formatos Orden de Trabajo.- Son formatos que sirven para la coordinación y transferencia de la información entre los departamentos de Operación y Mantenimiento, y se los emplea para satisfacer los siguientes fines, como siguen: Reporte de falla interna, Pedido de Trabajo, Permiso de Trabajo, Instrucciones de Trabajo y Reporte del Trabajo donde se hace constar el procedimiento de trabajo, repuestos, materiales y mano de obra que se empleó.

Formato Overhaul General.- Una Parada Mayor se efectúa en Plantas Industriales si así lo demanda el caso, normalmente en períodos anuales y en este formato sencillo se describe de la siguiente manera: el ítem, Sistema y Nombre del equipo, y la frecuencia en días, y es donde se planifica los trabajos a efectuarse.

Cuadros e Histogramas de los Costos Anuales.- Aquellos se los elabora en base al informe mensual de los costos de Mantenimiento, para establecer las variaciones de los mismos, y luego tomar los correctivos más adecuados.

Planos de Reconocimiento General de los Sistemas y de despiece de los equipos.- Son herramientas de orientación e instrucción técnica que permiten reconocer la localización, estructura y características de un equipo, a sí como del Sistema, la cual facilita llevar a cabo una investigación, reparación o cualquier otra actividad.

Manuales técnicos.- Son formas de documentación que contienen una descripción de los equipos, con instrucciones para su uso. Incluyen los siguientes apartados : Instrucciones de funcionamiento para el Mantenimiento y la reparación; lista de piezas o de dificultades que pueden presentarse.

Hoja de toma, registro y análisis de las vibraciones de los equipos.- Este formato contiene la siguiente instrucción : Identifica-



ción del equipo, su localización, esquema del equipo, la posición de toma (horizontal, vertical y axial), en los puntos como acople, punto de toma, rodamiento y cojinete. La fecha y tiempo de funcionamiento. La posición de las tomas dentro del análisis de las vibraciones, para luego analizar si dicho equipo necesita o no un balanceamiento.

Codificación de los Sistemas y Equipos.- La codificación está descrita con letras mayúsculas imprenta y un número. Cada sistema se lo identifica con las dos primeras letras y la otra letra con el número al equipo Ejemplo; MG-P1 Bomba de Circulación N° 1, Sistema Agua de Circulación.

Listados de Repuestos.- Son folletos donde se registran los repuestos accesorios, de los diferentes equipos, con su respectivo código y precio. Para la verificación de la existencia de un repuesto o accesorio se lo hace a través de kardex de la bodega.

Diagrama de bloques.- Es una forma de representar gráficamente un proceso o sistema.




## 5.2 INTRODUCCION DEL SISTEMA EN LAS OPERACIONES DE LA PLANTA.

### 5.2.1 CRONOGRAMAS DE AVANCE POR ETAPAS

Para poder visualizar de una manera muy objetiva como está avanzando el Sistema en las Operaciones de la Planta, se lo hace a través de los cronogramas de avance, de manera que el Sistema rinda los beneficios deseados, para saber aquello se toma la distribución de los equipos de un Sistema, en intersección con un Programa, para luego saber si dicho Programa en un Sistema está en preparación u operación. (Véase Diag. N° 5.2).

### 5.2.2 METODOS DE EVALUACION DE RESULTADOS POR ETAPAS

Un elemento esencial de cualquier sistema de control o evaluación, es la retroalimentación por lo que no se puede evaluar como está actuando un sistema y que correcciones deben ser aplicadas a menos de que tengamos algunas indicaciones, aparte del nivel de críticas que se recibe de los colegas de producción u operación, los cuales nos permiten juzgar el rendimiento.

<div> INECEL</div> <div>DOSNI -CENTRAL TERMICA ESMERALDAS</div>		<div>SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO CRONOGRAMA DE AVANCE POR ETAPAS</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> EN PREPARACION <input type="checkbox"/> EN OPERACION</div>		SISTEMAS		S. GENERACION DE VAPOR	S. TURBO-GENRADOR	S. CICLO TERMICO	S. AGUA DE CIRCULACION	S. ALMAC. Y TRANSF. DE COMBUSTIBLE	S. CAPTACION DE AGUA	S. TRATAMIENTO Y POTABILIZACION H O	S. DESMINERALIZACION DE AGUA	S. CONTRA INCENDIO	S. DE LEVANTAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
--	--	--	--	----------	--	------------------------	-------------------	------------------	------------------------	------------------------------------	----------------------	-------------------------------------	------------------------------	--------------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Diag. 5.2 Cronograma de Avance por Etapas

Esto es igualmente verdadero en Mantenimiento como en cualquier otra actividad, excepto por el hecho de que muchos factores que podemos medir pueden ser usados como una guía absoluta de la efectividad del Mantenimiento. En realidad cada factor es subjetivo y como tal está sujeto a errores en su medición y significancia debatible.

Para evaluar los resultados de cualquiera de las etapas, como se lo enuncia en este inciso de este capítulo, se toma una serie de métodos que permitan visualizar y analizar los resultados del mantenimiento y luego de hacer un análisis de dichos métodos se escogen los más apropiados para llevar a cabo una evaluación.

La primera etapa para su evaluación es sencilla por su conformación; en la primera parte consta de una hoja de control de equipo, que por su contenido no necesita ser evaluada, por ser una hoja que contiene los datos principales y complementarios de un equipo.

La otra parte que es la hoja de historia del



equipo que es llenada a través de los reportes de trabajo, de las órdenes de trabajo recopiladas para cada sección. Como método para evaluar el resultado de tales hojas, se toma simplemente en este caso el conteo del número de órdenes de trabajo recibidas y reportadas (a la hoja de historia) en cada período de control (semanalmente o quincenalmente) comparándolas con el registro de dichas órdenes, proporciona un indicador útil de los cambios en la cantidad y patrones de trabajo, de esta forma se mide la efectividad de lo planificado en esta etapa.

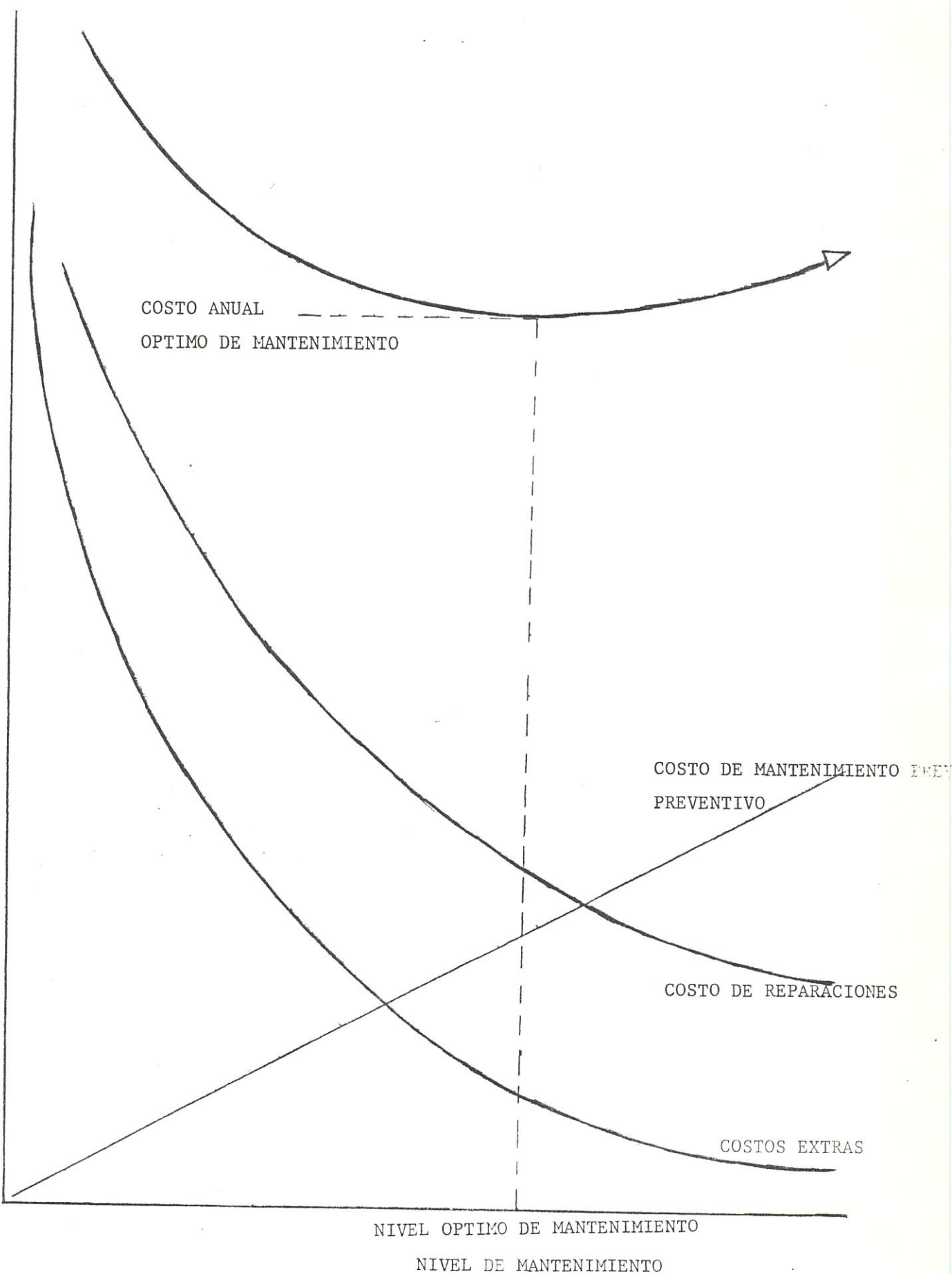
En las siguientes etapas, la segunda y la tercera, que son las fundamentales en este Sistema de Mantenimiento Programado, los métodos a usarse van a estar implícitos en su contenido, con respecto a la evaluación de los resultados de las dos etapas, es decir su concepción es adaptable según se estime conveniente.

Al comenzar la introducción de esta parte, se toca el objetivo principal de todo el Sistema, como son los costos. Entonces se pue-

de apreciar hasta cierto punto que fácilmente los costos de mantenimiento pueden ser optimizados y que puede ser tan costoso, el sobre-mantenimiento como el sub-mantenimiento. La importancia de los factores claves en este cálculo puede ser representada gráficamente en forma simplificada, como se lo muestra en el Diag. N° 5.3, pero este diagrama ignora el costo total de la vida útil del equipo que es el costo anual del equipo tomando en cuenta el precio de compra, valor residual costos totales de mantenimiento y efectos de la inflación.

Para el caso ideal de un solo equipo, operando en un ambiente estable este punto óptimo de mantenimiento puede ser calculado de una manera absoluta. Por otro lado, para el caso real, que involucra sistemas complejos, es necesario tomar medidas pragmáticas, las cuales ninguna van a dar respuestas completas, pero que si son escogidas cuidadosamente en relación al ambiente de operación, puede presentar tendencias confiables. Las medidas utilizables en este caso son las siguientes :





- Medición de la efectividad del trabajo.
- Mediciones del rendimiento de la Planta o vida del equipo que estamos manteniendo.
- Efectividad del Mantenimiento.

Medición de la efectividad del trabajo.-

La división de los costos directos en una función típica del mantenimiento, es del orden del 70%, por mano de obra y del 30% de materiales, y mientras los datos actuales va rían de Planta a Planta, la relación de los gastos de mano de obra por materiales en for ma general es substancialmente constante en la misma Planta, en donde no se ha cambiado significativamente las políticas de mantenimiento y la efectividad de la mano de obra no es variable. Esta relación puede ser de gran valor para presupuestar, pero también como un control para ayudar a detectar o con firmar cambios, tales como la efectividad de la mano de obra es importante en vista de que es la mejor área fértil para la reducción de los costos en los trabajos de mantenimiento.

Mediciones del rendimiento de la Planta.-

Las mediciones del rendimiento de una Planta son esenciales tanto el operador como para el Ingeniero de Mantenimiento. Pero mientras el operador tomará en cuenta los indicadores generales, el ingeniero tomará en cuenta uno o más, de un amplio rango de factores dependiendo de la naturaleza de la Planta. Entre estos factores se puede anotar los siguientes para esta Central Termoeléctrica.

- 1) Índice de efectividad técnica de la Planta, el cual se define como :

$$\frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempo perdido por razones de ingeniería}}{\text{Tiempo de operación}}$$

- 2) Producción (KW/hr) / Tiempo de Operación de la Unidad.
- 3) Registros de costos de mantenimiento / Producción de la Unidad (KW/hr).
- 4) Consumo de energía en auxiliares / Producción de la Unidad (KW/hr).
- 5) Medición de los estados de operación (velocidad, Temperatura, Presión, Humedad, Aná

... lisis de gases, etc.).

Todos estos factores ayudan a determinar como se está llevando el mantenimiento de esta Planta en particular.

Es de anotar, que a fin de que los registros y la utilización de estos datos sean completos, es esencial hacerlo en la forma más simple posible.

Efectividad del Mantenimiento.- Un índice que muestre la efectividad del mantenimiento no es posible en la práctica, sin embargo se han hecho algunos intentos para producir un índice que de alguna indicación de la tendencia, y unos de los más realistas de estos, es el índice de Conders, el cual se define como sigue :

$$E = \frac{K}{xC + yL + zW}$$

donde:

E = Índice del estado de mantenimiento.

C = Costo total del mantenimiento como un porcentaje del valor de la reposición

de la Planta.

L = Tiempo de Producción perdido debido a mantenimiento, como un porcentaje de las horas de producción programadas.

W = Gasto resultante de un mantenimiento inapropiado, como porcentaje de la producción total de la Planta en proceso.

x = Costo total del mantenimiento en el año base.

y = Tiempo total perdido debido a mantenimiento en el año base.

z = Total de gastos en exceso debido al mantenimiento en el año base.

K = Una constante tal que E = 100 en el año base.

Entonces se establece una relación entre el año base y las tendencias futuras identificadas. Se necesitan lógicamente buenos registros de producción antes de que un índice de esta naturaleza pueda ser desarrollado y operado juntos con una razonable continuidad del



producto, empaque y métodos de producción.

Hay otros índices que también son de gran utilidad para evaluar resultados, los cuales se los conoce con el nombre de Acumulación de pedidos o trabajo y el de Covertura de planeación que los usa normalmente para control Gerencial; y el índice de confiabilidad que se lo usa para cada equipo en particular.

Acumulación de pedidos o trabajo.- Es una medida del trabajo planificado a futuro para cada grupo de trabajo, expresado en semanas de trabajo.

Dado que la carga de trabajo generalmente cae rápidamente después de unas pocas semanas, es usualmente conveniente limitar el período en el cual el trabajo planificado es agregado digamos, 12 semanas, y así asegurar que el índice de Acumulación de pedidos o trabajo, excluya operaciones normales de mantenimiento preventivo y trabajos importantes cuya relación a futuro es incierta.

Este índice se define así :

Horas hombre totales planificadas en las  
próximas "x" semanas

---

Total de horas estimadas en los mismos trabajos

Para cada grupo de trabajo dentro del período de control (normalmente una semana).

Indice de confiabilidad y sustitución del equipo o reconstrucción.- Los sistemas de producción actuales, demandan gran confiabilidad en las piezas críticas del equipo, que se encuentra en todas las industrias manufactureras y de servicio, automatizadas y semiautomatizadas.

En años recientes, el interés de las Gerencias por la seguridad del equipo de proceso se ha expresado a través del énfasis en el Mantenimiento : Preventivo, Programado, de Ingeniería, etc. Debido a la modernización de las Plantas a través de la sustitución del equipo o la reestructuración, la ingeniería de Planta y el Mantenimiento de la misma, con frecuencia se combinan bajo una sola cabeza.

El índice de confiabilidad es una cifra rela

tiva, obtenida para representar la confiabilidad o seguridad de una pieza particular del equipo y para relacionarla con otras piezas similares. Este índice debe determinarse para pieza del equipo crítico en un sistema de proceso. También es posible combinar estas piezas y expresar un número agregado como índice de confiabilidad para el sistema.

Puesto que es una cifra relativa, se debe ser consecuente al determinar el índice para cada tipo de equipo utilizado en la operación. Deberán establecerse algunas reglas básicas para guiar a cada técnico o especialista al juzgar los factores involucrados. La condición óptima sería tener un individuo responsable en una Planta.

Hay cinco factores básicos que deben considerarse al determinar la confiabilidad de cualquier pieza de equipo. Un índice de confiabilidad de 100 debería consistir en :

Inspección visual	40
Pruebas y mediciones	30
Edad	10
Medio ambiente	10
Ciclo de deberes	10

T O T A L ...100

- Inspección visual.- Cuando se realiza por un técnico calificado, la inspección visual es el factor más importante para determinar la confiabilidad del equipo crítico. El técnico debe saber que buscar y como evaluar lo que ve. El equipo crítico falla raramente durante la operación normal sin dar una advertencia. Intentamos descubrir o interpretar esta advertencia antes que aparezca la falla. La frecuencia de las inspecciones visuales deberá basarse en la experiencia de la operación en las recomen-  
daciones de los fabricantes de los equipos y cierta consideración al factor edad. El técnico debería tener dos oportunidades pa-  
ra observar el equipo : primero en la operación con carga; segundo, cuando está des-  
mantalado en forma parcial o total. También debería tener el reporte de la última inspección visual.

Deberán elaborarse reglas guías para el uso del técnico, al evaluar la mejor estima-  
ción de condición contra el valor máximo a-  
signado.

uno o dos años. Esto se causa por defectos de fabricación, diseño inadecuado, daños de empaque o desconocimiento de la aplicación. Cuando se vuelve viejo y se deteriora, requiere mayor atención de mantenimiento, a menos que se haya realizado una reconstrucción importante o una mejora notable, que puedan restablecer la curva.

Medio ambiente y ciclo de trabajo.- Estos son dos factores importantes pero reciben calificación baja en relación al porcentaje global.

Se producen debido a los efectos poco deseables del medio ambiente difícil y los ciclos de trabajo son más importantes que las causas mismas y estos defectos se consideran abajo de la inspección visual y las pruebas y mediciones.

A continuación se establece las reglas básicas para guiar a un técnico o especialista, para ello se toma un ejemplo de aplicación de esta Planta como es la Bomba Agua de Alimento al Caldero, la cual permite juzgar los factores involucrados de la con



fiabilidad y ellos son los siguientes :

- 1) La edad
- 2) Medio ambiente
- 3) Trabajo
- 4) Inspección visual
- 5) Pruebas de aceite

(Véase Diagramas N° 5.4 y 5.5).



## I. Edad

Edad de la Bomba Agua de Alimento al Caldero

Edad	Capacidad
0 - 1 Años	15
1 - 4 "	20
4 - 8 "	15
8 - 20 "	10
más de 20	0 - 10
Capacidad	max 20

## II. Medio ambiente

No afecta el medio ambiente a la Bomba A.A.

## III. Trabajo

Descríbalo; Alimentación de agua al Caldero

### Trabajo

- Dentro de la temperatura y cargas especificadas
- Carga o temperatura hasta un 10% sobre los valores especificados.

Otros factores que afectan a la calificación son :

- Interrupciones por prendido o apagado
- Largos periodos de inactividad
- Historia de los daños físicos

Capacidad max 10

## IV. Pruebas de Aceite

Características	Calificación
Color	5
Contenido de Agua	10
Medida de viscosidad	5
Capacidad	max 20

Diag. N° 5.4 Evaluación de confiabilidad de cuatro factores.

## V. Inspección Visual

Utilice la lista siguiente y califique cada partida como sigue:

- 2 - Condición aceptable
- 1 - Mantengase bajo observación
- 0 - Requiere atención inmediata

## Bomba en conjunto

- a. ---- Herrumbe, corrosión y defectos superficiales
- b. ---- Pintura
- c. ---- Estado de sello de la bomba de alta presión
- d. ---- Fugas de aceite de lubricación cojinetes
- e. ---- Fugas de aceite en líneas y tanque de lubricación
- f. ---- Indicador de temperatura de aceite
- g. ---- Indicador de temperatura cojinetes
- h. ---- Manómetros y niveles de líquido
- i. ---- Instrumentos de medida eléctrica
- j. ---- Líneas de enfriamiento del motor
- k. ---- Tolerancia de los cojinetes
- l. ---- Vibración de los cojinetes
- m. ---- Control del mínimo flujo
- n. ---- Válvula del mínimo flujo
- ñ. ---- Bomba de lubricación principal
- o. ---- Bomba de lubricación auxiliar
- p. ---- Cojinetes, bomba y motor

Comentarios (Describa todas las partidas calificadas con 0).

Calificación = Suma de partidas (max 34)

## Motor de jaula de ardilla

## Armadura

- a. ---- Condición de aislamiento
- b. ---- Compactamiento del embobinado
- c. ---- Condición de los contactos
- d. ---- Temperatura de embobinado
- e. ---- Limpieza

## Rotor

- f. ---- Compactamiento de embobinado
- g. ---- Láminas / polos
- h. ---- Limpieza

Comentarios (Describa todas las partidas calificadas con 0)

Calificación = Suma de partidas (max 16)  
Calificación total (max 50)

## RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones más importantes del Sistema propuesto es la de llevar estadísticamente un estudio económico del costo de mantenimiento mecánico como corresponde en este caso, con el propósito de ir optimizando los mismos, para establecer las respectivas comparaciones que permitan visualizar los resultados positivos o negativos de lo programado.

Cuando se hizo el estudio económico sobre como inciden los costos del mantenimiento mecánico en el movimiento económico de la Planta se encontraron algunos inconvenientes en relación con la transferencia e información, entre el departamento de Administración y las secciones de mantenimiento.

Para ello se recomienda lo siguiente :

Establecer un mecanismo para viabilizar las solicitudes de almacén, desde su emisión por parte de las secciones de mantenimiento, hasta su adquisición e ingreso a bodega que contemple entre otras cosas

las que siguen :

- a) Registros de solicitudes de almacén que ingresan a la sección de compras.
- b) Mecanismos para establecer prioridades de compras.
- c) Seguimiento de las solicitudes de almacén.
- d) Mecanismo para que bodega informe a la parte interesada que lo solicitó ha ingresado a sus dependencias.

Otro inconveniente que se presenta es la adquisición del dato de costo de cada bien común, llámese éste repuesto, material e insumo.

A fin de facilitar la obtención de los costos de mantenimiento, se recomienda en el futuro, en los egresos de bodega se consigne los costos unitarios de los repuestos, materiales e insumos que se soli-



citen.

Con respecto a la forma como se llena las órdenes de trabajo, se recomienda lo siguiente :

- a) En la identificación del equipo, además de anotar el nombre, debe llevar el código del GIE en el lugar correspondiente.
- b) Su escritura debe ser clara y en lo posible letra imprenta.
- c) La descripción del trabajo, a efectuarse debe hacerse de la manera más precisa y clara posible, anotando los detalles que permitan identificar y diagnosticar el problema, para ello deberán anotarse los síntomas que presente el equipo en su operación, tales como calentamiento excesivo, ruido excesivo, escape de gases, etc.
- d) El establecimiento de las prioridades de la orden de trabajo (urgente, emergencia y normal), deberá hacerse con la seriedad y responsabilidad del caso, a fin de evitar que las secciones de Mantenimiento se vean copadas con un exceso de órdenes de trabajo, supuestamente prioritarias

cuando en realidad no lo son.

- e) Los reportes de trabajo, deben ser claros y precisos en su contenido, anotando detalladamente todas las actividades desarrolladas en la realización del trabajo.
- f) A fin de facilitar la obtención de los costos de mantenimiento, es importante que se llene adecuadamente y a su debido tiempo, la parte del reporte de trabajo correspondiente a la utilización de la mano de obra, repuestos, materiales e insumos.

Otro tópico que se toca, es el que hay que señalar que los Programas de Mantenimiento no son estables, por el hecho de que las instalaciones, los equipos y los demás componentes de una Planta, con el pasar del tiempo, se van deteriorando por su uso, por el ambiente, por su envejecimiento y otros factores que inciden en menor grado. Esto trae como consecuencia recomendar, que las actividades programadas dentro de este Sistema, su frecuencia por consiguiente sufrirá modificaciones en algunos casos, obligando con ello a efectuar revisiones del Programa, cada cierto tiempo y esto conlleva a reprogra-

mar las actividades, con respecto a la frecuencia con que debe hacerse.

En cuanto al personal técnico, se recomienda que deberá recibir cursos de capacitación cada cierto tiempo, de acuerdo con sus especialidad, porque así lo exige los adelantos de la técnica moderna y el avance industrial.

Además cada cierto tiempo de acuerdo con el medio, deberán recibir conferencias, películas, sobre la Higiene y Seguridad Industrial, enfermedades venéreas y otras enfermedades tales como la tifoidea, el paludismo, el alcoholismo, etc., con el propósito de minimizar en lo posible el ausentismo laboral.

Otras de las partes importantes dentro de un Sistema de Mantenimiento es la forma de evaluar sus resultados y para llevar a cabo todo aquello, se requiere del uso de los índices (rendimiento, efectividad, confiabilidad, etc.), los cuales permiten tener una idea cabal, como se está llevando el mantenimiento. Pero para la aplicación de dichos índices sea efectiva, se recomienda tener buenos registros tanto en el departamento de Mantenimiento, como el de Operación de esta Planta.

Por otro lado, hay que ser cuidadoso al escoger los índices en su aplicación y para ello se recomienda lo siguiente :

- a) La información en la cual están basados los índices deben ser lo suficientemente confiables, de tal manera que no afecten significativamente la tendencia del índice y por lo tanto no conduzcan a una conclusión errónea.
- b) Se debe tener cuidado cuando se comparen índices similares en Plantas diferentes, para asegurarse de que otras variables similares, tales como tipo de producto, utilización de Planta y otras, son tomadas en cuenta.

## BIBLIOGRAFIA

1. L. C. Morrow, Manual de Mantenimiento Industrial, Tomo I (2a ed ; México : CECSA, 1973).
2. E. Dounce V., La Administración en el Mantenimiento (2a ed ; México : CECSA, 1985).
3. Ch. D. Swist, Plantas de Vapor : Arranque, Prueba y Operación (3a ed ; México : CECSA, 1975).
4. A. Vargas Z., Mantenimiento y Seguridad Industrial (Guayaquil : Serie VZ, 1978).
5. Latin American Engineer Conference, Sao Paulo, 1978, "Measuring the Effectiveness of the Maintenance Function" (Sao Paulo: Industrias Gessy Lever Ltd., 1978).
6. J. Granda y otros, Gestión y Ahorro Energético en Centrales Termoeléctricas a Vapor (Proyecto de Grupo OIT Turín, Diciembre 1975).