

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



*« Proyecto de un Sistema para las
Condiciones Óptimas de Mantenimiento
y Operación de las Unidades Diesel
Eléctricas de la Central de Piura »*

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico-Electricista

JUAN JOSE RENTERIA SANCHEZ

Promoción 1983 - 2

LIMA - PERU - 1986

E X T R A C T O

PRIMER CAPITULO : Parte del problema en la restricción de potencia de las unidades, así de los 37 MW instalados, solo se aprovechan 26 MW.

El otro problema es la operación ineficiente de los grupos, los cuales se consideran dentro de los objetivos y se analizan en los capítulos V, VI y IX básicamente.

SEGUNDO CAPITULO: Se detalla claramente las especificaciones del motor primo, alternador excitatriz, servicios auxiliares incluyendo radiadores y torres de refrigeración.

TERCER CAPITULO : Se muestran los principales esquemas de la planta, siendo ellos de disposición de equipos, interconexión de los sistemas de generación a (10 KV - 5 KV), con sus salidas de alimentación de cables a la ciudad, así como los sistemas de enfriamiento de agua, aceite y aire comprimido.

CUARTO CAPITULO : Se presentan diagramas de carga diario mensual anual y sectorial, en este último se observa que el 40% corresponde al sector industrial. También se analiza la energía restringida y se

proyecta la máxima demanda en base a datos - históricos hacia el futuro, notándose que para fines de 1986 faltaría potencia instalada para cubrir la demanda.

QUINTO CAPITULO : Se ha determinado con la mayor precisión posible las curvas características experimentales de cada unidad, teniendo en cuenta la - disponibilidad de las mismas, el diagrama de carga y las restricciones de potencia de cada máquina. Las curvas obtenidas son: flujo de combustible, consumo específico de combustible, eficiencia total y costos de generación por hora, VS : potencia de salida del alternador.

Al cambiar del actual sistema de operación por el óptimo se ahorran 100,000 \$ USA/año.

SEXTO CAPITULO : El mantenimiento actual en la planta de energía es preventivo-correctivo, se aprovecha - las horas de menor demanda de energía para efectuarlo.

Dentro de la pérdida de potencia, los GMT son los más saltantes con 1,500 KW cada uno y para restituir dicha potencia se necesita una inversión de 71 \$ USA/KW.

proyecta la máxima demanda en base a datos - históricos hacia el futuro, notándose que para fines de 1986 faltaría potencia instalada para cubrir la demanda.

QUINTO CAPITULO : Se ha determinado con la mayor precisión posible las curvas características experimentales de cada unidad, teniendo en cuenta la - disponibilidad de las mismas, el diagrama de carga y las restricciones de potencia de cada máquina. Las curvas obtenidas son: flujo de combustible, consumo específico de combustible, eficiencia total y costos de generación por hora, VS : potencia de salida del alternador.

Al cambiar del actual sistema de operación por el óptimo se ahorran 100,000 \$ USA/año.

SEXTO CAPITULO : El mantenimiento actual en la planta de energía es preventivo-correctivo, se aprovecha - las horas de menor demanda de energía para efectuarlo.

Dentro de la pérdida de potencia, los GMT son los más saltantes con 1,500 KW cada uno y para restituir dicha potencia se necesita una inversión de 71 \$ USA/KW.

DECIMO CAPITULO : Se analiza los parámetros técnicos, económicos de cada unidad, concluyendo que las máquinas - ALCO y EMD deben ser reemplazadas por ineficientes y antieconómicas; en su lugar hay que instalar unidades nuevas de 10 MW c/u, para la cual se calculan sus parámetros técnicos, así como sus costos de inversión, operación y mantenimiento.

VIII

T A B L A S D E C O N T E N I D O

C A P I T U L O I

GENERALIDADES Y DIAGNOSTICO DE LA PLANTA

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Objetivos
- 1.3. Potencia Instalada de la Planta.

C A P I T U L O II

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CADA UNA DE LAS UNIDADES

- 2.1. Motor Primo
- 2.2. Alternador
- 2.3. Excitatriz
- 2.4. Servicios Auxiliares
 - 2.4.1. Especificaciones Técnicas del radiador grupo GMT
 - 2.4.1.1. Características funcionales
 - 2.4.1.2. Características mecánicas.
 - 2.4.1.3. Ventiladores
 - 2.4.1.4. Motor Electrico
 - 2.4.2. Planta de tratamiento de combustible.
 - 2.4.2.1. Características de la bomba de petróleo
 - 2.4.2.2. Características de los calentadores: Fluido Petróleo
 - 2.4.2.3. Características de la bomba de agua
 - 2.4.2.4. Características del calentador: Fluido Agua
 - 2.4.2.5. Características del motor demulsificante
 - 2.4.2.6. Características de la centrifuga.

IX

C A P I T U L O I I I

ESQUEMAS DE LA PLANTA TERMICA

- PLANO 1 : Disposición de Equipos En Planta
- PLANO 2 : Diagrama Unifilar de la Planta
- PLANO 3 : Diagrama de un Sistema de Enfriamiento de agua.
- PLANO 4 : Diagrama de lubricación de aceite
- PLANO 5 : Diagrama de Lubricación de y Refrigeración del Grupo MAN.
- PLANO 6 : Diagrama de un Sistema de arranque por aire comprimido.

C A P I T U L O I V

PROYECCION DE LA DEMANDA

- 4.1. Diagrama de Carga Diaria, Mensual y Anual
- 4.2. Diagrama de Carga Sectorial
 - 4.2.1. Sector : Piura + Catacaos
 - 4.2.2. Sector : Industrial
 - 4.2.3. Sector : Sullana
- 4.3. Potencia Restringida
- 4.4. **Análisis** de los Datos Históricos: Proyección de la Demanda.

C A P I T U L O

CURVAS CARACTERISTICAS EXPERIMENTALES DE CADA UNIDAD

5 Introducción

- 5.1. Que es el Consumo específico de combustible.

X

- 5.2. Criterios para realizar las pruebas
 - 5.2.1. Como mantener la carga constante
- 5.3. Precisión de las pruebas y confiabilidad de las mismas
- 5.4. Resultado de las pruebas obtenidas
- 5.5. Cuanto cuesta producir un KWH (solo combustible)
- 5.6. Flujo de combustible anual para una máquina dada.
- 5.7. Ahorro en \$/año variando la operación del CEC actual al CE
C óptimo.
- 5.8. Como cambiar el actual sistema de operación al óptimo,
convenientes y alternativas de solución.
- 5.9. Conclusiones del Capítulo.

C A P I T U L O VI

MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA

- 6.1. Mantenimiento de rutina sin interrupción de servicio
- 6.2. Mantenimiento de emergencia con interrupción del servicio
- 6.3. Principales acciones de mantenimiento.
- 6.4. Porqué un motor pierde potencia: Causas, alternativas de so
lución e inconvenientes.
- 6.5. Inversión necesaria para restituir la potencia de los
pes GMT.

C A P I T U L O VII

EFFECTIVIDAD DE LA CENTRAL TERMICA DE PIURA Y SU OPTIMIZACION

- 7.1. Cálculo del tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio

de reparación y disponibilidad.

7.2. Evaluación de confiabilidad

7.3. Cálculo de la confiabilidad y efectividad del sistema para el diagrama de carga representativo.

7.3.1. Cálculo de la Confiabilidad del Sistema

7.3.2. Cálculo de la efectividad del sistema

7.4. Optimización de los costos prohibitivos y controlados en función de la efectividad del sistema.

7.4.1. Alternativas analizadas

7.4.1.1. Optimización de los Costos de parada y controlados considerando los parámetros "m" actuales.

7.4.1.2. Optimización de los costos de parada y controlados: cambiando toberas de inyección a las cuatro unidades.

7.4.1.3. Optimización de los costos de parada y controlados cambiando: Toberas, anillos y válvulas de escape.

C A P I T U L O VIII

VALOR ACTUAL NETO

8.1. Costos de operación y mantenimiento de cada una de las unidades.

8.1.1. Costos de Mantenimiento (repuestos)

8.1.2. Costos de Operación

8.1.3. Costos de Mano de Obra

8.2. Costos de inversión máquina Man

8.3. Costos variables máquina Man

XII

8.4. Ingresos por venta de energía unidad : MAN

8.5. Cálculo del VAN

C A P I T U L O IX

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMA GENERAL DE OPERACION

9.1. Programa de mantenimiento preventivo

9.1.1. Consideraciones

9.1.2. Programación del mantenimiento preventivo por máquina.

9.1.3. Inspecciones y mantenimiento según las horas de funcionamiento.

9.2. Programa general de operación

9.2.1. Programa general de operación entre las(9-17) horas para una potencia promedio de 1,300 KW con un rango \pm 500 KW.

9.3. Conclusiones.

C A P I T U L O X

SUSTITUCION DE LAS UNIDADES PEQUEÑAS POR GRUPOS UNIFORMES Y DE IGUAL POTENCIA

10.1. Consideraciones técnicas-económicas para la sustitución - de las unidades pequeñas.

10.1.1. MIRLEES

10.1.2. ALCO y EMD

10.2. Cálculo de algunos parámetros de las nuevas unidades a - instalarse.

10.3. Costos del KWH generado con una unidad nueva de 10 MW.

XII

8.4. Ingresos por venta de energía unidad : MAN

8.5. Cálculo del VAN

C A P I T U L O IX

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMA GENERAL DE OPERACION

9.1. Programa de mantenimiento preventivo

9.1.1. Consideraciones

9.1.2. Programación del mantenimiento preventivo por máquina.

9.1.3. Inspecciones y mantenimiento según las horas de funcionamiento.

9.2. Programa general de operación

9.2.1. Programa general de operación entre las(9-17) horas para una potencia promedio de 1,300 KW con un rango \pm 500 KW.

9.3. Conclusiones.

C A P I T U L O X

SUSTITUCION DE LAS UNIDADES PEQUEÑAS POR GRUPOS UNIFORMES
Y DE IGUAL POTENCIA

10.1. Consideraciones técnicas-económicas para la sustitución -
de las unidades pequeñas.

10.1.1. MIRLEES

10.1.2. ALCO y EMD

10.2. Cálculo de algunos parámetros de las nuevas unidades a -
instalarse.

10.3. Costos del KWH generado con una unidad nueva de 10 MW.

10.3.1. Costos de Inversión

10.3.2. Costos de operatividad

10.3.3. Flujo de Caja.

XIV

S I M B O L O G I A E M P L E A D A

DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD
- Consumo específico de Combustible	C.E.C.	lt/KWH
- Consumo específico de combustible Actual.	C.E.C. ₁	"
- Consumo específico de combustible óptimo	C.E.C. ₂	"
- Consumo específico del combustible dado por el fabricante.	C.E.C. _f	"
- Consumo específico de combustible realizado en prueba planta	C.E.C. _p	"
- Flujo de Combustible	\dot{M}	lt/Hr
- Flujo de Combustible con alternador (S.WD)	\dot{O}	"
- Potencia de Salida del Motor al eje	P = N	"
- Potencia de Salida del Alternador	P _g	"
- Potencia Promedio del Alternador hecho en pruebas.	P	KW
- Energía producida en un período	E	KWH
- Eficiencia Total de la Unidad	η_t	%
- Horas de Trabajo en un período	H.T	Hr.
- Horas de parada en un período	H.P.	"
- Tiempo promedio entre fallas	m = MTTB	Hr.
- Tiempo promedio para reparar	ϕ = MTTR	Hr.
- Disponibilidad	U - UTTR	

XV

DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD
- Razón de paralización	D = DTR	
- Frecuencia de falla	λ	
- Confiabilidad o probabilidad de éxito.	R	
- No confiabilidad o probabilidad de fracaso	F	
- Tiempo de operación en un período determinado		Hr.
- Potencia de demanda	P _D	KW
- Efectividad condicional de un modo de operación	E _i	
- Efectividad del Sistema	E _S	
- Costos Controlados	C _c	
- Costos Prohibitivos	C _p	
- Costos Totales	C _t	
- Valor Actual Neto	VAN	
- Valor o suma de dinero en un tiempo señalado como el presente	P	
- Número de períodos de interés	n	
- Tasa de interés por período de interés	i	
- Serie de cantidades periódicas e iguales en dinero		
- Factor de Recuperación del Capital	F.R.C.	
- Factor Simple de Actualización	F.S.A.	

I N D I C E

PAG. Nº

CAPITULO I	
GENÉRALIDADES Y DIAGNOSTICOS DE LA PLANTA	4
CAPITULO II	
ESPECIFICACIONES DE CADA UNA DE LAS UNIDADES	10
CAPITULO III	
ESQUÉMA DE LA PLANTA TERMICAS	
CAPITULO IV	
PROYECCION DE LA DEMANDA	20
CAPITULO V	
CURVAS CARACTERISTICAS EXPERIMENTALES DE CADA UNIDAD	35
CAPITULO VI	
MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA	81
CAPITULO VII	
EFFECTIVIDAD DE LA CENTRAL TERMICA DE PIURA Y SU OPTIMIZACION	88
CAPITULO VIII	
VALOR ACTUAL NETO	128
CAPITULO IX	
PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMA GENERAL DE OPERACION DE CADA UNIDAD	144

...

	PAG. Nº
...	
CAPITULO X	
SUSTITUCION DE LAS UNIDADES PEQUEÑAS POR GRUPOS UNIFORMES Y DE IGUAL POTENCIA	158
CONCLUSIONES	169
RECOMENDACIONES	174
MATERIAL BIBLIOGRAFICO	176

& & & & & & & &

I N T R O D U C C I O N

Actualmente en el Perú la generación de energía eléctrica a base de centrales termoeléctricas juega un papel muy importante, principalmente para satisfacer demandas de centros poblados aislados y en ciudades grandes que por razones geográficas (recursos hídricos), la generación térmica resulta ser la más adecuada.

De las 3,500 MW instalados a nivel nacional, 1839 MW corresponden a la generación térmica y de dicha cantidad 686 MW corresponden a los grupos DIESEL, existiendo actualmente ciudades de importancia que son abastecidas de energía por unidades DIESEL, como son: Piura, Chiclayo, Pacasmayo, Iquitos, Talara, Pucalpa, etc.

Si bien es cierto que se aprovecha el 5% de nuestros recursos hídricos, se deduce que las centrales térmicas disminuirán en los próximos años. Sin embargo teniendo en cuenta la política de aprovechamiento integral de nuestros recursos energéticos como el gas natural, carbón, petróleo, etc. y las posibles dificultades financieras para llevar adelante grandes proyectos hidroeléctricos y con la conveniencia de contar un sistema mixto hidro-térmico para un sistema interconectado, considero que las centrales térmicas seguirán jugando un papel importante en el suministro de energía en el Perú.

Dentro de este marco el presente trabajo se centraliza en la central DIESEL de Piura, cuyos objetivos son sistematizar -

los costos de operación y mantenimiento, aprovechar el máximo de reparto de carga entre unidades en paralelo, mejorando la eficiencia de cada grupo y de la planta, así como brindar un programa de mantenimiento preventivo y un programa de operación, aumentando la confiabilidad de cada unidad y la efectividad del sistema, objetivos que se han cumplido en gran medida.

Para el presente trabajo se han tenido ciertas limitaciones como son: Restricción de potencia con respecto a su potencia de placa de c/u, disponibilidad de máquinas, instrumentación insuficiente, falta de un historial de mantenimiento de máquina por máquina y muy poca accesibilidad a los costos de inversión y repuestos.

La información obtenida es de fuentes primarias como son catálogo de los fabricantes, partes diarios de ocurrencia de la planta, resumen mensual del informe técnico del jefe de la planta, etc.

Agradezco la colaboración del Ingeniero Segio Canchaya y de cada uno de los ingenieros que elaboran en mantenimiento y operación en la Planta de Energía por la información y facilidades para la realización del presente trabajo.

EL AUTOR

C A P I T U L O I

GENERALIDADES Y DIAGNOSTICOS DE LA PLANTA

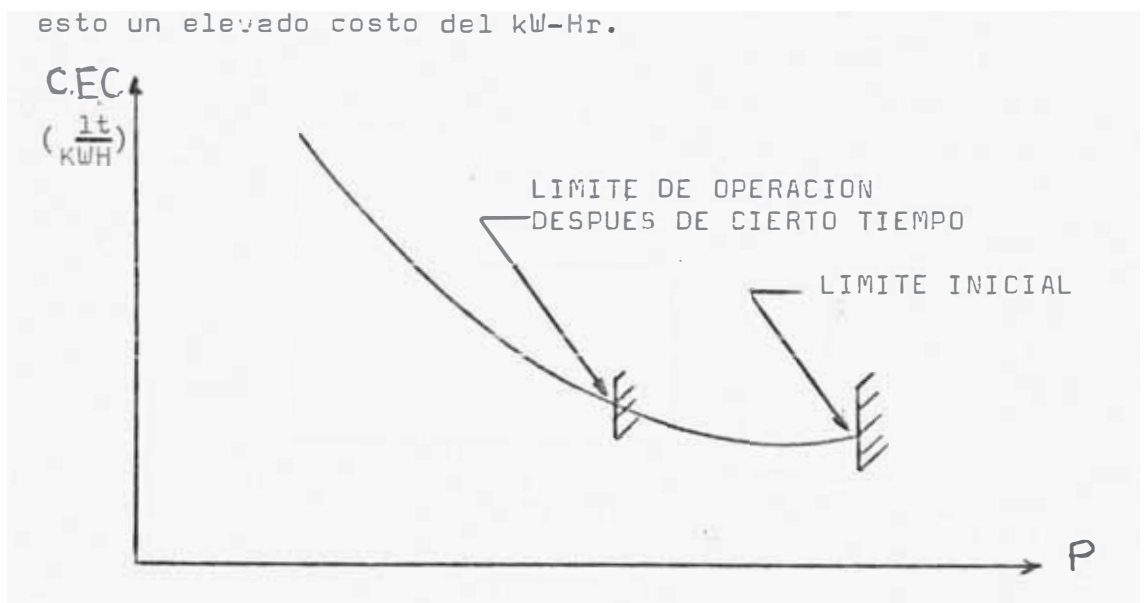
C A P I T U L O I

GENERALIDADES Y DIAGNOSTICOS DE LA PLANTA

1.1. Antecedentes

La Central Diesel de Piura ha aumentado su Potencia Instalada, sin una adecuada planificación, existiendo diversidad de Grupos Electr6genos (G.E.), en potencia y en tipo de fabricante, lo que conlleva a un encarecimiento del mantenimiento, sobre todo en el pedido de repuestos, almacenaje, elevando m1s el costo del kW-Hr.

Por otro lado la p6rdida de potencia de los grupos es evidente, las unidades (motor + alternador) trabajan muy por debajo de su potencia de placa, pese a que hay algunas unidades nuevas. El l6mite de potencia constantemente se viene reduciendo, de tal manera que el Consumo Espec6fico de Combustible (C.E.C.) cada vez es mayor resultando de esto un elevado costo del kW-Hr.



A esto hay que agregar que no existe una planificación adecuada en la operatividad de las máquinas, de manera que se cumpla que:

- Costo kW-Hr sea mínimo. (eficiencia de la planta).
- Hacer un mantenimiento programado en cada una de las unidades, tal que los BHP de salida del motor no varien demasiado con el transcurso del tiempo (vida útil de cada grupo).

A los puntos anteriores hay que agregar la política de la Empresa, no se hacen los cambios requeridos en las piezas cuando se las necesita, resultando de ello una pérdida de potencia del motor, con el resultado lógico que la unidad sale frecuentemente del servicio por elevación de temperatura en uno cualquiera de sus circuitos.

Concluyendo podemos decir que la confiabilidad del servicio no es la conveniente, puesto que en cualquier momento puede existir un apagón.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Analizar las fallas críticas del sistema (cuellos de botella), ver sus causas y consecuencias en la pérdida de potencia del grupo, así como analizar los **costos que se** realizarían a fin de que cada máquina aumente disponibilidad, confiabilidad y sus BHP de salida.

1.2.2. Optimizar el actual sistema de operación de los alternadores, de manera que los grupos trabajen dentro de un rango de economía y que exista un programa planificado

de operatividad y mantenimiento.

- 1.2.3. Calcular anualmente cuanto se invierte en mantenimiento y en operación para cada máquina, y al mismo tiempo evaluar cual es su producción, para ver su beneficio o déficit neto.
- 1.2.4. Uniformizar los grupos en unidades de 10 MW, este proyecto podría comenzar sustituyendo las unidades pequeñas o las unidades antieconómicas, es decir sería por etapas.
- 1.2.5. Es propósito de la presente tesis brindar la mayor información posible sobre los Grupos Diesel, sus parámetros técnicos, eficiencia, confiabilidad, costos de mantenimiento, costos de parada, etc. de tal manera que pueda servir como base para estudios posteriores de las centrales Diesel de Chiclayo, Cajamarca, Iquitos, Huancayo, etc. con el único objetivo de dar un mejor servicio a la población mejorando cada día la operación y mantenimiento de las mismas unidades.

1.3. Potencia Instalada de la Planta

Actualmente la potencia instalada de la planta es 37 MW, - **siendo** su máxima demanda 22 MW, y su potencia disponible - 27 MW, es decir la potencia máxima que puede entregar la central a la red. Aclaremos estas dos potencias, porque la primera representa la sumatoria de las potencias de la placa de cada una de las unidades (Alternadores) y la tercera

toma en cuenta el desgaste, mantenimiento, tipo de fabricante, operación y condiciones ambientales, es decir es la potencia con la que contamos para cubrir nuestra punta en la hora de M.D.

A continuación presentamos la tabla N^o 1 que nos da la potencia instalada y la potencia máxima disponible.

TABLA N^o 1

N	UNIDAD	POTENCIA NOMINAL (MW)	POTENCIA DISPONIBLE MW
1	MIRRLEES 1	1.3	1.2
2	MIRRLEES 2	1.3	1.2
3	MIRRLEES 3	1.3	-
4	MIRRLEES 4	2.5	1.8
5	MIRRLEES 5	2.5	1.8
6	MIRRLEES 6	4.5	---
7	ALCO 1	2.5	1.5
8	EMD	2.5	1.5
9	GMT 1	5.0	3.5
10	GMT 2	5.0	3.5
11	MAN 1	7.8	6.0
12	S.W.D.	5.5	5.5
		41.7	27.5

Si se continua con la actual política en el cambio de piezas en el motor (pérdidas de Pot Severas), y con el aumento natural de la demanda, es muy probable que para 1986 falte potencia disponible para cubrir los requerimientos de la demanda de energía.

Concluyendo podemos decir que el actual mantenimiento es básica

mente correctivo, existen demasiadas acciones de mantenimiento mensual, por la misma carencia de repuestos y la falta de una planificación adecuada en el mantenimiento.

Las unidades pese haberse reducido su limite de potencia no - trabajan en el rango económico conveniente.

C A P I T U L O I I

ESPECIFICACIONES DE CADA UNA DE LAS UNIDADES

C A P I T U L O I I

2.0. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CADA UNA DE LAS UNIDADES

2.1. Motor Primo

TABLA No 1 ESPECIFICACION TECNICA DEL MOTOR PRIMO

UNIDAD	P(EJE) (kW)	N RP.M.	τ	DISPOSI CION	1	D (Cm)	S (Cm)
MIRRLEES 1	1,432	400	4	LINEA	8	38.1	45.7
MIRRLEES 2	1,432	400	4	LINEA	8	38.1	45.7
MIRRLEES 3	1,432	400	4	LINEA	8	38.1	45.7
MIRRLEES 4	2,484	450	4	V	12	38.1	45.7
MIRRLEES 5	2,484	450	4	V	12	38.1	45.7
MIRRLEES 6	4,616	514	4	V	14	38.1	45.7
ALCO 1	2,605	900	4	V	18	22.8	26.6
EMD	2,685	900	2	V	20	23.0	25.4
GMT 1	5,285	450	4	V	14	42.0	50.0
GMT 2	5,285	450	4	V	14	42.0	50.0
MAN	7,790	600	4	V	16	40.0	45.0
SWD	5,850	600	4	V	12	41.0	47.0

... Continuación de la Tabla

UNIDAD	AÑO DE INST.	HORAS DE SERVICIO (07/07/84)	SOBREALI MENTACION	TIPO DE COMBUSTIBLE
MIRRLEES 1	1,957	140,523	1TC	DIESEL 2
MIRRLEES 2	1,957	123,941	1TC	DIESEL 2
MIRRLEES 3	1,960	98,757	1TC	DIESEL 2
MIRRLEES 4	1,964	84,732	1TC	DIESEL 2
MIRRLEES 5	1,965	87,239	1TC	DIESEL 2
MIRRLEES 6	1,968	59,070	2TC	DIESEL
ALCO 1	1,975	21,972	1TC	DIESEL
EMD	1978	2,252	1TC	DIESEL 2

.

UNIDAD	AÑO DE INSTAL	HORAS DE SERVICIO	SOBREALIMENTACION	TIPO DE ARRANQUE	DE COMBUSTIBLES OPERACION	PARA DA
GMT 1	1,980	28,843	2TC	D(2)	DIESEL	D(2)
GMT 2	1,980	29,990	2TC	D(2)	2	D(2)
MAN 1	1,983	8,876	2TC	D(2)	ó	D 2)
S.W.D.	1,983	5,743	2TC	D(2)	Bugker	D 2)

CONTINUACION DE LA TABLA Nº 1

UNIDAD	V_h (total) (cm^3)	Rk=E	RESERVACIONES DEL TURBO COMPRESOR
MIRRLEES 1	416,999	11.35	Turbina Axial
MIRRLEES 2	416,999	11.35	Compresor Centrifugo
MIRRLEES 3	416,999	11.35	$T_o = 30^{\circ}C$ ó 35 C
MIRRLEES 4	625,499	11.35	
MIRRLEES 5	625,499	11.35	Relación de
MIRRLEES 6	729,750	13.9	Presiones del
ALCO 1	197,032	11.5	Turbo 2.5 a
EMD	211,061	14.5	2.8 BAR
GMT 1	969,809	13.1	N diseño generalmente
GMT 2	969,809	13.1	- 15,000 RPM
MAN	904,800	11.75	
SWD	744,623	11.30	

DONDE :

 τ = Nº de Tiempos l = Nº de Cilindros

D = Diámetro

S = Carrera

TC = Turbocompresor

Rk=E = Relación de Compresión

2.2. Alternador

TABLA Nº 2 ESPECIFICACION TECNICA DEL ALTERNADOR

Nº	(KVA)	P _g (KW)	COS ϕ	V (KV)	I (AMP)	N (RPM)	CONEXION	f (HZ)	Nº POLOS
1	1,700	1,360	0.8	5	196	400	Y	60	18
2	1,700	1,360	0.8	5	196	400	Y	60	18
3	1,700	1,360	0.8	5	196	400	Y	60	18
4	2,876	2,300	0.8	5	332	450		60	16
5	2,876	2,300	0.8	5	344	450	Y	60	16
6	5,693	4,555	0.8	5	657	514	Y	60	14
7	3,125	2,500	0.8	10	180	900	Y	60	8
8	3,125	2,500	0.8	10	180	900	Y	60	8
9	6,264	5,011	0.8	10	344	450	Y	60	16
10	6,264	5,011	0.8	10	344	450	Y	60	16
11	9,700	7,760	0.8	10	560	600	Y	60	12
12	6,875	5,500	0.8	10	397	600	Y	60	12

2.3 Excitatriz

TABLA Nº 3 ESPECIFICACION TECNICA DE LA EXCITATRIZ

UNIDAD	P(KW)	V(Volt)	I(Amp)	N(RPM)	TIPO DE ARROLAMIENTO
1	16.35	112	146	1,500	SHUNT
2	16.35	112	146	1,500	SHUNT
3	16.35	112	146	1,500	SHUNT
4	15.00	100	170	1,500	SHUNT
5	16.00	90	178	1,750	SHUNT
6	16.00	90	178	1,750	SHUNT
GMT 1	95.00	150	370	450(Directo)	SHUNT+ Diodos Rectifi
GMT 2	95.00	150	370	450(")	SHUNT+ "
MAN	75.60	105	720	600 "	SHUNT+ "
SWD	31.00	120	259	600 "	SHUNT+ "

2.4 Servicios Auxiliares - TABLA Nº 4

POTENCIA DE LOS MOTORES ELECTRICOS QUE ACCIONAN BOMBAS(B)
O VENTILADORES (V), CIRCUITOS DE REFRIGERACION

UNIDAD	T O R R E		R A D I A D O R E S		
	B AGUA(TC)	V AIRE	B AGUA(MOTOR)	V AIRE	B ACEITE
1	2.23 KW	2.69 KW	Acoplado al motor	11.19KW	Incorporada al motor
2	2.23 KW	2.69 "	Acoplado al motor	11.19KW	Incorporada al motor
3	2.23 KW	2.69 "	Acoplado	11.19Kw	Incorporada al motor
4	3.85 "	3.00 "	7.46 KW	14.92KW	18.65 KW
5	3.85 "	3.00 "	7.46 KW	14.92KW	18.65 KW

CONTINUA TABLA N° 4

UNIDAD	R A D I A D O R E S			
	AGUA(Motor)	AGUA(TC)	ACEITE	AIRE
6	14.92 KW	11.19 KW	45.5 KW	
GMT 1	18.50 KW	18.5 "	45.5 KW	* 246
GMT 2	18.50 KW	18.5 "	45.5	246
MAN	30.00 KW	30.0 "	110.0	216
SWD	15.00 KW	30.0 "	45.0	

LA REFRIGERACION DEL ACEITE DE ESTAS UNIDADES SE HACE EN INTERENFRIADORES CON AGUA PROVENIENTE DE LA BOMBA IMPULSORA - DE LA REFRIGERACION DE LOS TURBO COMPRESORES.

2.4.1. Especificaciones Técnicas del Radiador Grupo GMT

2.4.1.1. Características Funcionales

	SECCION CALIENTE		SECCION FRIA	
	AGUA	AIRE	AGUA	AIRE
Capacidad m ³ /h	200		200	
Calor Cambiado (K/cal/h)	1'420,000		1'476,000	
Temperatura Entrada (°c)	75		62.4	
Temperatura Salida (°c)	67.9		55	
Superficie de Cambio	1,950		3900	
Pérdida de Carga (m.c.a)	5		5	
Presión de Ejercicio(m.c.a)	25		25	

2.4.1.2. CARACTERISTICAS MECANICAS

	S. CALIENTE	S. FRIA
Geometria Tubos Redondos	∅ 16/0.75	∅16/0.75
Material Tubos Cobre		Cobre
Material Alabes Aluminio Esp. (0.3)		Aluminio Esp(0.3)
Presión de Ensayo	5 Kg/cm ²	5 kg/cm ²

2.4.1.3. VENTILADORES

	S. CALIENTE	S. FRIA
Material	Aluminio	Aluminio
Diametro Girante(mm)	2440	2440
Caudal Aire (m ³ /h)	200,000	400,000
Presión Total (mma)	30	30
Potencia Absorvida	27.7	55.4

2.4.1.4. MOTOR ELECTRICO

	S. CALIENTE	S. FRIA
Potencia (KW)	22	22
N (RPM)	1800	1800
V (Voltios)	220/380	220/380
f (HZ)	60	60
Inominala 380	45	45
Protección	IP55	IP55
Aislamiento	E	E

2.4.2. Planta de Tratamiento de Combustible.

2.4.2.1. Bomba Impulsora de Petróleo Bunker del Tanque Principal hacia la Centrífuga

$$Q = 8,000 \text{ litros/hora}$$

$$H = 30 \text{ m.c.a}$$

$$nPSH = 2.5 \text{ m.c.a}$$

$$N = 240 \text{ R.P.M.}$$

$$PMOTOR = 2.2 \text{ KW}$$

$$f = 60 \text{ HZ}$$

$$Inominal = 5.4 \text{ Amperios}$$

2.4.2.2. Características de los Calentadores por donde pasa el Petróleo Bunker hacia la Centrífuga.

- Calor Efectivo Transferido $C = 81,000 \text{ Kcal/h.}$

- Temperatura de Entrada $t_e = 50^{\circ}\text{c}$

- Temperatura de Salida $t_s = 95^{\circ}\text{c}$

- Potencia de cada Sección = 8.5 KW

- Potencia Total 102 KW

- Voltaje 380 V

2.4.2.3. Bomba Impulsora de Agua del Tanque hacia la Centrífuga

$$Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 2.5 \text{ m.c.e.}$$

$$N = 2,900 \text{ RPM}$$

$$\text{MOTOR : } P = 1.1 \text{ KW}$$

$$V = 220/380$$

$$IN = 2.7 \text{ Amperios}$$

2.4.2.4. Características del Calentador por donde pasa agua hacia la Centrífuga

Calor Efectivo Transferido	$C = 112,500 \text{ KCal/h}$
Caudal	$1.5 \text{ m}^3/\text{hora}$
Temperatura de Entrada	$t_e = 20^\circ\text{C}$
Temperatura de Salida	$t_s = 95^\circ\text{C}$
Número de Secciones Electricas	12
Potencia Total	144 KW

2.4.2.5. Características del Demulsificante

Caudal	: $Q = 4 \text{ litros/hora}$
Altura	$H = 40 \text{ m.c.a.}$
Motor	: $P = 0.26 \text{ KW}$
	$I_N = 0.9\text{A}$
	$V = 220/380$

2.4.2.6. Características de las Centrífugas

Q(lt/hr)	H(m ³)	V	M O T O R		
			I _n (A)	I _a	P(KW)
4,000	40	220/380	23	138	11

C A P I T U L O I I I

ESQUEMAS DE LA . . PLANTA TERMICA

C A P I T U L O I V

PROYECCION DE LA DEMANDA

C A P I T U L O I V

4.1. Diagrama de Carga, Diario, Mensual y Anual

El Diagrama de Carga sirve para indicar la distribución de la carga (en MW o en KW) de la central o de la unidad en el curso del día, semana, mes, año, ó un periodo determinado.

Las características principales de un diagrama de carga son: Potencia Máxima (Pmax), Potencia Media (Pm), Potencia Mínima (PMin), Producción de Energía (E).

Otro parámetro importante de un diagrama de carga es su factor de carga (fc), dado por la relación entre la energía producida efectivamente y la energía producible si la potencia máxima trabajara durante todo el periodo considerado, o de otra forma :
$$fc = \frac{Pm}{Pmax}$$

El diagrama de Carga Diario, nos sirve para planificar la operatividad de la maquinaria y el mantenimiento de las mismas, operatividad en el sentido de optimizar al máximo el consumo específico de combustible de cada una de las unidades (eficiencia de la planta), y mantenimiento al escoger las horas de menor demanda para efectuarlo, sin interrumpir la producción.

Además del Diagrama de Carga Diario, es muy importante evaluar el diagrama de carga mensual, ya que nos sirve para evaluar la máxima demanda (M.D) del mes, y preveer un día

grama representativo del próximo mes. En otras palabras Planificar la Operación.

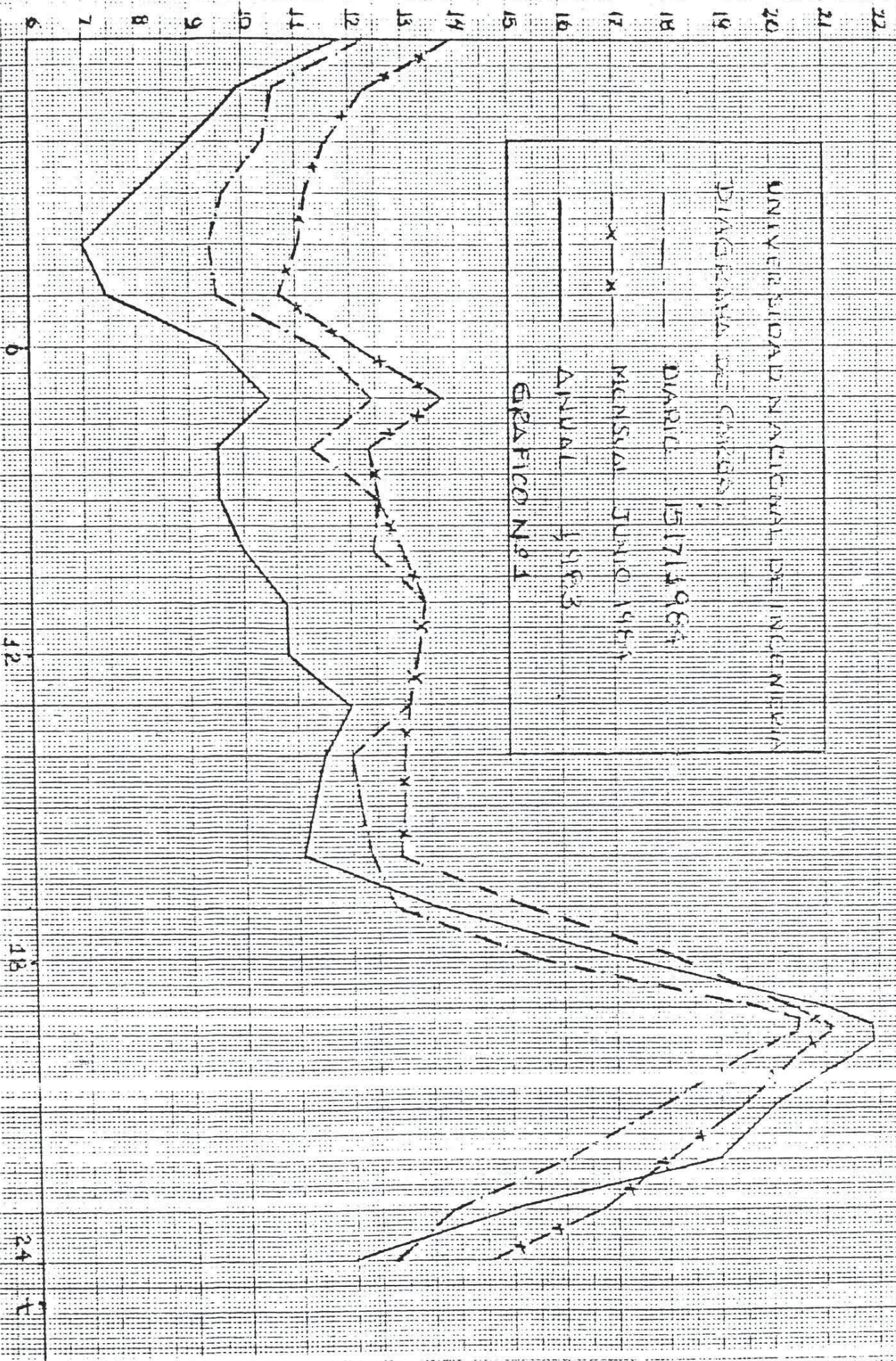
En cuanto al diagrama de carga anual su utilidad radica en que señala la M.D. Anual, que con datos anteriores , de M.D., permite proyectar la demanda hacia el futuro, y como consecuencia lógica la ampliación de la potencia instalada de la central.

TABLA N° 1

DIAGRAMAS DE CARGA DIARIO, MENSUAL, ANUAL

HORA	DIARIO 15/6/84 P (KW)	MENSUAL 6/ 84 P (KW)	ANUAL 1983 P (KW)
1	10,650	12,350	10,000
2	10,950	11,550	9,000
	9,750	11,230	8,000
4	9,350	11,100	7,000
5	9,450	10,750	7,500
6	11,350	12,150	9,500
7	12,350	13,850	10,500
8	11,630	12,430	9,500
9	12,350	12,530	9,500
10	12,800	13,000	10,000
11	13,400	13,400	10,800
12	13,400	13,400	10,800
13	13,100	13,100	12,000
14	12,030	13,000	11,500
15	12,150	13,050	11,300
16	12,450	12,950	11,100
17	12,900	15,360	13,650
18	15,800	18,200	16,000
19	19,850	20,400	21,000
20	19,350	20,400	20,500
21	17,800	19,400	20,000
22	16,100	18,500	18,000
23	13,900	16,800	15,000
24	12,850	14,550	12,000

AP (mm)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DIRECCION DE SISTEMAS
DIARIE 151714984
MENSUAL JUNIO 1984
ANUAL 1983
GRAFICO N.º 1

4.2. Diagrama de Carga Sectorial

Una de las formas de obtener el diagrama total de la ciudad es sumar hora a hora los diagramas sectoriales como son: - Alumbrado Público, Servicio Particular, Comercial, Industrial, etc. Dichos diagramas se obtienen mediante encuestas de campo.

Para nuestro estudio hemos considerado lo inverso, es decir se ha partido del diagrama total, para llegar a diagramas por sectores. Como no es meta del presente trabajo de tallar cada uno de los sectores, se ha tomado bloques representativos de carga, de acuerdo a las salidas de la planta de energía, así por ejemplo :

		TENSION KV
- Cables 1 al 6	Salida a la ciudad de Piura	4.8
- Cable 7	Salida a Catacaos + Fabrica San jacinto	10 KV
- Cable 8	Salida a Urb. Santa Isabel + Fabrica San Cristobal	4.8
- Cable 9	Salida a Sullana	10/65
- Cable 10	Salida a Fabrica Textil + Pueblos Joveas	10

Se ha agrupado en 3 sectores:

- 1.- Sector Piura + Catacaos
- 2.- Sector Industrial
- 3.- Sector Sullana

4.2.1. Sector Piura + Catacaos

Comprende : Servicio Particular
 Servicio Comercial
 Alumbrado Público
 Cargas Especiales

4.2.2. Sector Industrial

Comprende : Fab. Textil, Fab. San Cristobal
 Fab. San Jacinto, Ucisa
 Otros

4.2.3. Sector Sullana

Comprende la salida Nº 9 de la Central.

A continuación presentamos un Diagrama de Carga Sectoriza_ do.

TABLA Nº 2 POTENCIA REPRESENTATIVA POR SECTORES EN
 EL TRANSCURSO DEL DIA

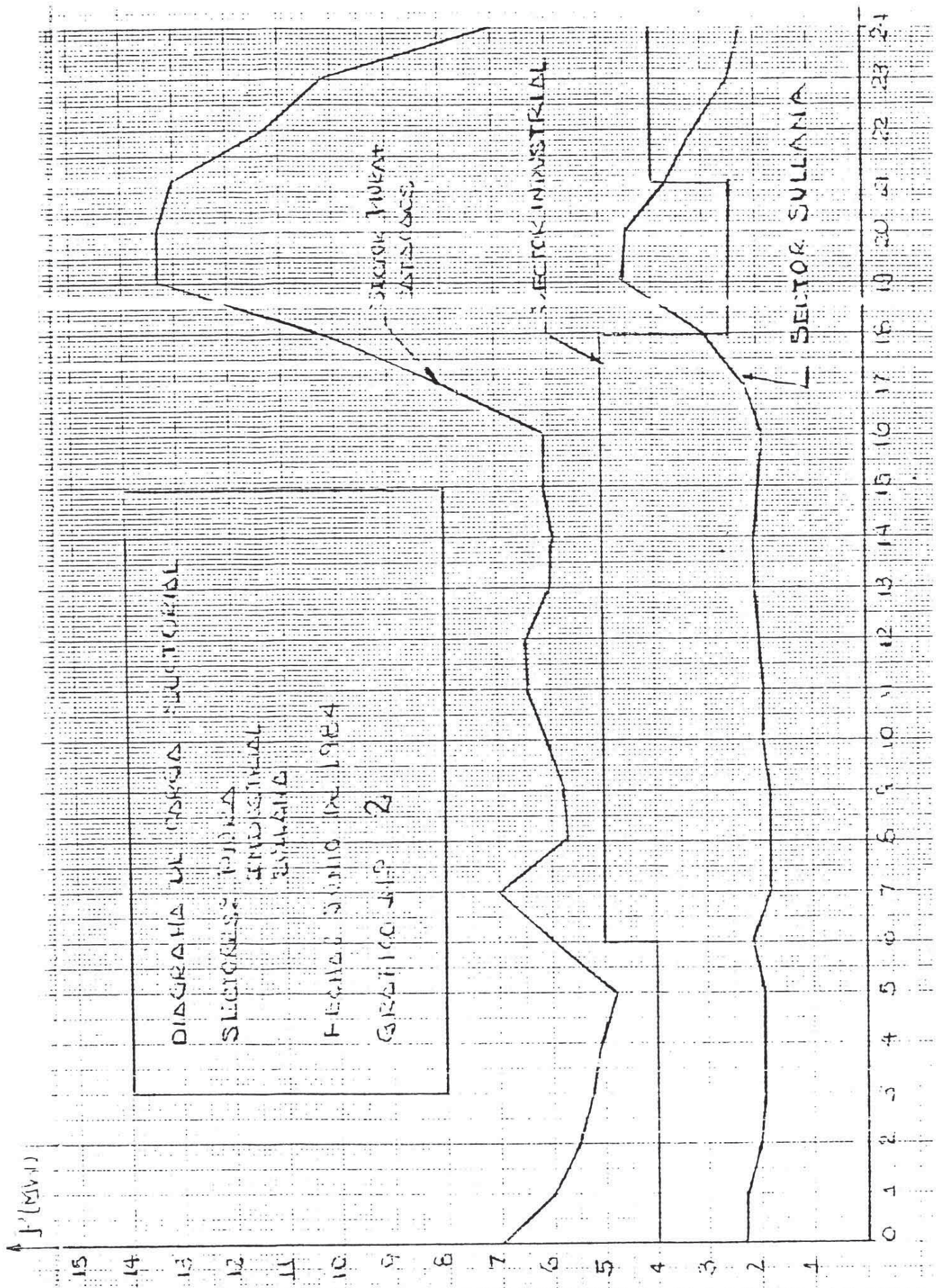
HORA	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR SULLANA	SECTOR PIURA+CATACAOS
1	4,000	2,300	6,000
2	4,000	2,000	5,550
3	4,000	1,950	5,280
4	4,000	1,950	5,150
5	4,000	1,950	4,800
6	4,000	2,150	6,000
7	5,000	1,850	7,000

... CONTINUA

HORA	SECTOR INDUSTRIAL	SECTOR SULLANA	SECTOR PIURA+CATACAOS
8	5,000	1,850	5,380
9	5,000	1,850	5,680
10	5,000	1,950	6,050
11	5,000	1,950	6,450
12	5,000	2,000	6,400
13	5,000	2,100	6,000
14	5,000	2,100	5,900
15	5,000	2,000	6,050
16	5,000	1,900	6,050
17	5,000	2,300	8,060
18	5,000	3,000	10,200
19	2,500	4,500	13,400
20	2,500	4,400	13,500
21	2,500	3,900	13,000
22	4,000	3,200	11,300
23	4,000	2,500	10,300
24	4,000	2,300	7,000

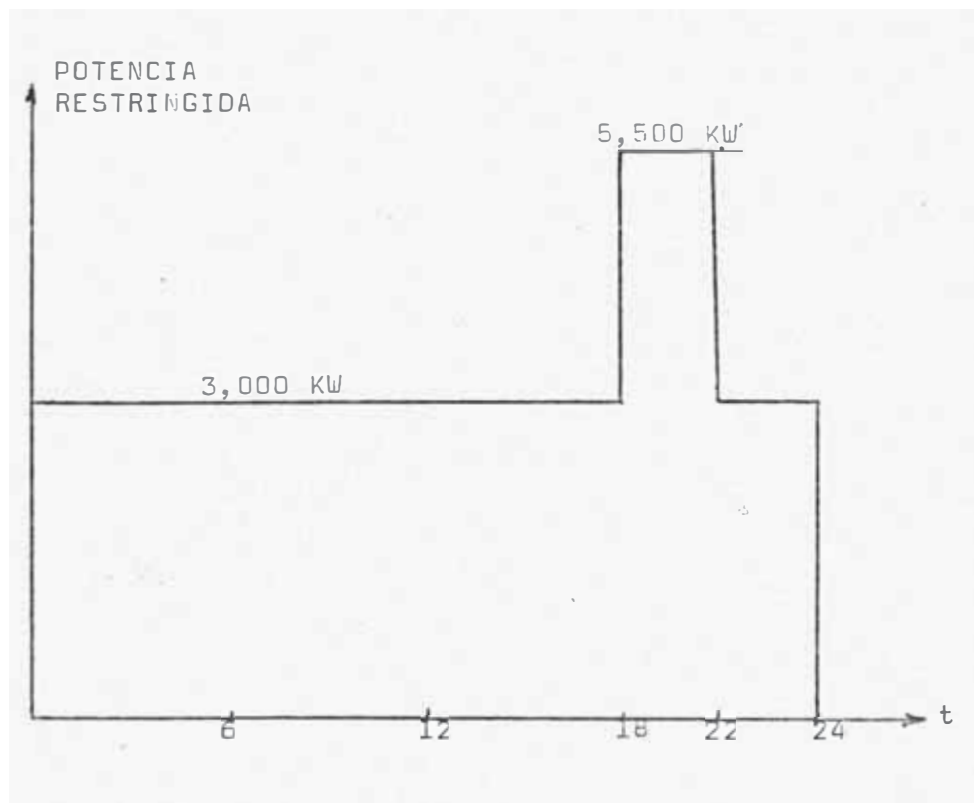
4.3. Potencia Restringida

Si vemos el diagrama de carga total, podemos observar que en la hora de punta, el Sector Industrial, disminuye su carga (2,500 KW), debido a la falta de potencia disponible de la central, esta situación empeora si es que la industria tomara tomara toda su carga en el resto del día, ya que las fabricas cuentan con sus grupos de emergencia, para asegurar su confiabilidad de servicio, es decir de produc-



ción.

Concluyendo : Existe una potencia restringida a la industria de 3,000 KW y en la hora de punta de 5,500 KW, razón por la cual los nuevos proyectos de generación, tienen que tomar en cuenta dicha potencia.



4.4. Análisis de los Datos Historicos-Proyección de la Demanda.

La información que existe de la máxima demanda viene desde los años 1959 hasta la fecha, a continuación presentamos dicha información, así como la tasa de crecimiento de un año con respecto al anterior.

TABLA Nº 3
 DATOS HISTORICOS DE LA M.D.

AÑO	M.D. (KW)	TAZA %
1959	1,250	---
1960	1,630	30.4
1961	2,220	36.19
1962	2,500	12.61
1963	2,890	15.60
1964	3,000	3.80
1965	5,000	66.6
1966	6,720	34.4
1967	7,600	13.09
1968	7,800	2.63
1969	8,260	5.89
1970	8,420	1.93
1971	9,140	8.55
1972	8,920	- 2.40
1973	10,800	21.07
1974	9,900	- 8.33
1975	12,750	28.78
1976	13,850	8.62
1977	16,100	16.24
1978	15,800	- 1.86
1979	14,800	- 6.32
1980	16,200	10.13
...	

... CONTINUA TABLA Nº 3

AÑO	M.D.(KW)	TAZA %
1981	18,100	11.04
1982	20,550	13.53
1983	21,800	6.08

Para el presente análisis no consideramos los años (1959-1967), por tener elevadísimas tazas, ya que si tomamos una tasa promedio, esta resultaría muy abultada y llevaría a resultados erróneos.

Simplificando el cálculo, la curva que más se ajusta a la realidad es una exponencial, conforme se ve en el gráfico adjunto.

$$F = PX^n$$

Siendo :

F = Valor Futuro

P = Valor Presente

n = Número de años

Además : $t = 100 (x-1)$

Siendo: T = tasa

La tasa promedio de los años (1968-1983) es 7.7%, para ser más realistas tomaremos $t = 6.7\%$ pues en el año 1984 la M.D. fue 22,000 Kw.

Resumiendo : $t = 6.7$

$N = 0$

$P = 7,800 \text{ Kw}$

Año 1968

$$F = 7,800 \cdot 1.067^n$$

Reemplazando valores resulta :

TABLA Nº 4

PROYECCION DE LA DEMANDA

n	16	17	18	19	20	21	22	23
AÑO	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
PKW	22,015	23,490	25,064	26,743	28,535	30,447	32,487	34,663

n	24	25	26
AÑO	1992	1993	1994
PKW	36,986	39,464	42,108

Comentarios

1.- Notar que esta expansión es por via natural, no se toma en cuenta las restricciones, nuevos proyectos de electrificación e industriales.

2.- Considerando los nuevos Proyectos de Electrificación :

AÑO 1984

ELECTRIFICACION DE PUEBLOS JOVENES

- Sector Campo Polo I
- Sector Campo Polo II
- Los Algarrobos
- Ficus 2da. Etapa
- Caserio Simbila
- Nuevo Catacaos
- María Gorretti
- Tacala
- Otros

AÑO 1985	$\Sigma = 1,000$ KW KW
- Planta de Tratamiento agua Sullana	1,200
- Parque Industrial Piura	2,000
- Parque Industrial Sullana	2,000
- Nuevos asentamientos humanos	800
- Futuras Urbanizaciones	<u>1,000</u>
	8,000

Es decir que para el año 1985, debemos contar con 10,000 KW más, para satisfacer dichos proyectos y la demanda de energía restringida.

3.- Es necesario uniformizar las unidades en grupos Diesel de 10 MW, para ir pensando en un futuro serio, o agilizar la interconexión de la línea de transmisión Piura-Chiclayo.

P(MW)

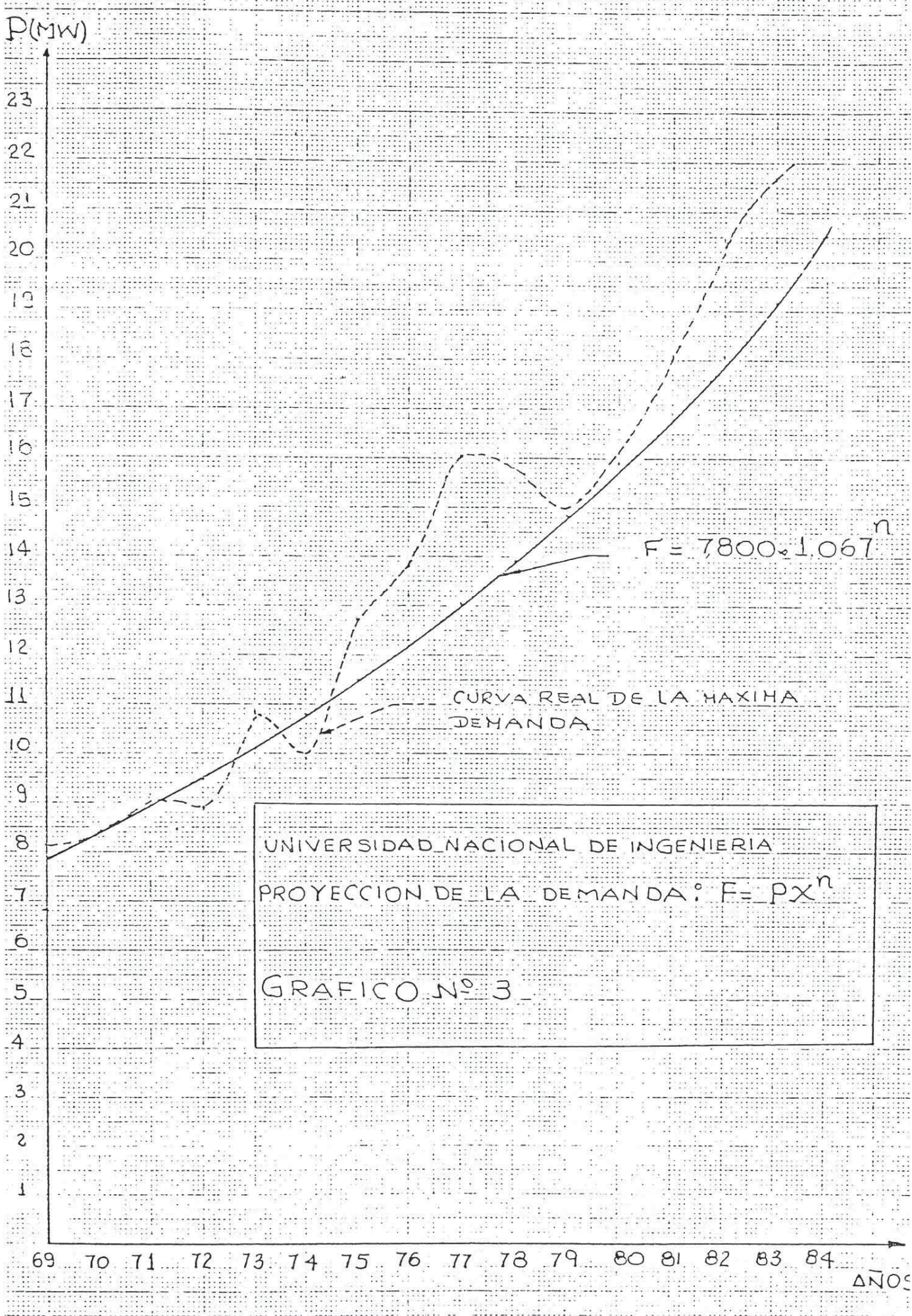
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 ΔAÑOS

$$F = 7800 \cdot 1.067^n$$

CURVA REAL DE LA MAXIMA DEMANDA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROYECCION DE LA DEMANDA: $F = P \cdot X^n$
GRAFICO N° 3



C A P I T U L O V

CURVAS CARACTERISTICAS EXPERIMENTALES DE CADA UNIDAD

C A P I T U L O V

I.- Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo central hallar la zona óptima de Operación de cada una de las unidades diesel, zona óptima que implica máxima eficiencia ó por el contrario Consumo - Específico de Combustible (C.E.C.), mínimo.

El precio del KWH depende de los siguientes factores:

- 1.- Zona o rango de operación de la unidad Diesel ó planta
- 2.- Gastos de operación, sin incluir combustible : (Lubricantes, grasas, aditivos químicos, etc.).
- 3.- Gastos de mantenimiento : parte mecánica
- 4.- Gastos de mantenimiento : parte eléctrica
- 5.- Gastos por : pago del personal Técnico, Administrativo, Trabajadores y Gerencial.

En el presente capítulo solamente tocaremos el punto N° 1 , es decir la producción por máquina, cual es su consumo de combustible, y compararlo con los parámetros óptimos.

El precio del KWH, considerando solamente consumo de combustible, no es constante para una máquina dada, depende de si se trabaja en rangos económicos o no; varía inclusive de máquina a máquina, aun sean estas de igual potencia, igual R.P.M. igual tipo de fabricante y año de instalación, depende en general del tipo de mantenimiento, de la disponibilidad de las mismas, de las horas de producción anual, etc.

Para poder desarrollar este tema a profundidad necesitamos de dos curvas características de carga, ellas son:

- 1.- Consumo de Combustible v.s. Potencia de salida del Alternador.
- 2.- C.E.C. v.s. Potencia de salida del alternador (P_G).

Nuestra tarea central ha sido obtener estas curvas con la mayor precisión posible, dentro de las limitaciones existentes (instrumentos malogrados ó con lecturas incorrectas por parte de los mismos.

Este trabajo toma cuerpo en la medida de la tendencia alcista del combustible y se resume en las siguientes frases :
"PRODUCIR MAS ENERGIA CONSUMIENDO MENOS COMBUSTIBLE"

5.1.- Que es el Consumo Específico de Combustible

El C.E.C. es el cociente de flujo de combustible (\dot{m}_c) entre la potencia de salida del motor.

$$C.E.C. = \frac{\dot{m}_c}{N_{eje}} \quad \left[\frac{gr/Hr}{KW} \right] = \left[\frac{gr}{KWH} \right]$$

El fabricante da esta curva y muchas más, pero toma cuenta solamente la potencia de salida del motor, es decir la potencia al Freno, además las condiciones ambientales, así como la densidad y poder calorífico son diferentes a las condiciones de operación de Piura.

Cuando medimos el C.E.C. de la unidad instalada, se mide la

entrada y la salida de la unidad, incluye generador, de tal manera que, el C.E.C. hallado, es diferente al dado por el fabricante, vale decir mayor.

$$\text{C.E.C.} = \frac{\frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{\text{P (BORNES)}} = \frac{\text{gr}}{\text{KWH}}$$

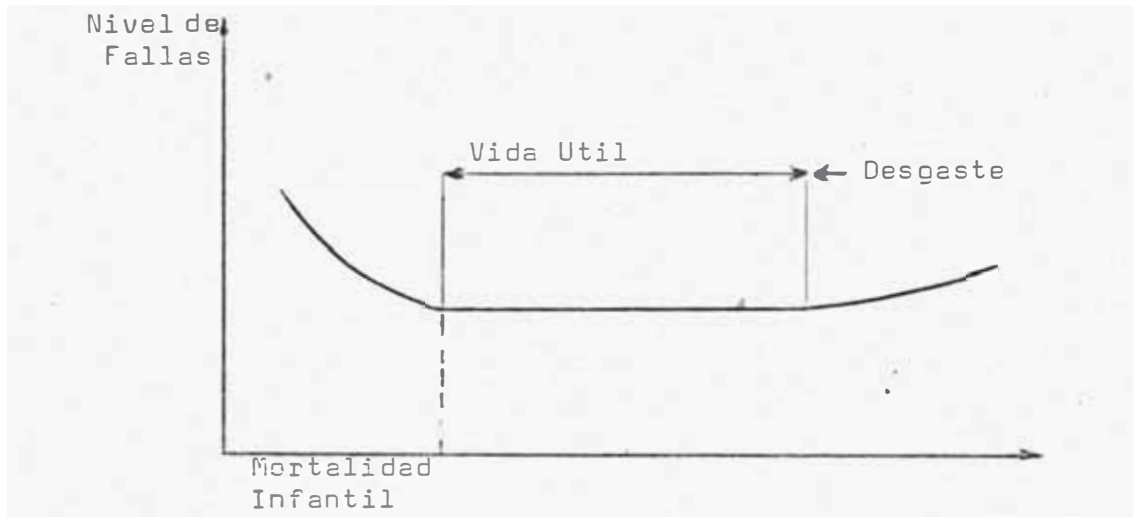
Empleando la densidad del combustible, estas unidades del C.E.C., poco manejables y no prácticas se transforman en unidades muy útiles y prácticas (lt/KWH).

Decimos útiles y prácticas por lo que se ve cotidianamente es cuantos litros o galones consume por hora, o por día una unidad diesel o la planta en general, además con estas unidades en poco tiempo se puede calcular el consumo diario en litros de una unidad, y además comparar los resultados diarios del C.E.C. de operación con el C.E.C. óptimo.

Generalmente los fabricantes diseñan el motor para máxima economía al 75% de su potencia de placa, recomendando un rango de operación del motor; dicho rango muchas veces se ve limitado por el tipo de mantenimiento y el desgaste de la máquina de tal manera que el motor tiende a restringir su potencia de placa y por consiguiente el rango de operación dado por el fabricante se corre hacia la izquierda, por la pérdida de potencia de la unidad, aunque debe quedar claro que la tendencia de la curva del C.E.C. es parecida a la dada inicialmente.

Cuando un motor mas alternador se instalan su consumo de combustible es mayor, lo mismo su C.E.C., ya que la unidad esta

en su período inicial de vida, no ha entrado a su período de operación normal esto se puede apreciar claramente en los resultados obtenidos del grupo S.W.D.

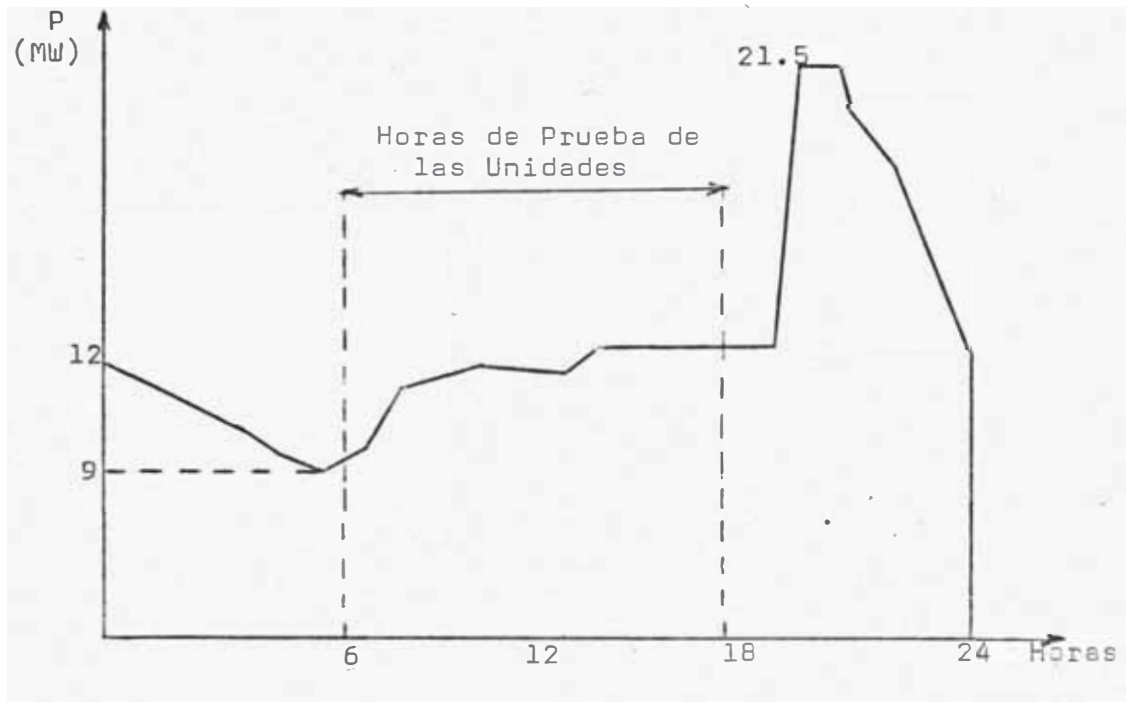


5.2. Criterios para realizar las Pruebas.

5.2.1. Como mantener la Carga Constante

El sistema de potencia de Piura es alimentado por la Central Térmica, incluyendo el Cable a Catacaos y la línea de transmisión a Sullana, de tal manera que la carga es variable en el transcurso del día, las unidades trabajan con un estátismo al 50% y la toma de carga se hace dentro de los límites de potencia actual, controlados con el pulsador de revoluciones para aumentar o disminuir la carga según sean las necesidades de la demanda; en otras palabras las unidades se reparten la carga aumentando o disminuyendo su potencia entregada a la red.

A continuación presentamos un diagrama de carga diario típico de la Planta de Energía.



En estas condiciones como mantener la Carga Constante.

- a) Limitando el ingreso de combustible por la cremallera de la bomba de inyección por intermedio del REGULADOR DE VELOCIDAD MEDIANTE EL DISPOSITIVO LLAMADO LIMITE DE CARGA.
- b) Balanceando las cargas entre las unidades en paralelo, tratando de mantener constante la carga establecida antes de la prueba a la unidad sometida a la misma; esto se logra con una perfecta coordinación con los Ingenieros jefes de turno y con los señores tableristas.
- c) Controlando cada cinco minutos ó menos la carga constante mediante el pulsador de revoluciones de la unidad sometida a prueba en el transcurso de una hora.
- d) Si la carga de un GMT es 2000 KW, y se desea bajarla a 1000 KW, y no hay disponibilidad de que los grupos existentes to

men el excedente, necesariamente hay que sincronizar una unidad de mayor o igual potencia que 1000 KW, en este caso se ría un MIRRLEES.

- e) Para evitar limitar la carga a la máquina ó estar constantemente controlando el pulsador de revoluciones y no tener una lectura precisa, se hace usos del contador de energía, esta lectura se toma al iniciar y finalizar la hora para obtener por diferencia la cantidad de KWH producidos en una hora. Esta diferencia se divide entre una hora y el resultado viene hacer la potencia media, que hubiese tenido la unidad a carga constante, para producir la misma cantidad de energía.

$$\begin{array}{r}
 10.00 \quad E_1 \text{ (KWH)} \\
 11.00 \quad E_2 \text{ (KWH)} \\
 \hline
 \Delta E = (E_2 - E_1) \times K = \bar{P} \times t
 \end{array}$$

$$\bar{P} = \frac{\text{KWHr}}{1 \text{ Hr}} \rightarrow \bar{P} = \text{KW}$$

- f) Para asegurarse que la diferencia de lecturas es la correcta, se CONTRASTA el medidor de energía por el método de potencia. Este método consiste en mantener la lectura del vatímetro lo más exacto posible (carga constante), ello se hace mediante el límite de carga del REGULADOR DE VELOCIDAD, se toma la lectura del contador de energía en una hora, y se lo divide entre una hora, a continuación se lo multiplica por la constante del contador, ambos resultados deben de coincidir o en todo caso aceptar un error del 5% como máximo.

$$\Delta E = \bar{P} \times T$$

Para el presente trabajo se ha considerado \bar{P} .

Todas estas pruebas se han hecho a cada unidad, resultando - de esto que el vatímetro del S.W.D. marca por exceso y que - para obtener la potencia real hay que hacer uso de :

$$P_G = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi}{1000}$$

V = Voltios

I = Amperios

$P_G = KW$

Haciendo un pequeño análisis al respecto podemos dar un factor promedio aproximado: 0.87865.

5.3. Precisión de las Pruebas y Confiabilidad de las mismas.

Para tratar de graficar las curvas $\frac{O}{m_c}$ v.s. \bar{P} , y C.E.C. v.s. \bar{P} , se requieren por lo menos 6 puntos por cada unidad, de tal manera que se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- 1.- Lecturas hechas de hora en hora, con un rango de variación de ± 1 seg. tanto en las lecturas del combustible como en las lecturas del contador de energía.
- 2.- Entre prueba y prueba hay que esperar 15 a 20 minutos - para que el motor se estabilice de acuerdo a las nuevas condiciones de trabajo.
- 3.- Las lecturas con el medidor de energía requieren de una precisión al milésimo, pues la constante de los medidores es muy grande, sobre todo en los GMT (8,000) y MAN (60,000)
- 4.- Para las lecturas de los medidores de combustible de

los MIRRLEES se ha tenido serios problemas, todos los me
 didores de combustible están malogrados a excepción del
 MIRRLEES 1, a continuación detallamos el procedimiento -
 seguido.

- Se ha usado una varilla de fierro graduada en cm. que
 al caer al fondo del tanque cae en forma perpendicular
 la marca que deja el combustible en la varilla debe -
 ser precisa, pues 1 cm. de diferencia influye poderosame
 nte en el C.E.C.
- Para dichas unidades se ha calculado de la siguiente -
 manera .

$$C.E.C. = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4 \times 1000 \times \rho} \quad \text{lt/KWH}$$

Donde D = 114 cm.

- El sistema de alimentación de combustible de los motore
 s estan interconectados, tanto en la entrada como -
 en la salida, de tal manera que es aplicable al prin-
 cipio de la Paradoja Hidrostática Todos se llenan a
 un mismo nivel y todos descienden por igual. Adjunta-
 mos el diagrama de flujo de estos tanques y el suminis-
 tro de combustible a los motores.
- Actualmente la unidad 3 y 6 esté fuera de servicio, la
 unidad 2, su tapa de entrada de admisión del combustible
 está soldada a la cañería de ingreso de combusti-
 ble.
- Luego a las unidades 4 y 5 se les ha aislado convenien

temente, de tal manera que el descenso de combustible vaya unicamente al motor. Todas estas pruebas se han hecho con las unidades 4 y 5 funcionando solas en la planta de generación de 5 KV y el resto de carga se ha compensado con la planta de generación a 10KV.

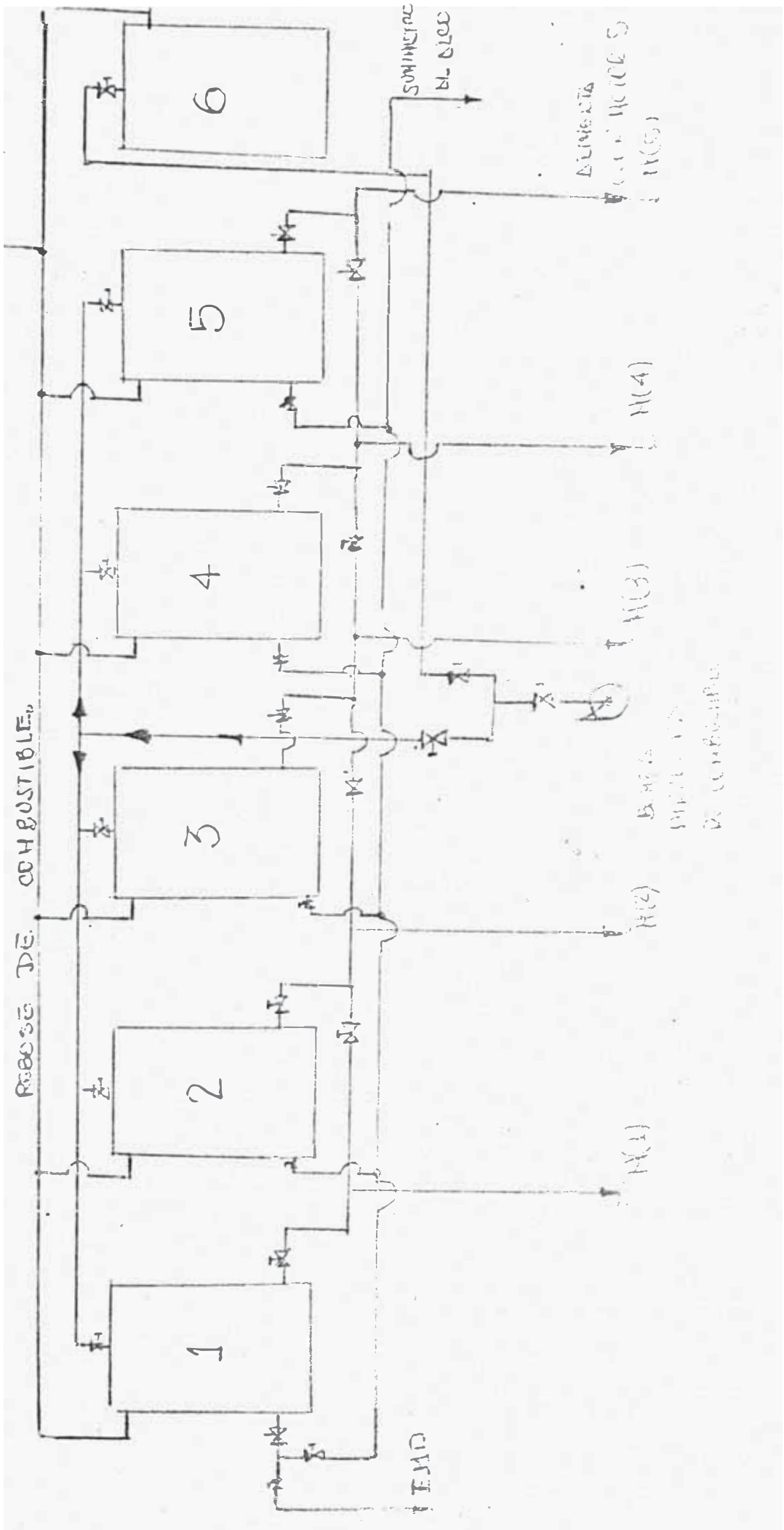
- El aislamiento no ha sido perfecto y se han considerado las fugas de los tanques 1, 2 y 3 hacia los tanques 4 y 5.

Para las pruebas de los grupos 4 y 5 se debe tener un cuidado tremendo en el cierre y abre de las válvulas conforme se muestra en el diagrama de flujo de los MIRRLEES, ya que se puede dejar al motor sin combustible o estar midiendo su consumo por defecto o exceso.

- Al mismo tiempo antes de comenzar las pruebas, los tanques 4 y 5 deben estar llenados al máximo, para ello debe cerrar el suministro de acceso de los tanques 1, 2 y 3.
- Una vez llenados los tanques se apaga la bomba impulsora de combustible y se cierra el suministro de combustible a dichos tanques y para evitarse problemas se coloca un cartel de seguridad (NO ARRANQUE), en el botón de la bomba impulsora de combustible.
- Al término de la hora y si ha descendido mucho los tanques de prueba, mientras se estabiliza la unidad a las nuevas condiciones de carga, se abre la bomba im

DIAGRAMA DE FLUJO DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE HACIA LOS MOTORES MIRELET'S
 SE LLENO
 UN CILINDRO.

COMBUSTIBLE: DIESEL N° 2.



pulsora del combustible y de acceso de los mismos, y así se continúa el procedimiento.

- Al finalizar las pruebas todas las llaves deben quedar abiertas: de suministro de combustible y de interconexión o compensación de los mismos.

5.- Para los grupos GMT se les ha hecho infinidad de pruebas, pues existen medidores de combustible.

6.- Para el grupo S.W.D. solamente la prueba se ha hecho con diesel ya que el viscosímetro no funciona.

7.- Cuando los resultados obtenidos no son los esperados, la prueba tiene que repetirse hasta lograr resultados satisfactorios.

8.- Para hacer las pruebas se ha tenido la disponibilidad de las unidades así como el diagrama de carga diario.

5.4. Resultado de las Pruebas Obtenidas

Tabla Nº 1 Resultados Experimentales de la Unidad MIRRLEES 1

P(kW)	\dot{m}_c (galones/hora)	C.E.C. (lt/kWH)	η_t (%)
170	17.25	0.384	30.48
355	28.00	0.298	34.94
580	40.75	0.266	36.01
770	52.75	0.2592	37.09
990	67.75	0.2590	36.10
1070	75.5	0.2670	35.6

$$\eta_t = \frac{P \times 3413}{139,535.14 \times \dot{m}_c}$$

$\left\{ \begin{array}{l} P \text{ (kW)} \\ \dot{m}_c \text{ (galones/hora)} \end{array} \right.$

Tabla N^o 2 Resultados Experimentales de la Unidad MIRRLEES 4

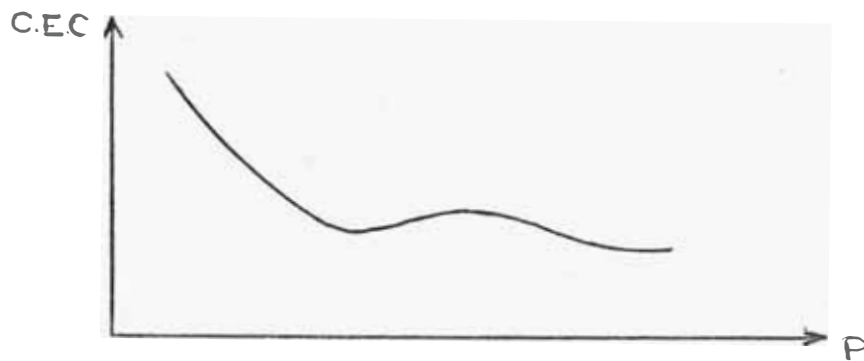
P	ΔH	$\frac{O}{m_c}$	C.E.C.	η_t
kw	cm/hora	lt/hora	lt/kwh	%
380	15.87	161.985	0.432	21.71
510	18.12	185.0	0.3627	25.52
1000	27.17	277.36	0.2773	33.378
1290	32.99	336.832	0.2600	35.456
1500	37.54	383.172	0.2554	36.242
1550	38.80	396.03	0.2555	36.234
1780	46.00	469.523	0.2637	35.097

Tabla N^o 3 Resultados Experimentales de la Unidad MIRRLEES 5

P	ΔH	$\frac{O}{m_c}$	C.E.C.
KW	cm/hora	lt/hora	lt/kwh
510	18.453	188.35	0.3693
970	22.00	224.55	0.2314
1280	30.826	314.64	0.2458
1390	38.00	387.86	0.2790
1450	38.88	396.84	0.2736
1770	44.000	449.10	0.2537

NOTA.- Realmente en la máquina N^o 5 existen dos mínimos, ya que las pruebas se han hecho varias veces, obteniéndose los mismos resultados.

Para modificar la siguiente tendencia de curva:



Se ha efectuado un ajuste de curva al flujo de combustible considerando una aproximación lineal, los resultados son los siguientes:

Tabla Nº 4 Ajuste de Mínimos Cuadrados de los Datos Obtenidos en la Máquina MIRRLEES 5

X	Y	XY	X ²
510	188.35	96,058.5	260,100
970	224.55	217,813.5	940,900
1280	314.64	402,739.2	1638,400
1390	387.86	539,125.4	1932,100
1450	396.84	575,418	2102,500
1770	449.10	794,922.9	3132,900
7370	1961.34	2626,077.5	10006,900

Siendo $y = a_0 + a_1 x$

$$a_0 = \frac{\sum X^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a_1 = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Reemplazando datos resulta:

$$a_0 = 47.664$$

$$a_1 = 0.22733$$

La ecuación de la recta para el flujo de combustible será :

$$Y = 47.64 + 0.22733X$$

Donde : Y = lt/hora

X = kW.

Tabulando datos en la ecuación obtenemos el siguiente cuadro:

Tabla Nº 5 Resultados de la Unidad MIRRLEES 5, con el ajuste de Mínimos Cuadrados

X=P	$Y = \frac{Q}{m_c}$	C.E.C.	$\eta_c \%$
0	47.64	∞	0
500	161.305	0.3226	28.69
1000	274.97	0.2749	33.66
1300	343.169	0.2639	35.07
1390	363.628	0.2616	35.369
1450	377.268	0.2601	35.582
1770	450.014	0.2542	36.413

Tabla Nº 6 Resultados Obtenidos de la Unidad GMT1 con Combustible Bunker 6

Fechas de realización : 24/4/84 hasta 2/5/84

\bar{P} (KW)	\dot{m} (lt/hora)	C.E.C.(lt/kWH)
960	317	0.3302
1560	438	0.2808
2000	533	0.2625
2616	687	0.2626
3040	790	0.2598
3120	799.8	0.2563
3280	908.0	0.2763

Tabla Nº 7 Resultados Experimentales de la Unidad GMT 2 con
Combustible Diesel 2

Fecha de Realización : 3/6/84

Temperatura Promedio del combustible Diesel : 50°C

\bar{P} (KW)	\dot{m}_c (lt/Hora)	C.E.C.(lt/kWH)
800	250	0.3125
1000	292	0.292
2048	540.5	0.2639
2608	662	0.2548
2856	727.8	0.2548
3392	864.0	0.2547

Tabla Nº 8 Resultados Obtenidos de la Unidad GMT2 con Combustible Bunker 6

\bar{P} (kW)	\dot{m}_c (lt/hora)	C.E.C. lt/kWH)
1040	375	0.3605
1760	495	0.2815
1954	539	0.2758
2456	644.5	0.2624
2560	641.0	0.2504
2600	677.0	0.2603
3040	808.0	0.265
3176	845.5	0.266

Tabla Nº 9 Resultados Experimentales de la Unidad GMT2 con Combustible Diesel Nº 2

Fecha de realización : 3-5-/10/1983

\bar{P}	\dot{m}_c (lt/hora)	C.E.C.(lt/kWH)
800	320	0.4
1000	355	0.355
1600	470	0.2937
2000	550	0.2750
2600	695	0.2673
2800	750	0.2678
3000	800	0.2666
3200	860	0.2687
3500	970	0.2777

Tabla Nº 10 Resultados Experimentales de la Unidad S.W.D.
 Combustible Diesel Nº 2

Fecha de realización: JUNIO DE 1984

1870	608.5	0.3254
2690	784.5	0.2916
3230	909.0	0.2814
3510	973.5	0.2773
3515	974.0	0.2770
4130	1130.7	0.2738
4420	1204.4	0.2725
4740	1289.0	0.2719
5260	1440.18	0.2738

Nota : La potencia \bar{P} es la potencia promedio medida con el conta
dor de energía

5.4.1. Máquina Man

Consideraciones hechas para obtener los resultados:

- 1.- El MAN tiene dos contadores de combustible Diesel y Eunker, estos contadores funcionan cada vez que las bombas impulsoras por intermedio de un mecanismo detectan que el tanque de alimentación de combustible ha llegado a un cierto nivel y por lo tanto se hace necesario llenarlo. El tiempo de funcionamiento de los contadores depende de la carga, es decir de como descienda de nivel el tanque de alimentación del combustible; por lo tanto lo que se puede medir es un consu

mo específico promedio diario, pero no hora a hora.

2.-Los Fabricantes tanto del MAN y del S.W.D. han dado las curvas características de carga tomados en un laboratorio, con una bolante con pesas y un dinamómetro y han hallado los BHP ó kW de salida del motor, dando sus resultados en gr/kWH.

La curva dada por el fabricante se ha llevado a lt/kWH afectándolo de la P bajo la cual fue realizada la prueba, como nosotros hemos hallado por experiencia el G.E.C. _p del S.W.D. podemos relacionar estas dos curvas de la siguiente forma:

$$C.E.C.f = \frac{\overset{0}{m}_c}{N \text{ eje}}$$

$$C.E.C.p = \frac{\overset{0}{m}_c l}{P_G}$$

Dividiendo miembro a miembro se obtiene:

$$C.E.C.f / C.E.C.p = (P/N \text{ eje}) (\overset{0}{m}_c / \overset{0}{m}'_c)$$

$$C.E.C.f / C.E.C.p = (\eta_g) (\overset{0}{m}_c / \overset{0}{m}'_c)$$

Donde :

C.E.C.f = Consumo específico del fabricante

C.E.C. = Consumo específico con alternador

$\overset{0}{m}_c$ = Consumo de combustible dado en prueba por el fabricante.

$\overset{0}{m}'_c$ = Consumo de combustible con alternador

η_g = Eficiencia del alternador con $\cos\phi = 0.8$

El valor (η_g) ($\frac{m_c}{m'_c}$) es practicamente una constante cuyo va
lor oscila entre (0.8901-0.9035), y como se conoce el C.E.C._F -
del MAN podemos afectarlo de una constante promedio 0.8948 y ob
tener el C.E.C._P

A continuacion presentamos los resultados tabulados

Tabla Nº 11 Consumos Específicos de Fabricante y con Alternador de la Unidad S.W.D.

	\bar{P} (kW)	C.E.C. _F ($\frac{1t}{KWH}$)	C.E.C. _P (1t/KWH)	η_g	C.E.C. _F / C.E.C. _P
25.45	1400	0.328	0.363	0.925	0.9035
36.36	2000	0.286	0.321	0.939	0.8909
47.72	2600	0.265	0.294	0.949	0.9013
54.54	3000	0.2555	0.286	0.953	0.8916
65.45	3600	0.248	0.277	0.957	0.8953
72.72	4000	0.244	0.274	0.958	0.8905
0.80	4400	0.243	0.273	0.959	0.8901
0.83	4600	0.243	0.272	0.96	0.8933
0.90	5000	0.244	0.273	0.961	0.8937
0.963	5300	0.247	0.275	0.9615	0.8981
100.00	5500	0.248	0.277	0.9620	0.8953

NOTA.- Los resultados anteriores han sido hechas con combustible Diesel Nº 2.

Densidad del Combustible dado por el Fabricante:

(Normas ASTM) $\rho = 0.8320$ a 60°C .

A continuación presentamos los resultados dados por el fabricante que nos han servido para calcular el C.E.C. del mismo en lt/kWH.

Tabla Nº 12 Flujo de Combustible y Consumo Específico dado por el Fabricante de la Unidad S.W.D.

Neje kW	\dot{V}_c (kG/Hr) x 100	\dot{V}_c (lt) (Hr)	C.E.C. _F lt/kWH
2925	6.2	745.19	0.2574
3217.5	6.7	805.28	0.2502
3510	7.2	865.38	0.2465
3802.5	7.8	937.49	0.2465
4095	8.4	1009.61	0.2465
4387.5	9.0	1081.73	0.2465
4680.0	9.6	1153.84	0.24654
4972.5	10.2	1225.96	0.2264
5265.0	10.8	1298.07	0.2465
5557.5	11.5	1382.21	0.2487
5850.0	12.1	1454.32	0.2486

Tabla N^o 13 El Consumo Específico Teórico de la Unidad MAN
(C.E.C._p)

MAQUINA MAN						
	Neje (kW)	^o KG/hora	mc lt/hora	C.E.C. _F lt/KWH	C.E.C. _P lt/kWH ^P	PG =P kW
25	1947.5	460	500.65	0.257	0.2872	1801
34.6	2700.0	600	653.02	0.241	0.2693	2527
49.4	3850.0	820	892.468	0.231	0.2581	3658
57.8	4502.9	930	1012.189	0.225	0.2481	4295.7
69.3	5403.46	1100	1197.213	0.222	0.2481	5172
75.0	5808.7	1180	1284.28	0.221	0.2469	5570
81.0	6304.04	1270	1382.23	0.219	0.2449	6057.8
86.7	1360.0	1360	1480.19	0.2191	0.2448	6486.0
92.4	7204.62	1450	1578.14	0.2190	0.2447	6923.6
100.0	7790.0	1570	1708.75	0.2193	0.2450	7494.0

NOTA.- Para obtener la tabla anterior se ha considerado:

- Densidad del bunker 60.9188 a 60^oC normas ASTM
- El Consumo específico del fabricante se ha dividido entre 0.8948 para obtener el consumo específico con alternador, esta constante se ha obtenido del S.W.D.
- Para obtener la potencia de salida en bornes del alternador se ha considerado la eficiencia del alternador (se aumentó en porcentaje la misma que de los GMT).

5.5. Cuanto Cuesta Producir un KWH

Demostremos a continuación que el costo del kWh generado por máquina es diferente, y que aun en la misma máquina el precio del kWh depende de la zona en que se este trabajando, es decir la tendencia de la curva es la misma que la del C.E.C., por lo tanto hay que operar todas las máquinas en la zona óptima

Sea : C = Costo del kWh

$$\text{C.E.C. (lt/kWH)} \left(\frac{1 \text{ galon}}{3.785 \text{ lt}} \right) \left(\frac{2496 \text{ ₡}}{1 \text{ galon D-2}} \right) = C \text{ (₡/kWH)}$$

$$C = 659.445 \text{ C.E.C. en ₡/kWH}$$

De igual manera para el Bunker 6 :

$$1 \text{ galón de bunker 6 } ₡ \text{ 2093}$$

$$C = 552.445 \text{ C.E.C. en ₡/kWH}$$

En dichas fórmulas C.E.C. está en lt/kWH

Llevansó a dólares

$$1 \text{ dólar USA } 3220 \text{ ₡} \quad 12/6/84$$

Para Diesel Nº 2

$$C = 0.204796 \text{ C.E.C. } \$ \text{ USA}$$

Para Bunker Nº 6

$$C = 0.171730 \text{ C.E.C. } \$ \text{ USA}$$

Es decir que la curva del C.E.C. sólo se ha afectado de una constante en las unidades correspondientes para obtener el costo del kWh en función de la potencia de salida del alternador.

Resultados tabulados del precio del kWh. En función de la Potencia Generada.

Tabla Nº 14

MIRRLEES Nº 1 (DIESEL)

P (kW)	C. E. C. lt/kW-Hr	C. \$/kWh	C. (\$USA/kWh) $\times 10^2$
215	0.384	253.22	7.86
300	0.325	214.31	6.65
400	0.2985	196.8	6.11
600	0.2659	175.3	5.44
800	0.2592	170.9	5.30
1000	0.2670	176.0	5.46
1200	0.2700	178.0	5.52

Tabla Nº 15

MIRRLEES Nº 4

400	0.336	221.6	6.88
600	0.309	203.8	6.32
800	0.290	191.2	5.93
1000	0.278	183.3	5.69
1200	0.267	176	5.46
1400	0.261	172.1	5.34
1500	0.258	170.1	5.28
1600	0.257	169.4	5.26
1640	0.256	168.8	5.24
1700	0.255	168.1	5.22
1800	0.256	168.8	5.24
2000	0.263	173.4	5.38

Tabla Nº 16

MIRRELES Nº 5 (DIESEL)

P (kW)	C.E.C. 1t/kW-Hr	C. \$/kWH	C. (\$USA/kWH) × 10 ²
400	0.400	263.7	8.19
600	0.343	226.1	7.02
800	0.304	200.5	6.22
1000	0.278	183.3	5.69
1200	0.263	173.4	5.38
1400	0.256	168.8	5.24
1500	0.254	167.5	5.20
1600	0.255	168.1	5.22
1640	0.256	168.8	5.24
1700	0.258	170.1	5.28
1800	0.265	174.7	5.42
1900	0.270	178.0	5.52
2000	0.280	184.6	5.73

Tabla Nº 17

GMT Nº 1

P kW	C.E.C.(6) 1t/kWH	C.E.C.(2) 1t/kWH	C (6) \$/kWH	C (2) \$/kWH	C(2) 10 ² × (\$ USA) kWH
800	0.3375	0.35	186.62	230.80	7.16
1000	0.310	0.32	171.42	211.02	6.55
1600	0.2812	0.2812	155.49	185.435	5.75
2000	0.2700	0.266	149.30	171.455	5.44
2600	0.2596	0.253	143.55	167.36	5.18
2800	0.2607	0.2500	144.65	164.86	5.11
3000	0.2616	0.2516	144.65	165.91	5.15
3200	0.2656	0.253	146.86	166.84	5.18
3500	0.2714	0.2542	150.07	167.63	5.20

Tabla Nº 18

GMT Nº 2

P kW	C.E.C.(6) 1t/kWH	C.E.C.(2) 1t/kWH	C (6) \$/kWH	C (2) \$/kWH	C(2) $\times 10^2$ (\$USA/ kWH)
800	0.375	0.4	207.36	263.77	8.19
1000	0.340	0.355	168.00	234.10	7.27
1600	0.2875	0.2937	158.97	193.67	6.01
2000	0.2700	0.2750	149.30	181.34	5.63
2600	0.2576	0.2673	142.44	176.27	5.47
2800	0.2607	0.2678	144.16	176.59	5.48
3000	0.2600	0.2666	143.77	175.80	5.46
3200	0.2625	0.2687	145.15	177.19	5.50
3500	0.2714	0.2777	150.07	182.66	5.55

Tabla Nº 19

S. W. D.

P(kW)	C.E.C.(1t/kWH)	C. (\$/kWH)	C(\$USA) $\times 10^2$ KWH
1200	0.375	247.3	7.67
1400	0.363	239.3	7.43
1800	0.333	219.6	6.81
2000	0.321	211.7	6.57
2600	0.294	193.9	6.02
3000	0.286	188.6	5.85
3600	0.277	182.7	5.67
4000	0.274	180.7	5.61
4400	0.273	180.0	5.59
4600	0.272	179.3	5.57
5000	0.273	180.0	5.59
5300	0.274	180.7	5.61
5500	0.275	181.3	5.63

Tabla Nº 20

M A N

P(kW)	C.E.C.(1t/kWH)	C./(¢/kWH)	C($\frac{USA}{kWH}$) $\times 10^2$
1801	0.2872	158.81	4.93
2527	0.2693	148.91	4.62
3658	0.2581	142.72	4.43
4295	0.2514	139.01	4.32
5172	0.2481	137.19	4.26
5570	0.2469	136.52	4.23
6057	0.2449	135.42	4.20
6486	0.2448	135.36	4.20
6923	0.2447	135.31	4.20
7494	0.2450	135.47	4.20

NOTA.- El precio del kWh, para todas las unidades se ha calculado considerando el combustible Diesel 2, a excepción del grupo MAN que se ha utilizado combustible Bunker 6.

5.6. Cuanto se consume de Combustible para una máquina dada:

Datos : MIRRLEES Nº 4 año 1984

Producción 6'526,200 kWh = Energía = E

Horas de Trabajo : 4409 = H.T.

Potencia media = 1,480 = \bar{P}_m

Con este valor se entra a la curva del C.E.C. y hallamos que el mismo es 0.255 y además es el óptimo.

Consumo Anual en Galones = $\frac{(C.E.C)(\bar{P}_m)(H.T.)}{3.785}$

Donde :

C.E.C. (1t/kWH)

P_m (kW)

H.T. (Horas de trabajo anual)

Reemplazando valores resulta:

Consumo Anual = 439,678 galones

Considerando el 10% por marcha en vacio, paradas y fugas.

Consumo Anual en Galones = 483,645.

Otra forma de hallar un resultado aproximado es:

$$\frac{(P_m)(H.T.)(3413)}{7.141 \times 19,540 \times \eta_e}$$

$$P = 7.141 \text{ lb/galón}$$

$$18,555 \text{ BTU/lb}$$

$$1\text{kWH} = 3413 \text{ BTU}$$

Siendo la eficiencia igual a 0.362

Consumo Anual = 440,965 Galones

Considerando el 10% por marcha en vacio, paradas y fugas.

Consumo Anual en Galones = 485,061

5.7. Cuanto se ahorra en \$/Año variando la operación de la maquina del C.E.C. actual al C.E.C. óptimo.

Consideraciones Actuales (1)

Consideraciones Óptimas(2)

E

E

H.T.₁

H.T.₂

P_{m1}

P_{m2}

C.E.C.₁

C.E.C.₂

Se cumple que:

$$E = H.T._1 \times P_{m1} = H.T._2 \times P_{m2}$$

Es decir que simplemente se está produciendo la misma Energía Anual, sólo que se está cambiando la potencia promedio, que corresponde a un C.E.C. óptimo.

Sabemos que el costo del kWh en \$ es (Diesel)

$$C = 0.204796 \text{ C.E.C}$$

Multiplicando la expresión anterior por E, se obtiene el costo anual de combustible en \$

Para el ahorro anual de pasar de las condiciones 1 a 2 se hace por una simple diferencia:

$$\text{AHORRO ANUAL} = \Delta C = \$/\text{año}$$

$$\Delta C = 0.204796 E (\text{C.E.C.}_1 - \text{C.E.C.}_2)$$

De igual manera para el ahorro en combustible Bunker 6 :

$$\Delta C = 0.171730 \times E (\text{C.E.C.}_1 - \text{C.E.C.}_2)$$

Tabla Nº 21

AÑO 1984

MAQUINA	1	2	3	4	...
E(kWH)	3'530,300	2'539,600	PARADA	6'526,200	8'204,600
H.T ₁ (Horas)	4,111	2,983	0	4.407	5,386
P _{m1} (kW)	859	851		1,480	1,523
C.ec ₁ (1t) kWH	0.257	0.257	-	0.254	0.257
C.ec ₂ (1t) kWH	0.2250	0.255	-	0.254	0.255
Ahorro <u>USA</u> <u>AÑO</u>	1,446	1040	-	0	3,360

MAQUINA				
E(kWH)	11'477,600	13'644,800	39'259,200	25'945,500
H.T.(Horas)	5,090	5,544	7,856	7,389
P ₁ (kW)	2,255	2,461	4,997	3,511
C.eC ₁ (1t/kWH)	0.264	0.259	0.249	0.277
CeC ₂ (1t/kWH)	0.259	0.250	0.244	0.272
Ahorro(\$USA) AÑO	9,855	21,088	33,709	26,567

AHORRO TOTAL - 97,065 $\frac{\$ \text{ USA}}{\text{AÑO}}$

5.8. Como cambiar el Actual Sistema de Operación al Optimo.

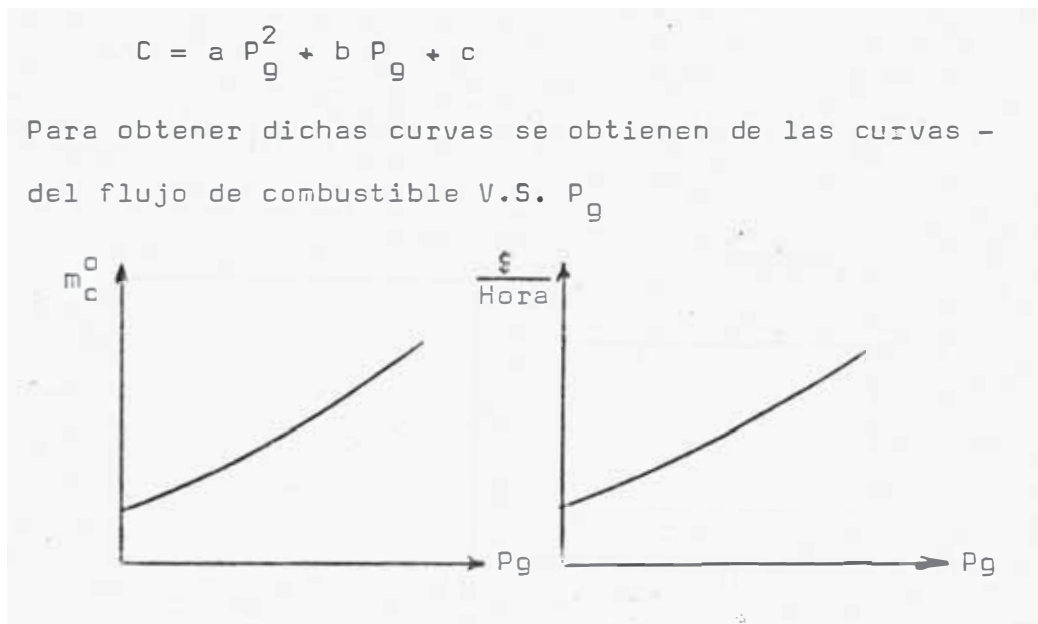
- Es difícil cambiar de un sistema de operación a otro y - sobre todo lograr la precisión en milésimos del C.E.C. óptimo.

Sí hacemos una sumatoria de lo ahorrado en el año 1984 resulta: \$ 97,065 que llevado a soles resulta 1067'710,000 y está cantidad de dinero aumenta conforme nos ~~aparemos~~ del C.E.C. óptimo, así conforme aumente el precio del galón diesel ó bunker.

Pero está dificultad es lo más sencillo para una COMPUTADORA QUE REPARTA LA CARGA AUTOMATICAMENTE ENTRE LAS UNIDADES EN PARALELO, y que su función sea: generar en cada instante y en cada momento para un diagrama de carga cu alquiera UN PRECIO MINIMO EN EL kWh GENERADO DE TODA LA PLANTA.

Para hacerlo se tendría que proporcionar los siguientes datos a la Computadora:

- Límites de Potencia Permisible de cada unidad.
- Costo en \$/hora en función de la potencia de cada uno de los alternadores.



- Programa para el Despacho Optimo de Carga

En países desarrollados existe esta clase de Computadoras y en el Perú esta necesidad tiene que ir tomando cuerpo sobre todo por la gran cantidad de centrales - térmicas (Piura, Chiclayo, Cajamarca, Iquitos, etc., y más aun en el futuro muchas Centrales Hidroeléctricas y Térmicas estarán interconectadas en un gran Sistema de Potencia.

5.8.1. Que hacer entonces hoy

- 1.- Conocer profundamente el diagrama de carga diario, semanal, mensual y anual, y como estos varían con el transcurso del tiempo.

- 2.- Conocer profundamente los rangos de economía de cada una de las unidades.
- 3.- Cambiar todos los medidores de combustible malogrados, incluyendo los GMT, para poder hacer las pruebas continuamente (2 ó 3 veces al año).
- 4.- Contrastar el C.E.C. diario con el obtenido de las curvas experimentales.
- 5.- Dictar políticas a los tableristas sobre la necesidad de trabajar en rangos de potencia económicos.

5.8.2. Que inconvenientes se tiene

- La salida de servicio de una unidad grande, conlleva a un apogón parcial ó total y por lo tanto lo más importante en estos casos particulares NO ES LA ECONOMIA SI NO LA CONFIABILIDAD DEL SERVICIO.
- Lo mismo sucede cuando una máquina viene fallando en cualquiera de sus circuitos: aire, petroleo, agua y lubricación, que determina un exceso de temperatura y una pérdida de potencia en la unidad, en estos casos - interesa cuidar más a la máquina que la misma operación económica.
- La disponibilidad de máquinas, que una máquina puede ser más económica que otra, pero no está en condiciones apropiadas como para entrar a la red.(MANTENIMIENTO).
- En la hora de punta todas las unidades sin llegar a duo

das trabajan por encima de la máxima economía, lo que hace subir, el precio del kWh, lo que interesa en estos casos es satisfacer la punta, y además el rango en que trabajan sigue siendo económico.

CONCLUSIONES

5.9.- Rangos económicos de las unidades:

MAQUINA	GRAFICO Nº	RANGO(kW)
MIRRLEES 1	1	800 - 1000
MIRRLEES 4	2	1450 - 1650
MIRRLEES 5	2	1650 - 1850
GMT1(bunker)	3	2500 - 3000
GMT1(diesel)	3	2800 - 3200
GMT 2 (bunker)	4	2500 - 3000
GMT 2 (diesel)	4	2800 - 3000
S.W.D. (diesel)	5	4000 - 5000
MAN (bunker)	8	6000 - 7000

2.- Del gráfico Nº 3 podemos apreciar que el C.E.C. diesel es menor que el C.E.C. bunker, a pesar de esta inversión obtenida, se puede apreciar que en costos para producir el mismo kWh para la misma potencia, el costo del kWh con bunker es mucho menor que el costo del kWh con diesel. Esta diferencia de costos puede acercarse o alejarse según suceda lo mismo con los precios de los

combustibles.

Para producir el mismo KWH con petróleo Bunker hay que agregarle otros costos, entre ellos:

- Inversión inicial en la planta depuradora
- Aditivos químicos para el tratamiento del agua que la va el petróleo.
- Aumento de energía en servicios auxiliares.
- Personal encargado de la operación de la planta depu radora.

Todos estos gastos, incluido el precio del kwh por combustible, dan el precio de KWH total, que comparado con el precio del KWH diesel, puede dar mayor o menor que cero; $KWH_B - KWH_D = 0$

este análisis de costos tiene que hacerse necesariamente para el período de vida de la unidad y poder recomendar si se utiliza petróleo bunker 6 ó diesel 2.

3.- Notar que en el gráfico 2 existen dos rangos diferentes de operación de los MIRRLEES 4 y 5, lo mismo sucede con los GMT, y como lo habíamos dicho dicha diferencia se debe a:

- Condiciones en que se hace la prueba a la unidad.
- Horas de servicio acumuladas
- Tipo y acciones de mantenimiehto.
- Desgastes de las piezas.
- Como se encuentra el sistema encargado de combustión: (bombas, inyectores, etc.).
- Fugas.

4.- De los gráficos 8, 9, 3 y 4 se pueden obtener infinidad de posibilidades de como satisfacer la carga, sobre todo en el período de (0.00 horas-17.00 horas), y cada una de estas posibilidades tiene regímenes económicos de trabajo. Lo que se debe hacer es tener algunas formas (las más económicas) como patrón de comparación, ya que la disponibilidad de los grupos es un papel importantísimo para poder cumplir en algo un programa de operación hecho con anterioridad. Estas formas de operación están señaladas en el capítulo N^o 9.

C.E.C. (W/KWH)
m.c./

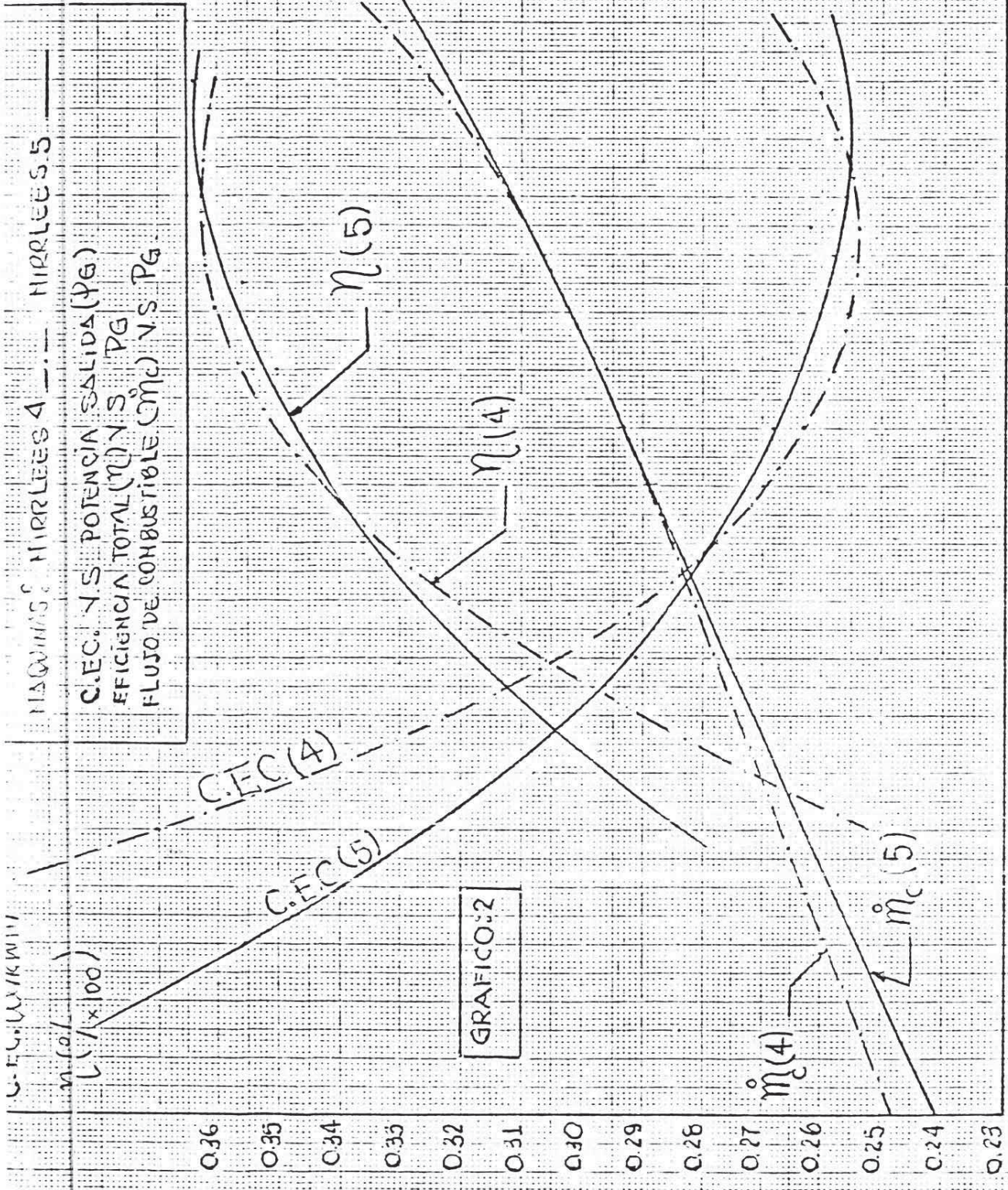
MÁQUINAS: HIRREES 4 --- HIRREES 5

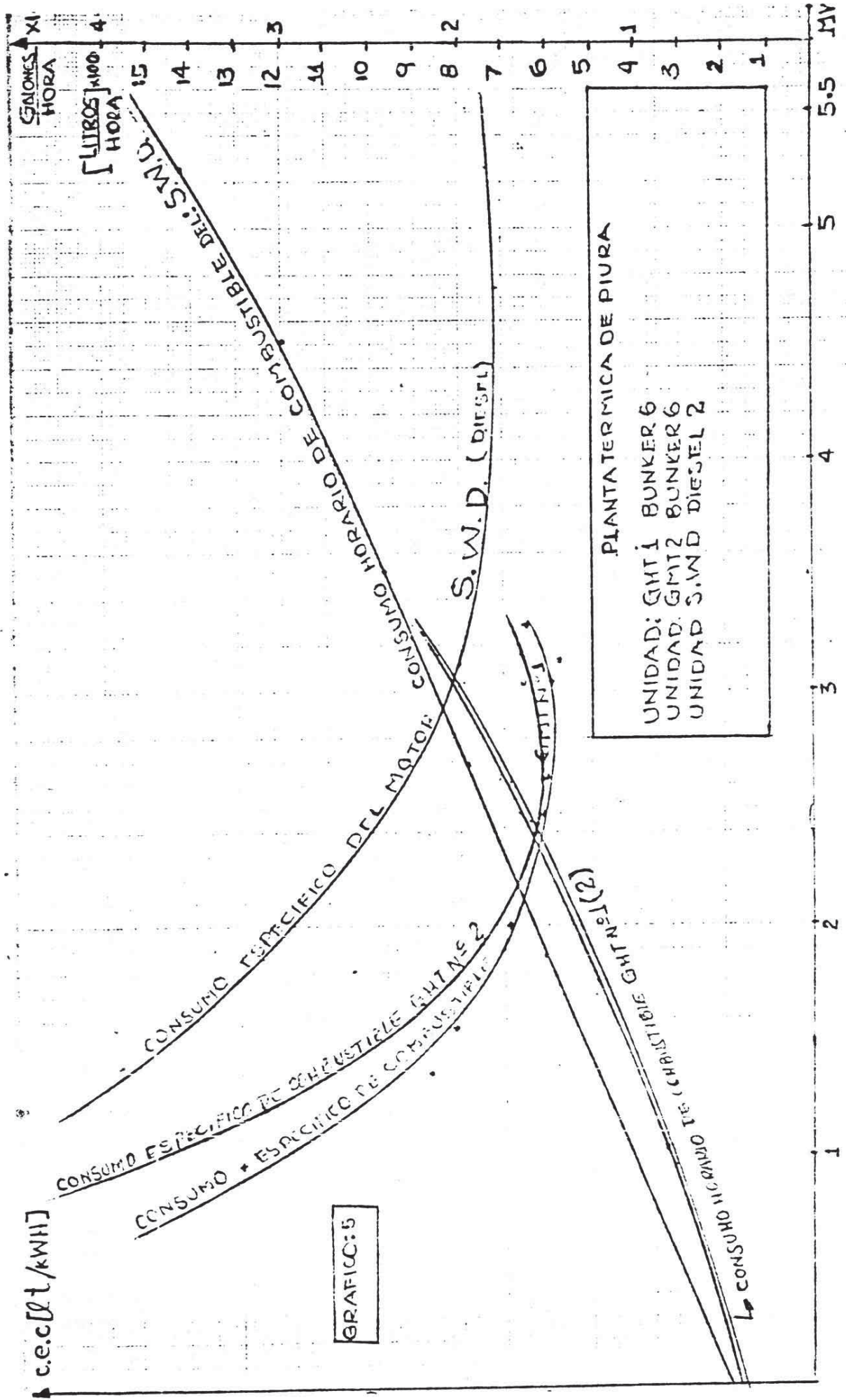
C.E.C. V.S. POTENCIA SALIDA (PG)
EFICIENCIA TOTAL (η) V.S. PG
FLUJO DE COMBUSTIBLE (\dot{m}_c) V.S. PG

GRAFICO: 2

\dot{m}_c (Litros/100 HORAS)

(PG x 100)
KW

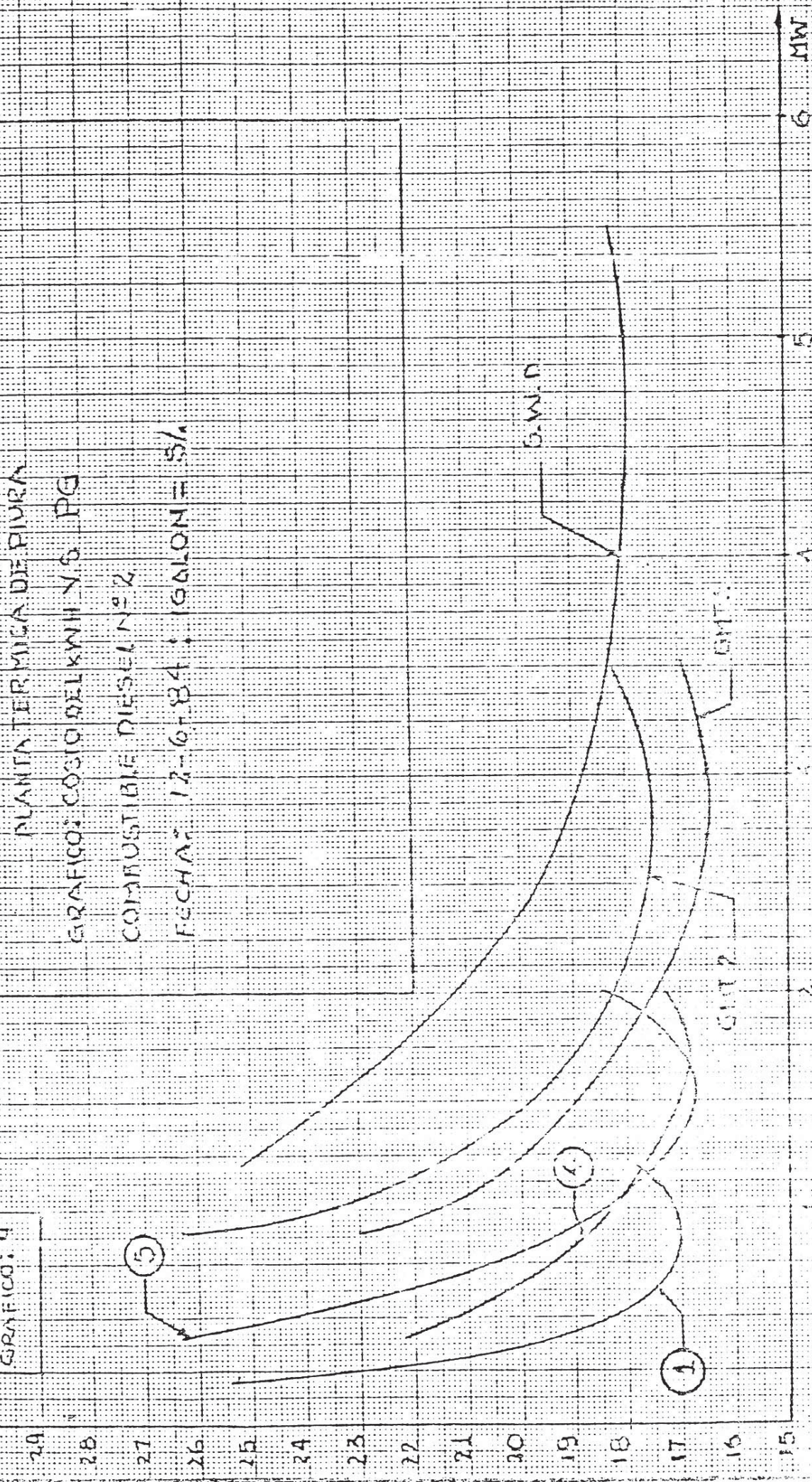




PIANTA TERMICA DE PIURA
 UNIDAD: GMT 1 BUNKER 6
 UNIDAD: GMT 2 BUNKER 6
 UNIDAD S.W.D DIESEL 2

GRAFICO: 5

GRAFICO: 9

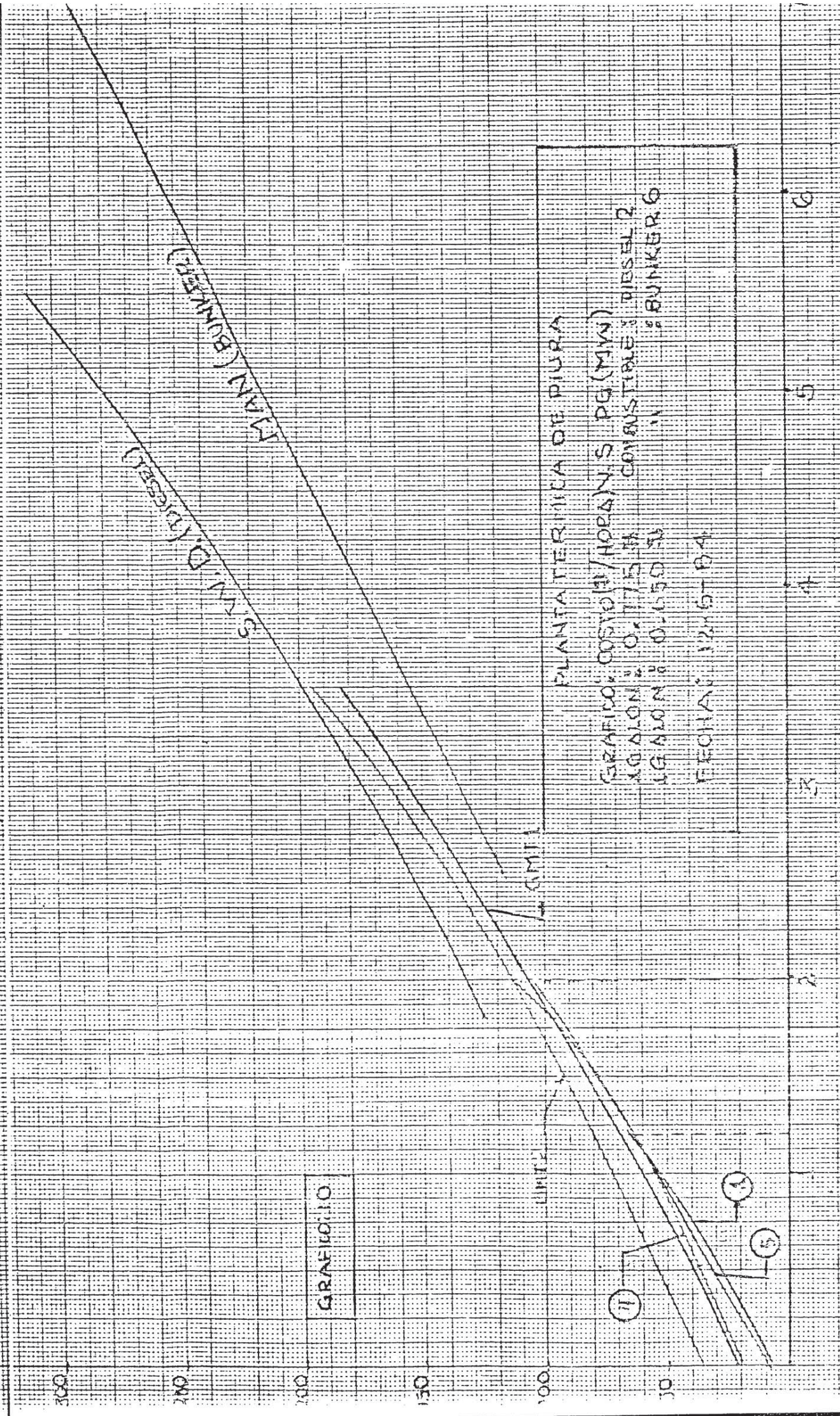


PLANTA TERMICA DE RIVERA

GRAFICO: COSIO DEL KWH Y G. PG

COMBUSTIBLE DIESEL Nº 2

FECHA: 12-6-84 : 1 GALON = 5%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE VS. PG

CONSUMO DE COMBUSTIBLE VS PG

UNIDAD MAN

C.E.C. (lb/kwh)

0.29

0.28

0.27

0.26

0.25

0.24

GRAFICO 3.11

\dot{m}_c [lb/Horas]

2000

1500

1000

500

PG (kWx1000)

7

6

5

4

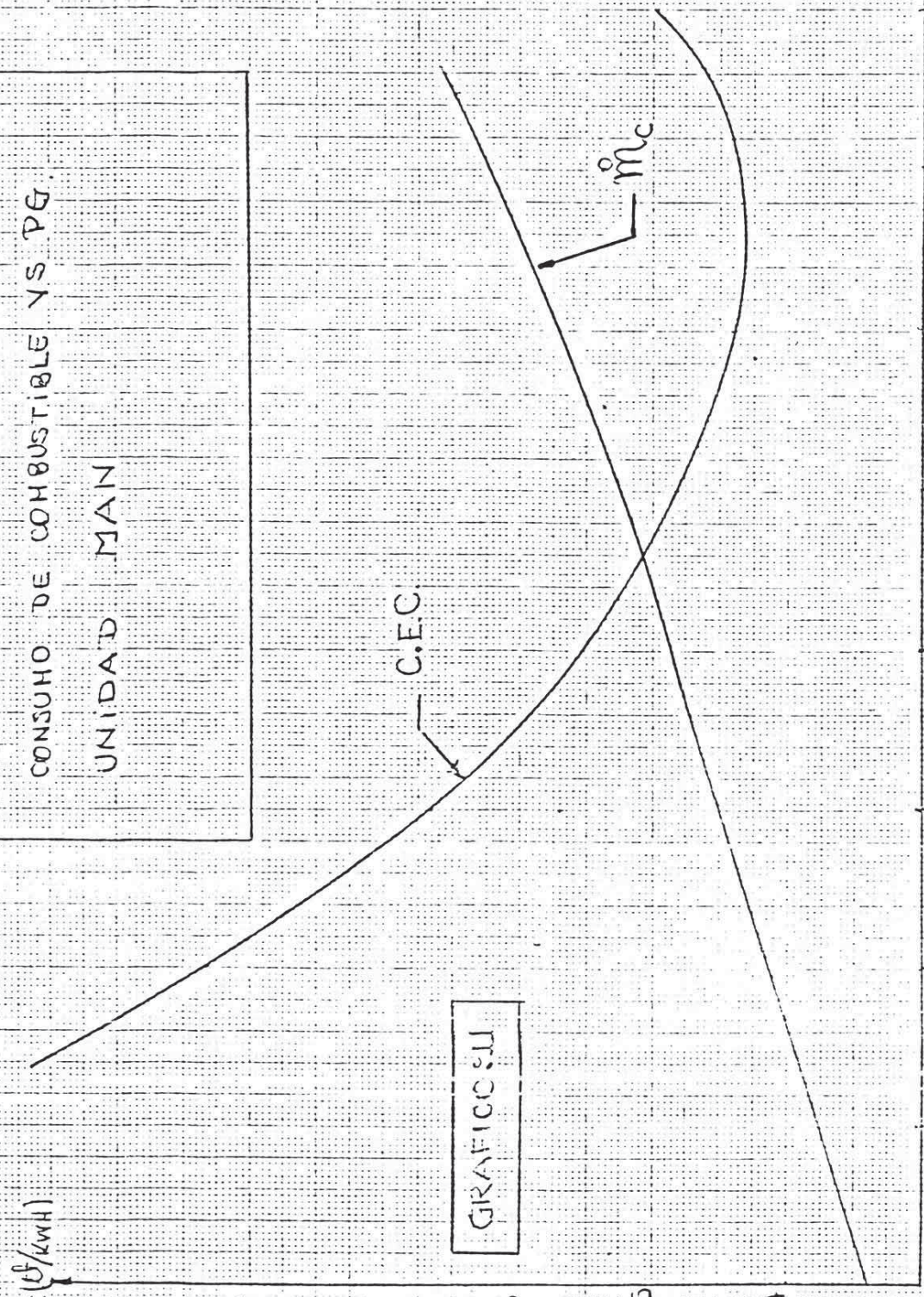
3

2

1

C.E.C.

\dot{m}_c



C A P I T U L O VI

MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA

C A P I T U L O V I

MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA

El mantenimiento actual en la Planta de Energía es básicamente del tipo correctivo, que a su vez es de dos formas:

6.1. Mantenimiento de Rutina Sin Interrupción del Servicio

Es el mantenimiento diario que toma cuenta el tiempo libre de una o varias máquinas, debido principalmente a que la demanda de energía es baja.

El período de tiempo óptimo de mantenimiento es entre las (7 - 16) horas, en dicho tiempo se aprovecha para solucionar las fallas registradas en el parte diario de producción; aunque hay que precisar que mensualmente se planifica una revisión programada de máquina por máquina que consiste en limpieza de una determinada culata.

6.2.- Mantenimiento de Emergencia con Interrupción del Servicio

En muy pocas oportunidades se presenta y toma en cuenta sobre todo las horas de punta, donde la carga es elevada su finalidad consiste en minimizar el tiempo de parada de la unidad salida del sincronismo, ya que esta acción trae como consecuencia, si es necesario el corte de suministro de energía a un determinado sector de la ciudad.

En otras oportunidades el mantenimiento de emergencia se presenta, cuando las unidades bases bienen fallando y la entrega de potencia a la red, se reduce considerable por parte de las mismas, se hace necesario un mantenimiento

ininterrumpido hasta solucionar la falla, volviendo todo a la normalidad.

6.3.- Principales Acciones de Mantenimiento

Entre las principales acciones de mantenimiento tenemos:

- Limpieza de filtros de aire, petróleo y aceite.
- Lecturas de la flexión cigueñal.
- Cambios de aceite al turbocompresor y al regulador de velocidad.
- Limpieza a radiadores o torre de refrigeración.
- Mantenimiento general de culatas (descarbonización y asentamiento de válvulas).
- Mantenimiento a inyectores y bombas de inyección.
- Limpieza a interenfriadores de aire.
- Inspección de cojinetes de biela y bancada.

6.4.- Por que un motor pierde potencia : Causas, alternativas, e inconvenientes :

6.4.1. Causas : Entre las principales causas tenemos:

- Ajuste incorrecto del gobernador
- Restricción del filtro de aire
- Alimentación incorrecta del combustible
- Baja presión de alimentación de combustible.
- Filtro de combustible, obstruido.
- Sincronización de válvulas del motor.
- Sincronización de la bomba con el motor.
- Peadura de cremalleras o de bomba de inyección.
- Toberas defectuosas con fugas o gastadas.

- Tubo de escape o silenciador obstruido o aplastado.
- Combustible incorrecto.
- Bomba de aceite sucia o obstruida.
- Baja compresión (anillos)
- Embolo de bomba pegajoso o gastado.
- Tubos de combustible obstruidos.

Además de lo dicho anteriormente, es básico el tipo de mantenimiento con reposición de piezas nuevas, ya que una pieza aun estando limpia, pero gastada, no funciona en buenas condiciones, originando calentamiento, pérdida de potencia, y acorta la vida útil del motor.

Otra cuestión complementaria es la política de la empresa, ya que para las unidades Diesel el precio del KWHR generado, solamente considerando combustible es mucho mayor que el precio del KWHR vendido, resultará claro en sacarle 2 ó 3 vidas a una determinada pieza, para minimizar el costo por materiales, aunque ello afecte muy significativamente en la pérdida de potencia del motor. Así por ejemplo los grupos GMT de capacidad 5,000 kW instalados en 1979 en la actualidad solo dan 3.000 kW.

6.4.2. Alternativa de Solución

Es necesario dentro de los requerimientos actuales de carga y potencia instalada, planificar de acuerdo a la experiencia y a lo especificado por el fabricante un mantenimiento preventivo global comprendido en un período de 2 años como máximo, dicha planificación tiene como

objetivo central hacer el mantenimiento unidad por unidad y dentro de el, cilindro por cilindro, incluyendo piston, biela, culata, camisas, válvulas, inyectores, bombas de inyección, etc. Dichas acciones se tienen que hacer necesariamente en las horas de parada programada.

6.4.3. Que inconvenientes se presentan

Tiempo Ya que la máquina tiene que entrar a trabajar en la hora de punta.

Disponibilidad No hay un stock adecuado de repuestos.

De Repuestos Ya que el motor continua con piezas viejas (degradadas), por no existir en almacen.

Potencia Instalada Se ha señalado con anterioridad que - los motores son de diferente potencia por lo tanto cubren un diagrama diferente, así el MAN y el S.W.D. son grupos de base, los GMT de media base y los MIRRLEES de punta.

Para el plan que estamos proponiendo necesariamente vamos a tener problemas cuando el turno sea del MAN, nos faltaría potencia para la punta, aún comenzando el trabajo en la noche anterior, se corre el riesgo de no concluirlo - hasta las 17 horas del día siguiente, se hace **necesario** restituir la potencia de las unidades que han perdido la misma, o adquirir una unidad nueva de 10 MW, o interconectarse con las líneas de alta tensión Mantaro-Lima-Chimbote Trujillo-Chiclayo (Piura).

6.5. Inversión Necesaria para restituir la Potencia de los Grupos GMT.

Tabla Nº 1 Precio de los Principales Elementos del Motor a tener en Stock de Almacén

ITEM	CANTIDAD	DESCRIP.	US\$ (1980)	U\$ (1985)	M.E. US\$	T O T A L
			P.u.	P.u.		M. N. \$
01	2	Culatas	32,835	57,866	115,732	775'404,400
02	28	Toberas de Inyec Combust.	303	534	14,952	100'178,400
03	7	Cojinetes	133	234	1,638	10'974,600
04	7	Embolo de Bomba de Inyec.	519	914	6,398	42'866,600
05	4	Camisas	3,019	5,320	21,280	142'576,000
06	4	Resorte de Válvula	125	220	880	5'896,000
07	28	Válvulas	503	885	24,780	166'026,000
08	21	Anillos de Compresión	176	310	6,510	43'617,000
09	7	Anillos de Lubricación	176	310	2,170	14'539,000
TOTAL					$\Sigma = 194,340$	1'302,878,000

IMPREVISTOS : 10 %

TOTAL - 213,774 US\$

* Los precios del año 1980 son precios de repuestos en planta.

$$P_{\text{Planta}} = \text{FOB} + 10\% \text{ FOB} + 50\% \text{ FOB} \\
\begin{array}{l} \text{Transporte} \\ \text{Impuestos y} \\ \text{Aranceles} \end{array}$$

$$P_{\text{planta}} = 1.6\text{FOB}$$

Donde FOB: es el precio en Puerto Italiano.

La restitución de potencia de los GMT de 3,000 KW. a 4,500 KW c/u pasa por hacer un mantenimiento general cilindro por cilindro conforme lo señalamos en el capítulo Nº IX. en el programa de Mantenimiento Preventivo.

Si tenemos en consideración que el total a invertir es 213,774 \$ USA, para recuperar una potencia global de 3,000 KW, resultará que por cada kw. se invertirá 71 \$ USA, que comparado con un motor nuevo de potencia instalada igual 800 (\$ USA), es mucho menor, por lo tanto, la inversión se justifica.

C A P I T U L O V I I

EFFECTIVIDAD DE LA CENTRAL TERMICA DE PIURÁ Y SU

OPTIMIZACION

C A P I T U L O VII

Cálculo del tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio de reparación y disponibilidad.

DEFINAMOS : m = MTTB = Tiempo promedio entre fallas

ϕ = MTTR = Tiempo promedio para reparar

U = UTR = Disponibilidad

D = DTR = Razón de paralización

SIENDO :

$$m = \frac{\text{Horas de trabajo (H.T.)}}{\text{Nº Acciones de Mantenimiento}}$$

$$\phi = \frac{\text{Horas de Parada (H.P.)}}{\text{Nº Acciones de Mantenimiento}}$$

$$U = \frac{m}{m + \phi} = \frac{H.T.}{H.T. + H.P.}$$

$$D = \frac{\phi}{m + \phi} = \frac{H.P.}{H.P. + H.T.}$$

Para efectos del cálculo, se ha considerado las horas de producción y las horas de Parada por mantenimiento, pudiendo estas ser Horas de Interrupción Parcial del servicio, sobre todo cuando la acción de mantenimiento es de emergencia y no existen máquinas disponibles para sincronizarlas a la red.

Los datos de las tablas siguientes:

Horas de Producción, Horas de Parada, Energía Producida Mensual han sido tomados del parte mensual Mecánico/Electrico del Jefe

de Planta, así como de los partes diarios de producción y man
tenimiento de la Empresa de Energía.

A continuación presentamos los datos y resultados tabulados.

TABLA Nº 1 HORAS DE PRODUCCION MENSUAL (H. T.) AÑO 1984

Máquina Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
MIRRLEES 1	316	396	382	406	423	319	286	389	290	385	264	255	4111
MIRRLEES 2	266	244	295	292	259	201	221	239	263	258	222	223	2983
MIRRLEES 4	366	440	360	293	340	372	379	324	371	419	351	385	4407
MIRRLEES 5	519	560	450	555	495	281	474	481	299	439	427	406	5386
ALCO	12	9	24	7	15	5	13	31	5	4	-	-	125
E M D	-	-	16	14	26	20	34	39	4	6	20	23	202
GMT 1	315	441	424	425	573	350	396	374	432	418	342	600	5090
GMT 2	365	466	383	450	379	474	487	509	499	580	592	360	5544
M A N	671	664	707	673	631	603	638	658	615	661	692	643	7856
S. W. D.	685	486	594	608	563	652	539	539	705	689	694	625	7389

TABLA Nº 2 ACCIONES DE MANTENIMIENTO MENSUAL (1984)

Máquina Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
MIRRLEES 1	4	5	7	4	4	5	3	5	4	6	4	6	57
MIRRLEES 2	7	5	8	3	5	4	6	5	8	6	5	6	68
MIRRLEES 4	6	5	8	7	10	7	7	6	7	7	6	10	86
MIRRLEES 5	8	6	12	10	13	6	13	10	9	10	9	11	117
ALCO	1	1	2	2	2	2	3	3	2	2	-	-	20
E M D	-	1	3	1	2	2	2	3	2	2	2	1	21
G M T 1	8	15	6	12	8	10	12	9	10	10	9	8	117
G M T 2	7	8	9	14	15	10	12	10	12	10	11	9	127
M A N	11	9	11	13	10	10	10	11	10	11	12	12	130
S. W. D.	9	6	3	9	15	9	5	8	10	8	8	10	100

TABLA Nº 3 HORAS DE PARADA MENSUAL (H. P.) AÑO 1984

SUBIDEN Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
	MIRRELES 1	32	16	31	22	15	25	15	30	18	30	20	21
MIRRELES 2	38	21	43	20	34	20	31	35	40	20	36	36	374
MIRRELES 4	34	22	40	35	51	36	36	30	39	40	36	38	437
MIRRELES 5	44	21	51	47	70	30	50	46	40	48	57	60	559
ALCO	8	8	13	14	8	12	18	20	14	7	-	-	125
E M D	8	6	12	4	12	8	12	14	4	8	6	6	100
GMT 1	51	56	23	62	34	50	45	40	50	45	45	41	542
GMT 2	46	31	61	107	92	80	70	60	67	67	64	64	808
M A N	40	29	42	63	56	50	46	40	45	42	48	51	552
S. W. D.	34	23	11	50	65	50	40	30	37	37	35	27	439

* SE CONSIDERA HORAS DE PARADA LAS DEDICADAS UNICAMENTE A MENTENIMIENTO PROGRAMADO O NO PROGRAMADO.

Tabla Nº 4

ENERGIA PRODUCIDA MENSUAL (KWHr.) AÑO 1984

Máquina Mes	9	10	11	12	Σ	Pmedia Anual (Kw)
MIRRLEES 1	250,700	340,900	225,200	230,000	3'530,300	859
MIRRLEES 2	241,200	234,700	189,000	190,000	2'539,600	851
MIRRLEES 4	564,600	636,600	537,300	540,000	6'526,200	1480
MIRRLEES 5	433,400	666,400	640,600	650,000	8'204,600	1523
ALCO	4,000	4,000	-----	-----	92,000	736
EMD	3,200	5,300	20,200	21,000	191,200	846
GMT 1	1'013,600	1'025,600	821,600	1'500,000	11'477,600	2255
GMT 2	1'176,000	1'411,200	1'421,600	900,000	13'644,800	2461
MAN	3'196,200	3'460,800	3'322,200	3'345,000	39'259,200	4997
S.W.D.	2'492,600	2'436,900	2'498,700	2'500,000	25'945,500	3511
Σ	9'375,500	10'222,400	9'076,400	9'876,000	111'410,500	

Tabla Nº 5

POTENCIA MEDIA MENSUAL (KW)

Máquina Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MIRRLEES 1	854	796	848	842	890	850	849	880	864	885	853	872
MIRRLEES 2	827	758	832	794	859	837	912	878	917	909	851	852
MIRRLEES 4	1448	1372	1460	1530	1502	1524	1506	1517	1522	1519	1500	1508
MIRRLEES 5	1496	1418	1606	1556	1508	1512	1557	1554	1450	1518	1500	1600
ALCO	666	880	708	857	666	800	692	709	800	1000	---	---
EMD	---	-----	1068	864	1026	905	847	992	800	883	1010	913
GMT 1	2209	2282	2256	2306	2397	2445	2369	2432	2436	2453	2402	2500
GMT 2	2290	2175	2118	2276	2265	2445	2428	2458	2357	2433	2401	2500
MAN	5079	4437	4342	5680	4638	4974	5180	5251	5197	5236	4800	5202
S.W.D.	3174	3287	3270	3322	3436	3805	3631	3476	3536	3537	3600	400

TABLA N° 6 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS, TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION, DISPONIBILIDAD MENSUAL (ACTUAL), Y RAZON DE PARALIZACION DE CADA UNIDAD

Mes	1					2						
	λ	m	U	D	ρ	m	U	D	ρ	m	U	D
MIRRLEES 1	8	79	0.9080	0.0920	3	79.2	0.9611	0.0389	4.42	54.5	0.9249	0.0751
MIRRLEES 2	5.43	38	0.8750	0.1250	4.2	48.8	0.9207	0.0793	5.38	36.8	0.8727	0.1273
MIRRLEES 4	5.67	61	0.9150	0.0850	4.4	88.0	0.9523	0.0477	5.00	45.0	0.9000	0.1000
MIRRLEES 5	5.50	65	0.9218	0.0782	3.5	93.3	0.9638	0.0362	4.25	37.5	0.8982	0.1980
ALCO	8	1.5	0.6000	0.4000	8.0	9.0	0.5294	0.4706	6.50	12	0.6486	0.3514
EMD	4	0	0	1	6.0	-	-	-	4.00	5.3	0.5714	0.4286
GMT 1	6.37	39.3	0.8606	0.1394	3.73	29.4	0.8873	0.1127	3.83	70.6	0.9485	0.0515
GMT 2	6.57	52.4	0.8881	0.1119	3.87	120.41	0.9876	0.0624	6.78	42.5	0.8626	0.1374
MAN	3.64	61.0	0.9437	0.0563	3.22	73.77	0.9581	0.0419	3.82	64.2	0.9439	0.0561
S.W.D.	3.77	77.2	0.9533	0.0477	3.83	81.00	0.9548	0.0452	3.67	100.0	0.9818	0.0182

Machines	4				5				6			
	ϕ	m	U	D	ϕ	m	U	D	ϕ	m	U	D
MIRRLLEES 1	5.5	101.5	0.9486	0.0514	3.7	105.7	0.9657	0.0343	5	63.8	0.9273	0.0727
MIRRLLEES 2	6.6	97.3	0.9358	0.0642	6.8	51.8	0.8839	0.1161	5	50.2	0.9095	0.0905
MIRRLLEES 4	5	41.8	0.8933	0.1067	5.1	34	0.8695	0.1305	5.1	53.2	0.9117	0.0883
MIRRLLEES 5	4.7	55.5	0.9219	0.0781	5.3	38	0.8761	0.1239	4.2	40.2	0.9035	0.0965
ALCO	7.0	3.5	0.3334	0.6666	4.0	7.5	0.6521	0.3479	6.0	2.5	0.2940	0.7060
EMD	4.0	140	0.7777	0.2223	6.0	13.0	0.6842	0.3158	4	10.0	0.7143	0.2857
GMT 1	5.1	35.41	0.8726	0.1274	4.2	71.6	0.9439	0.0561	5	35	0.8750	0.1250
GMT 2	7.6	32.14	0.8078	0.1922	6.1	25.2	0.8046	0.1954	8	47.4	0.8556	0.1444
MAN	4.8	51.7	0.9144	0.0856	5.6	63.1	0.9184	0.0816	5	60.5	0.9234	0.0766
S.W.D.	5.5	67.5	0.9240	0.0760	4.3	37.5	0.8964	0.1036	5.5	72.4	0.9287	0.0713

Mes	7				8				9			
	ϕ	m	U	D	ϕ	m	U	D	ϕ	m	U	D
MIRRLEES 1	5	95.3	0.9501	0.0499	6	77.8	0.9284	0.0716	4.5	72.5	0.9415	0.0585
MIRRLEES 2	5.1	36.8	0.8769	0.1231	7	47.8	0.8722	0.1278	5.0	32.8	0.8679	0.1321
MIRRLEES 4	5.1	54.1	0.9132	0.0868	5	54	0.9152	0.0848	5.5	53.0	0.9048	0.0952
MIRRLEES 5	3.8	36.4	0.9045	0.0955	4.6	48.1	0.9127	0.0873	4.4	33.2	0.8820	0.1180
ALCO	6.0	4.3	0.4193	0.5807	5	7.75	0.6078	0.3922	7	2.5	0.2632	0.7368
EMD	6.0	17.0	0.7391	0.2609	4.6	13.0	0.7358	0.2642	2	2.0	0.5000	0.5000
GMT 1	3.7	33	0.8979	0.1021	4.4	41.5	0.9034	0.0966	5	43.2	0.8962	0.1038
GMT 2	5.8	40.5	0.8743	0.1257	6	50.9	0.8945	0.1055	5.5	41.5	0.8816	0.1184
MAN	4.6	63.8	0.9327	0.0673	3.6	59.8	0.9427	0.0573	5.4	61.5	0.9318	0.0682
S.W.D.	8.0	107.8	0.9309	0.0691	3.7	67.3	0.9472	0.0528	3.6	68.9	0.9501	0.0499

Máquina Mes	10			11			12					
	ϕ	m	U	ϕ	m	U	ϕ	m	U			
MIRRLEES 1	5	64.1	0.9277	0.0723	5	66.0	0.9295	0.0705	3.5	42.5	0.9239	0.0761
MIRRLEES 2	3.3	43.0	0.9280	0.072	7.2	44.4	0.8604	0.1396	6	37.1	0.8610	0.1390
MIRRLEES 4	5.7	59.8	0.9128	0.0872	6.0	59.6	0.9086	0.0914	3.8	38.5	0.9101	0.0899
MIRRLEES 5	4.8	43.9	0.9014	0.0986	6.3	47.4	0.8822	0.1178	5.4	36.9	0.8712	0.1288
ALCO	3.5	2.0	0.3636	0.6364	---	---	---	---	---	---	---	---
EMD	4.0	3.0	0.4286	0.5714	3	10	0.7692	0.2308	6	28	0.7931	0.2069
GMT 1	4.5	41.3	0.9028	0.0972	5	38	0.8837	0.1163	5.1	75	0.9360	0.0640
GMT 2	6.7	58	0.8964	0.1036	5.8	53.8	0.9024	0.0976	7.1	40	0.8490	0.1510
MAN	8.8	60.0	0.9402	0.0598	4.0	57.6	0.9351	0.0649	4.2	53.5	0.9265	0.0735
S.W.D.	4.6	86.1	0.9490	0.0510	4.3	86.7	0.9519	0.0481	2.7	62.5	0.9585	0.0415

Tabla No 7
 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS, TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION, DISPONIBILIDAD
 Y RAZON DE PARALIZACION ANUAL DE CADA UNIDAD (1984)

Máquina	H.T.	H.P.	m	β	U	D	# Acciones	λ	Pmedia Anual (kW)
MIRRLEES 1	4,111	275	72.12	4.8	0.9373	0.0627	57	0.0138	859
MIRRLEES 2	2,983	374	44.52	5.6	0.8884	0.1116	67	0.0224	851
MIRRLEES 4	4,407	437	51.24	5.0	0.9098	0.0902	86	0.0135	1480
MIRRLEES 5	5,386	559	46.03	4.7	0.9059	0.0941	117	0.0217	1523
ALCO	125	122	6.57	6.4	0.5052	0.4948	21	0.1520	736
EMD	202	101	9.61	4.8	0.6671	0.3329	21	0.1039	946
GMT 1	5,090	542	43.5	4.6	0.9037	0.0963	117	0.0229	2255
GMT 2	5,544	809	43.5	6.3	0.8726	0.1274	127	0.0229	2461
MAN	7,856	552	60.4	4.2	0.9343	0.0657	130	0.0165	4997
S.W.D.	7,389	439	73.8	4.4	0.9438	0.0562	100	0.0135	3511

7.2. Evaluación de la Confiabilidad

La experiencia demuestra que para el período de vida útil de una determinada maquinaria, la curva que más se aproxima a la realidad es la exponencial.

Definamos la Confiabilidad como:

$$R(t) = e^{-t/m} = 0.368^{-t/m}$$

La razón t/m , representa un tiempo de operación actual o requerido, del equipo a un tiempo de falla m .

Para calcular la curva se hace variar el tiempo de operación t , manteniendo constante el tiempo promedio entre fallas, a continuación los resultados:

Máquina Nº 1 (MIRRLEES 1)

$$m = 72.12 \text{ Horas}$$

$$H.P.F. = 11.26$$

$t (Hr)$	10	15	20	30	50	72.12	100	200
$R(t)$	0.87	0.812	0.76	0.65	0.50	0.36	0.25	0.06

Máquina Nº 2 (MIRRLEES 2)

$$m = 44.52$$

$$H.P.F. = 8.17$$

$t (Hr)$	10	15	20	30	44.52	50	100
$R(t)$	0.79	0.72	0.64	0.51	0.36	0.33	0.10

Máquina Nº 4 MIRRLEES 4

$m = 51.24$

$H.P.F. = 12.07$

$t(H_r)$	10	15	20	30	51.24	60	100
$R(t)$	0.82	0.75	0.68	0.56	0.36	0.31	0.14

Máquina Nº 5 MIRRLEES 5

$m = 46$

$H.P.F. = 14.75$

$t(H_r)$	10	15	20	30	46	60	100
$R(t)$	0.80	0.72	0.65	0.52	0.36	0.27	0.12

Máquina Nº 7 ALCO

$m = 6.57$

$H.P.F. = 0.34$

$t(H_r)$	1	2	3	4	5	6.57	10
$R(t)$	0.85	0.74	0.64	0.54	0.47	0.36	0.22

Máquina Nº 8 EMD

$m = 9.6$

$H.P.F. = 0.55$

$t(H_r)$	1	2	3	4	5	6	9.6	12
$R(t)$	0.90	0.81	0.73	0.66	0.59	0.54	0.36	0.28

Máquina N° 9 GMT 1

Máquina N° 10 GMT 2

$$m = 43.5$$

$$H.P.F. = 14$$

t(Hr)	10	15	20	30	43.5	60	100
R(t)	0.79	0.71	0.63	0.50	0.36	0.25	0.10

Máquina N° 11 MAN

$$m = 60.43$$

$$H.P.F. = 21.5$$

t(Hr)	10	15	30	50	60.43	100
R(t)	0.84	0.78	0.61	0.44	0.36	0.10

Máquina N° 12 S.W.D.

$$m = 73.89$$

$$H.P.F. = 16.82$$

t(Hr)	10	15	30	50	73.89	100	200
R(t)	0.87	0.82	0.66	0.51	0.36	0.26	0.07

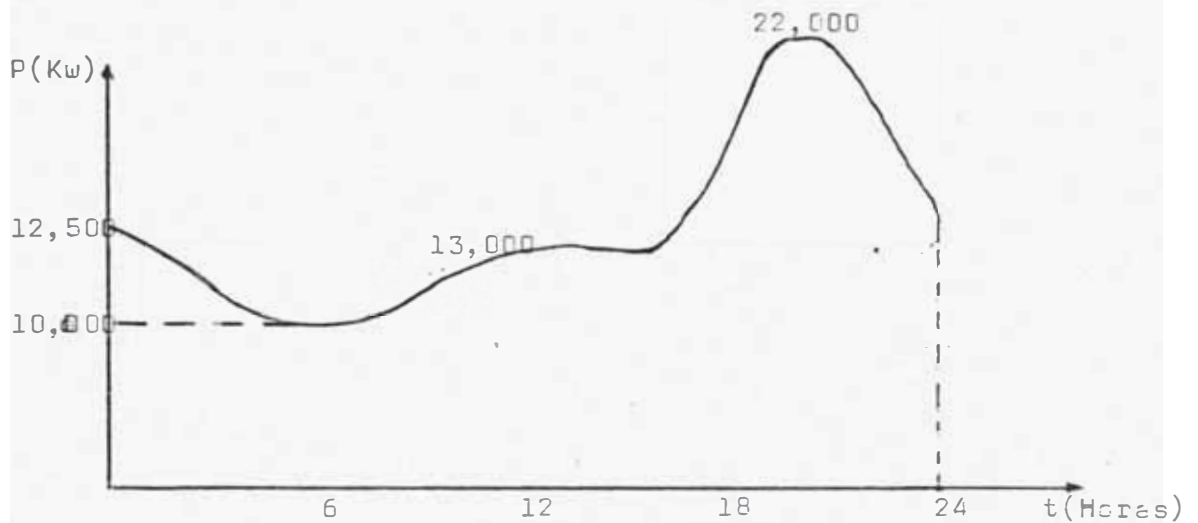
NOTA.- H.P.F. Horas Promedio de funcionamiento diario.

La numeración de la maquinaria es la misma de la Planta de Energía, ya que el MIRRLEES 3 y 6 están fuera de servicio.

7.3 Cálculo de la Confiabilidad y Efectividad del Sistema para el Diagrama de Carga Representativo.

7.3.1. Cálculo de la Confiabilidad del Sistema.

Sea el siguiente Diagrama de Carga Representativo



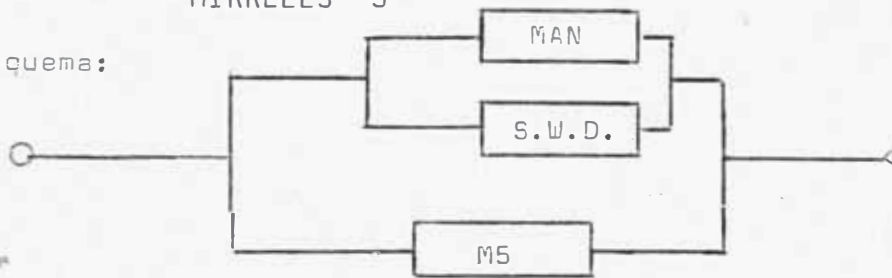
Período (0-6) horas

Funcionan : MAN.

S.W.D.

MIRRLEES 5

Esquema:



Si : $t = 6$ Horas \longrightarrow $R_{MAN} = 0.9055 \longrightarrow F_{MAN} = 0.0945$
 $t = 6$ Horas \longrightarrow $R_{S.W.D.} = 0.9220 \longrightarrow F_{SWD} = 0.078$
 $t = 6$ Horas \longrightarrow $R_{M(5)} = 0.8775 \longrightarrow F_{M(5)} = 0.1225$

SIENDO : R = Probabilidad de Exito o Confiabilidad

F = Probabilidad de Fracaso ó no Confiabilidad.

otar que la Confiabilidad del Sistema no es producto de las Confiabilidades sino:

$$R_s = 1 - F_s$$

SIENDO: R_s = Confiabilidad del Sistema

F_s = Falla del Sistema = Fallan todos

$$F_s = 0.0945 \times 0.078 \times 0.1225$$

$$F_s = 0.0009$$

$$\therefore R_s = 1 - 0.0009 = 0.99909$$

$$R_s = 0.99909$$

NOTA.- Al adicionar una máquina más al paralelo la probabilidad de falla es mucho menor, por consiguiente la confiabilidad de servicio aumenta, recalcando que el reparto de carga para las mismas condiciones anteriores se vuelve ineficiente, aumentando el precio del KWHR generado.

Así :

Agregando el MIRRLEES 1 al paralelo

$$R_M (1) = 0.9201 \quad F_M (1) = 0.0799$$

$$F_s = 0.99909 \times 0.0799 = 0.000071$$

$$\therefore R_s = 1 - 0.000071$$

$$R_s = 0.99992$$

- OPERACION : 6 a 18 Horas

Si :

$$t = 15 \longrightarrow R_{MAN} = 0.78 \longrightarrow F_{MAN} = 0.22$$

$$t = 15 \longrightarrow R_{STORK} = 0.82 \longrightarrow F_{STORK} = 0.18$$

$$t = 10 \longrightarrow R_{GMT1} = 0.79 \longrightarrow F_{GMT1} = 0.21$$

$$t = 15 \longrightarrow R_{M5} = 0.80 \longrightarrow F_{M5} = 0.20$$

$$F_s = 0.22 \times 0.18 \times 0.21 \times 0.20 = 0.0016$$

$$R_s = 1 - F_s$$

$$R_s = 0.9984$$

- OPERACION : 18 a 20 Horas

Si :

$$t = 20 \longrightarrow R_{MAN} = 0.7183 \longrightarrow F_{MAN} = 0.2817$$

$$t = 20 \longrightarrow R_{STORK} = 0.7629 \longrightarrow F_{STORK} = 0.2371$$

$$t = 12 \longrightarrow R_{GMT1} = 0.7589 \longrightarrow F_{GMT1} = 0.2411$$

$$t = 2 \longrightarrow R_{GMT2} = 0.9550 \longrightarrow F_{GMT2} = 0.045$$

$$t = 20 \longrightarrow R_{M5} = 0.6500 \longrightarrow F_{M5} = 0.3500$$

$$t = 2 \longrightarrow R_{M4} = 0.9617 \longrightarrow F_{M4} = 0.0383$$

$$t = 2 \longrightarrow R_{M1} = 0.9726 \longrightarrow F_{M1} = 0.0274$$

$$F_s = 0.2817 \times 0.2371 \times 0.2411 \times 0.045 \times 0.35 \times 0.0383 \times$$

$$0.0274 = 2.66 \times 10^{-7}$$

$$R_s = 0.9999997$$

NOTA.- A continuación mostraremos la variación de la confiabilidad al variar solamente el tiempo de operación. Se ha tomado como punto de referencia el cuarto día de operación consecutivo.

0-6 Horas (Cuarto Día)

Si :

$$t = 78 \longrightarrow \text{RMAN} = 0.2752 \longrightarrow \text{FMAN} = 0.7248$$

$$t = 78 \longrightarrow \text{R.S.W.D.} = 0.3481 \longrightarrow \text{F.S.W.D.} = 0.6519$$

$$t = 78 \longrightarrow \text{RM 5} = 0.1836 \longrightarrow \text{FM 5} = 0.8164$$

$$F_s = 0.7248 \times 0.6519 \times 0.8164 = 0.3857$$

$$R_s = 1 - 0.3857$$

$$R_s = 0.0143$$

- Análogamente para 6 a 18 Horas (4to. Día)

$$t = 87 \quad \text{RMAN} \quad = 0.2371 \quad \text{FMAN} \quad = 0.7629$$

$$t = 87 \quad \text{RSTORK} \quad = 0.3082 \quad \text{FSTORK} \quad = 0.6918$$

$$t = 40 \quad \text{RGMT 1} \quad = 0.3988 \quad \text{FGMT 1} \quad = 0.6012$$

$$t = 87 \quad \text{RM 5} \quad = 0.1509 \quad \text{FM 5} \quad = 0.8491$$

$$F_s = 0.2694$$

$$R_s = 0.7306$$

- Período 18 a 20

$$F_s = 0.0008$$

$$R_s = 0.9992$$

Conclusión.- Para el mismo modo de operación y para el mismo Diagrama de Carga, la confiabilidad de cada unidad y del sistema disminuye conforme aumenta el # de horas de trabajo, sin tomar en cuenta acción de mantenimiento respectivo.

Dicha disminución de la confiabilidad se ve aumen

tada por los muy bajos valores de m , es decir por las acciones de mantenimiento muy seguidas a las unidades.

Resumiendo :

Variación de la confiabilidad con el tiempo de operación

Tabla Nº 8

Día \ Período	Período		
	0 - 6	6 - 18	18 - 20
t = 1 día	0.99909	0.9984	0.9999
t = 4 día	0.6143	0.7306	0.9992

7.3.2. Cálculo de la Efectividad del Sistema

Para simplificar el estudio tomaremos una potencia promedio entre 9 y 17 horas. De 13,000 KW, potencia muy aproximada a la realidad.

Y comparamos dos formas típicas de operación para dicha potencia.

El Sistema será considerado efectivo si todas las unidades en paralelo, no salen fuera de servicio y además trabajan en rangos económicos, es decir un bajo C.E.C. para que el costo del KWHr generado sea el mínimo.

1.- Forma :	PD = 13,000 KW	P _{MAX}
	MAN = 6,000 KW	6,500
	STORK = 4,500 KW	5,500
	GMT 1 = 2,500 KW	3,500
	<u>13,000 KW</u>	

Observese que al salir del paralelo cualquiera de las unidades las otras pueden absorber parte de la potencia y el resto será desconectado automáticamente de la carga, es decir se cortan cables a la ciudad, según los requerimientos de la potencia conectada a la red.

Para determinar la efectividad, consideraremos el Método Nodal.

- 1 El Sistema esta Operativo (Unidad)
- 0 La Unidad sale fuera de servicio
- Ei Es la efectividad condicional del modo de operación
- Ui Es el producto de las disponibilidades, o no disponibilidad ó combinaciones de Ui y Di, según sea el caso.

* Se tomará 13,000 KW \longrightarrow 100 %

P \longrightarrow X (Ei)

P Es la potencia que queda conectada a la red, al salir una ó más unidades fuera de servicio

Tabla Nº 9 FORMA NODAL DE 3 MAQUINAS CONECTADAS A LA RED PARA CALCULAR LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA PARA UNA POTENCIA DE 13,000 KW (PRIMERA FORMA)

MAN	STORK	GMT 1	Ei	Ui	Ei Ui
1	1	1	1	0.6954	0.6954
1	0	1	0.65	0.0474	0.0308
0	1	1	0.54	0.0560	0.0302
1	1	0	0.81	0.0849	0.0687
0	0	1	0.19	0.0849	0.0687
1	0	0	0.46	0.0050	0.0032
0	1	0	0.35	0.0059	0.0020
0	0	0	0	0.0003	0.0000
					0.8309

$$UMAN = 0.9343 \longrightarrow D = 0.0657$$

$$USTORK = 0.9438 \longrightarrow D = 0.0562$$

$$UGMT 1 = 0.9037 \longrightarrow D = 0.0963$$

$$UGMT 2 = 0.8726 \longrightarrow D = 0.1274$$

$$UM 5 = 0.9059 \longrightarrow D = 0.0941$$

Supongamos ahora que el STORK le toca su mantenimiento, sus 4,500 KW, tienen que ser reemplazados por otras máquinas con un factor de seguridad aproximado, en este caso el GMT 2 y el MIRRLEES 5 (M 5).

Tabla Nº 10 EFECTIVIDAD DEL SISTEMA EN FORMA NODAL PARA 4 MÁQUINAS CONECTADAS A LA RED Y UNA POTENCIA DE 13,000 KW (SEGUNDA FORMA)

MAN	GMT 1	GMT2	M5	Ei	Ui	Ei Ui
1	1	1	1	1	0.6674	0.6674
0	1	1	1	0.54	0.0469	0.0253
1	0	1	1	0.81	0.0711	0.0576
1	1	0	1	0.77	0.0374	0.0750
1	1	1	0	0.88	0.0693	0.0609
0	0	1	1	0.35	0.0050	0.0017
0	1	0	1	0.30	0.0068	0.0020
0	1	1	0	0.42	0.0048	0.0020
1	0	1	0	0.69	0.0074	0.0051
1	1	0	0	0.65	0.0101	0.0065
1	0	0	1	0.58	0.0103	0.0059
0	0	0	1	0.12	0.0007	0.0001
0	1	0	0	0.19	0.0007	0.0001
1	0	0	0	0.46	0.0010	0.0004
0	0	1	0	0.23	0.0005	0.0001
0	0	0	0	0.00	0.0007	0.0000
						0.9100

Observando los dos resultados anteriores se nota claramente que la segunda forma tiene mayor efectividad que la primera, pero esto no es suficiente como para recomendar tal forma de operación, falta saber cual es el gasto en \$/Día en consumo de combustible (Economía).

Sobre este particular volveremos en el Capítulo siguiente, donde se recomendará una serie de formas de operación para dicha potencia de demanda.

7.4. Optimización de los Costos Prohibitivos y Controlados en Función de la Efectividad del Sistema

Tomaremos como ejemplo la forma de operación ya descrita, para la potencia constante de 13,000 KW y cuyas unidades conectadas al paralelo son: MAN, GMT 1, GMT 2 y MIRRLEES 5, supondremos además que funcionan todo el año con las siguientes Potencias:

MAN	=	6,000 KW
GMT 1	=	2,750 KW
GMT 2	=	2,600 KW
M 5	=	1,650 KW

Los costos que se debe considerar para optimizar la efectividad de un sistema son:

- Costos Controlados (Cc)
- Costos Prohibitivos (Cp)

Los costos Controlados son:

- Costos de Operación
- Costos de Mano de Obra
- Costos de Materiales

7.4.1. Alternativas Analizadas

- Optimización de los Costos de Parada y Controlados - considerando los parámetros "m" actuales.
- Optimización de los Costos de Parada y Controlados - cambiando toberas de inyección a las cuatro unidades.
- Optimización de los Costos de Parada y Controlados - cambiando : Toberas , anillos y válvulas de escape.

7.4.1.1. Optimización de los Costos de Parada y Controlados - Considerando los parámetros "m" actuales.

a) Costos de Operación por Consumo de Combustible

Tabla Nº 11

Máquina	C.e.C. ($\frac{1t}{KWH}$)	Consumo combustible Galones	\$/Año
MAN	0.245	1'134,055	737,135
GMT 1	0.260	551,598	358,538
GMT 2	0.258	517,499	336,374
M 5	0.258	328,413	254,520

1'686,567

NOTA .- 1 Galón D2 : 0.775 USS
1 Galón B6 = 0.650 USS

- b) Costo del Consumo de Aceite para el modelo dado.
Del Capítulo VIII - Tabla N° 10 y del Capítulo VIII -
Tabla N° 4

Se tiene:

Tabla N° 12

Máquina	Producción Anual (KW-Hr)	<u>US \$</u> AÑO
MAN	39'259,200	151,755
GMT 1	11'477,600	44,360
GMT 2	13'644,800	52,734
M5	8'204,600	60,817
TOTAL	72'586,200	309,666

Repartiendo en forma Proporcional

$$309,666 \text{ US\$} \longrightarrow 72'586,200 \text{ KWHr}$$

$$x \longleftarrow 13,000 \times 8.365 \text{ KWHr.}$$

$$x = 161,944 \frac{\text{US \$}}{\text{AÑO}}$$

- c) Costo de la Mano de Obra

Sabemos que el precio del KWHr es $9.5 \times 10^{-4} \frac{\text{US\$}}{\text{KWHr}}$

Referencia : Ver Capítulo 8.1.3.

$$\therefore \frac{\text{US \$}}{\text{AÑO}} = 9.5 \times 10^{-4} \frac{\text{US\$}}{\text{KWHr}} \times \frac{13,000 \times 8 \times 365 \text{ KWHr}}{\text{AÑO}}$$

$$\text{Costo por mano de obra} = 36,062 \frac{\text{US\$}}{\text{AÑO}}$$

d) Costo de Materiales para el Modelo en Estudio

Del Capítulo Nº VIII - Tabla Nº 9 Se tiene:

Máquina	Costo del KWHr en US \$	Costo Anual en US \$
MAN	1.37×10^{-3}	24,002
GMT 1	1.37×10^{-3}	11,001
GMT 2	2.3×10^{-3}	17,461
M 5	7.86×10^{-2}	37,869

$$\Sigma = 90,333$$

Luego los costos controlados son:

$$\text{Costo de Combustible} = \text{C.C} = 1'686,567$$

$$\text{Costo de Aceite} = \text{C.A} = 161,944$$

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{C.M.O} = 36,062$$

$$\text{Costo de Materiales} = \text{C. M.} = 90,333$$

$$\text{Costo Controlado (C.C.)} = \Sigma = 1'974,906 \frac{\text{US \$}}{\text{AÑO}}$$

e) Costo Prohibitivo (C.P.)

Son costos que dependen solamente de la razón de paralización para nuestro caso :

$$C.p. = C.PM + CPGMT1 + CPGMT2 + CPMS$$

Siendo :

$$C.p = 8,760 \times D \times \bar{P} \times C$$

Donde:

D = Razón de Paralización de la Unidad.

P̄ = Potencia Media (KW) de la Unidad.

C = Costo del KWHr en US\$ = 0.037 $\frac{\text{US\$}}{\text{KWHr}}$

Reemplazando Valores tenemos :

$$\text{C.P.} = 8,760 \times 0.037 (0.0657 \times 6,000 + 0.0963 \times 2750 + 0.1274 \times 2,600 + 0.0941 \times 1650)$$

$$\text{C.P.} = 371,089 \frac{\text{US\$}}{\text{AÑO}}$$

Una segunda forma más representativa de este caso particular es considerar la efectividad del sistema como U o sea $E = U$ 0.9100.

Entonces : D = 0.09

$$\text{C.p.} = 0.09 \times 8,760 \times 13,000 \times 0.037$$

$$\text{C.p.} = 379,220 \frac{\text{US\$}}{\text{AÑO}}$$

Para los cálculos siguientes asumiremos: $E = U$

Tabla Nº 14 (Ver Grafico Nº 1) Resumen de las Condiciones actuales.

Máquina	m	φ	D	U
MAN	60.4	4.2	0.0657	0.9343
GMT 1	43.5	4.6	0.0963	0.9037
GMT 2	43.5	6.3	0.1274	0.8726
M 5	46.0	4.7	0.0941	0.9059

Efectividad = 0.91

C.C = 1'974,906 US\$/AÑO

C.P = 379,220 US\$/AÑO

Las Tablas Nº 15, 16, 17 es una consecuencia de variar el parámetro " ϕ ", manteniendo "m" constante, y el procedimiento para calcular la nueva efectividad es el ya señalado en el acápite 7.3.2., de igual forma se sigue para los costos Controlados y prohibitivos.

Tabla Nº 15 (Ver Gráfico 1)

Acción : Inversión al Taller en 10,000 US\$/AÑO

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	60.4	3.5	0.9452	0.0548
GMT 1	43.5	3.5	0.9255	0.0745
GMT 2	43.5	5.0	0.8969	0.1031
M5	46.0	3.5	0.9292	0.0708

E = 0.9276

C.C = 1'984,906 US\$/AÑO

C.P = 305,061 US\$/AÑO

Tabla Nº 16 (Ver Gráfico 1)

Acción : Aumentar el 25% de personal a la Empresa+La Inversión al Taller.

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	60.4	3.0	0.92526	0.0474
GMT 1	43.5	3.0	0.9355	0.0645

Máquina	m	ϕ	U	D
GMT 2	43.5	4.5	0.9062	0.0938
M 5	46.0	3.0	0.9387	0.0613

$$E = 0.9332$$

$$C.C = 1'993,906 \text{ US\$/AÑO}$$

$$C.P. = 281,466 \text{ US\$/AÑO}$$

Tabla Nº 17 (Ver Gráfico 1)

Acción : Disminución del Personal en un 25%

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	60.4	5	0.9235	0.0765
GMT 1	43.5	5.5	0.8877	0.1123
GMT 2	43.5	7	0.8614	0.1386
M 5	46.0	6	0.8846	0.1154

$$E = 0.9000$$

$$C.C = 1'965,981 \text{ US\$/AÑO}$$

$$C.P = 421,356 \text{ US\$/AÑO}$$

Se ha notado que al variar el parámetro ϕ , varía también la efectividad, las siguientes tablas son consecuencia de variar el parámetro "m" ya sea invirtiendo en repuestos nuevos, cambiando el sistema de operación, añadiendo mejor lubricación a la maquinaria, etc.

7.4.1.2. Optimización de los Costos de Parada y Controlados.

Cambiando toberas de inyección a las cuatro unidades.

Costo de una tobera - 534 US\$

Costo total de 56 toberas = 29,904 US\$

Tabla Nº 18 (Ver gráfico Nº 2)

Máquina	m (Horas)	ϕ (Horas)	U	D
MAN	150	4.2	0.9727	0.0273
GMT 1	120	4.6	0.9630	0.037
GMT 2	120	6.3	0.9501	0.0499
M 5	120	4.7	0.9623	0.0377

$$E = 0.9635$$

$$C.C. = 2'004,810 \text{ US\$}$$

$$C.P. = 153,795 \text{ US\$}$$

Tabla Nº 19 (Ver gráfico Nº 2)

Acción : Inversión al Taller en 10,000 $\frac{\text{US\$}}{\text{AÑO}}$

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	150	3.5	0.9771	0.0229
GMT 1	120	3.5	0.9716	0.0284
GMT 2	120	5	0.9600	0.040
M 5	120	3.5	0.9716	0.0284

$$E = 0.9705$$

$$C.C. = 2'014,810 \text{ US\$}$$

$$C.P. = 124,300 \text{ US\$}$$

Tabla Nº 20 (Ver gráfico Nº 2)

Acción : Aumentando el 25% de personal a la empresa.

Máquina	m	φ	U	D
MAN	150	3.0	0.9804	0.0196
GMT 1	120	3.0	0.9756	0.0244
GMT 2	120	4.5	0.9638	0.0362
M 5	120	3.0	0.9756	0.0244

$$E = 0.9758$$

$$C.C. = 2'023,810 \text{ US\$}$$

$$C.P. = 101,968 \text{ US\$}$$

Tabla Nº 21 (Ver gráfico Nº 2)

Acción : Disminuyendo el Personal en un 25%.

Máquina	m	φ	U	D
MAN	150	5	0.9677	0.0323
GMT 1	120	5.5	0.9562	0.0438
GMT 2	120	7.0	0.9448	0.0552
M 5	120	6.0	0.9523	0.0477

$$E = 0.9575$$

$$C.C. = 1'995,889 \text{ US\$}$$

$$C.P. = 179,076 \text{ US\$}$$

7.4.1.3. Optimización de los Costos de Parada y Controlados -
Cambiando : Toberas, Anillos y Válvulas de Escape.

Acciones: - Aumentando Toberas de Inyección a todas las unidades.

des.	29,904
- Cambio de 140 anillos de compresión + lubricación a las unidades GMT	43,400
- Renovación de 8 válvulas de escape	<u>7,080</u>
	$\Sigma = 80,384\text{US\$}$

Tabla Nº 22 (Ver gráfico Nº 3)

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	250	6	0.9765	0.0235
GMT 1	250	6	0.9765	0.0235
GMT 2	250	6	0.9765	0.0235
M 5	250	6	0.9765	0.0235

$$E = 0.9755$$

$$C.c. = 2'025,000 \text{ US\$}$$

$$C.p. = 103,232 \text{ US\$}$$

Tabla Nº 23 (Ver gráfico Nº 3)

Acción : Inversión al Taller 10,000 US\$/Año

Máquina	m	ϕ	U	D
MAN	250	5	0.9803	0.0197
GMT 1	250	5	0.9803	0.0197
GMT 2	250	5	0.9803	0.0197
M 5	250	5	0.9803	0.0197

$$E = 0.9825$$

$$C.c. = 2'040,000 \text{ US}$$

$$C.p. = 73,737 \text{ US\$}$$

Tabla N° 24 (Ver gráfico N° 3)

Acción : Aumentando un 25% del personal

Máquina	m	Ø	U	D
MAN	250	4.5	0.9823	0.0177
GMT 1	250	4.5	0.9823	0.0177
GMT 2	250	4.5	0.9823	0.0177
M 5	250	4.5	0.9823	0.0177

$$E = 0.9875$$

$$C.c. = 2'050,000 \text{ US\$/Año}$$

$$C.P. = 52,670 \text{ US\$/Año}$$

Tabla N° 25 (Ver gráfico N° 3)

Acción : Disminuyendo el Personal en un 25%

Máquina	m	Ø	U	D
MAN	250	7	0.9727	0.0273
GMT 1	250	7	0.9727	0.0273
GMT 2	250	7	0.9727	0.0273
M 5	250	7	0.9727	0.0273

$$E = 0.9695$$

$$C.C. = 2'015,000 \text{ US\$/Año}$$

$$C.P. = 128,514 \text{ US\$/Año}$$

El resultado más importante de estos tres gráficos, es hallar el costo óptimo en cada caso, al cual le corresponde una efectividad óptima Única, dichos puntos se han graficado en el - gráfico N^o 4 de costos totales óptimos.

Se puede observar de dicha curva que la tendencia general en tre límites prácticos indica altas efectividades de sistemas para costos anuales bajos.

C A P I T U L O V I I I

VALOR ACTUAL NETO

C A P I T U L O VIII

VALOR ACTUAL NETO

Determinaremos los gastos de operación y mantenimiento de cada una de las unidades en el año 1984, para posteriormente calcular el valor actual neto del MAN como ejemplo típico.

8.1. Gastos de Operación y Mantenimiento

8.1.1. Gastos de Mantenimiento (Repuestos)

Tabla Nº 1 MAQUINA MIRRLEES 1 (1984)

Cantidad	DESCRIPCION	M.N.S/	M.E.(US\$)
2	Fajas de la bomba de agua	150,000	20
1	Tubo de fierro galvanizado 6"Ø	500,000	68
2	Válvulas de escape	13'098,000	1,770
24	Mantenimiento general a <u>cula</u> tas	6'000,000	810
TOTAL		19'748,000	2,668

Otros : 10 % de 2,668

Total Repuestos M1 = 2,935 US\$ <> 21'719,000

Table Nº 2 MAQUINA MIRRLEES Nº 2

Cantidad	DESCRIPCION	M.N.S/	M.E.(US\$)
1	Bomba de aceite y cojinetes al TC	3'700,000	500
6	Fajas en "V" a la excitatriz	450,000	60
24	Mant. general a culatas	6'000,000	810
TOTAL		10'150,000	1,370

Total Repuestos M2 = 1,644 US\$ <> 12'165,600 ₡

Tabla Nº 3 MAQUINA MIRRLEES Nº 4

Cantidad	Descripción	M.N.₡	M.E.US\$
1	Cojinete y rotor alturbo compresor	5'180,000	700
24	Mantenimiento general de culatas	6'000,000	810
		$\Sigma = 11'180,000$	1,510

Otros : 20% de 1,510

Total Repuestos M4 = 1,812 US\$ <> 13'408,800

Tabla Nº 4 MAQUINA MIRRLEES Nº 5

Cantidad	Descripción	M.N.₡	M.E.US\$
24	Mantenimiento general a culatas	6'000,000	810
1	Cambio de Culata # 6B	428'208,400	57,866
		$\Sigma = 58,676$	

Otros : 10% de 58,676

Total Repuestos M5 = 58,676 US\$

Tabla Nº 5 MAQUINA GMT 1

Cantidad	Descripción	M.N.₡	M.E.US\$
11	Fajas "V" ventiladores (Radiadores)	825,000	111
1	Camisa nueva	39'368,000	5,320
4	Mangueras flexibles	2'960,000	400
12	Mant. general a culatas	6'000,000	810
14	Toberas de Inyección	47'419,200	6,408
24	Cartuchos descartables de aceite	6'000,000	810
12	Filtros de petróleo	3'744,000	505
TOTAL		106'316,200	14,364

Otros : 10 %

Total Mantenimiento 15,800 US <> 116'920,000

Tabla Nº 6

MAQUINA GMT 2

Cantidad	Descripción	M.N.\$	M.E.US\$
24	Cartuchos descartables de aceite	6'000,000	810
12	Filtros de Petróleo	3'744,000	505
12	Mantenimiento general a culatas	6'000,000	810
9	Fajas "V" para los ventiladores	675,000	91
4	Termocuplas	2'960,000	400

TOTAL 19'379,000 2,616

Otros : 20%

Total Mantenimiento GMT2 = 3,139 US\$ <> 23'228,600

Tabla Nº 7

MAQUINA ALCO

Cantidad	Descripción	M.N.\$	M.E.US\$
1	Bomba de Petróleo	14'800,000	2,000
1	Inyector	7'400,000	1,000
6	Mantenimiento general a culatas	1'500,000	202

TOTAL 23'700,000 3,202

Otros : 10%

Total Repuestos ALCO : 3,522 US <> 26'062,800 \$

Tabla N° 8

MAQUINA E.M.D.

Cantidad	Descripción	M.N.₡	M.E.US\$
1	Camisa	29'600,000	4,000
1	Culata	296'000,000	40,000
2	Filtros de Petróleo	148,000	20
3	Mant.Gral. de culatas	747,400	101

TOTAL 326'495,400 44,121

Otros : 10%

Total Repuestos E.M.D. = 48,533 US\$ 359'144,200 ₡

* Por falta de información específica, asumiremos para el MAN y el S.W.D. los mismos gastos que los del GMT1

$$\text{Costo del KWHR Repuestos GMT1} = 1.37 \times 10^{-3} \frac{\text{US\$}}{\text{KWHR}}$$

$$\text{Costo Repuestos MAN} = 1.37 \times 10^{-3} \times 39'259,200 = 53,785 \text{ US\$}$$

$$\text{Costo Repuestos S.W.D.} = 1.37 \times 10^{-3} \times 25'945,500 = 35,545 \text{ US\$}$$

NOTA.- 1US\$ 7,400 \$ 28/02/85

Resumiendo tenemos la siguiente tabla :

Tabla N° 9

GASTOS DE MATERIALES 1984

Máquina	COSTO M.N ₡	COSTO M.E US\$	\$USA/KWHr	₡/KWHr
M1	21'719,000	2,935	8.31×10^{-4}	6.15
M2	12'165,600	1,644	6.47×10^{-4}	4.79
M4	13'408,800	1,812	2.77×10^{-4}	2.00
M5	477'618,200	64,543	7.86×10^{-4}	58.00
ALCO	26'062,600	3,522	3.82×10^{-4}	283.00
EMD	359'144,200	48,533	0.2538	1,878.00
GMT 1	116'920,000	15,800	1.37×10^{-3}	10.00
GMT 2	23'228,600	3,139	2.3×10^{-3}	1.70
MAN	398'009,000	53,785	1.37×10^{-3}	10.00
S.W.D.	263'033,000	35,545	1.37×10^{-3}	10.00
TOTAL	1711'309,200	231,258	2.07×10^{-3}	15.36

Tabla Nº 10

8.1.2. COSTO DE OPERACION (AÑO 1984)

Máquina	Consumo de Combustible Galones	Consumo de Aceite Galones	Costo Combustible US\$	Costo Aceite US\$	Combustible (\$/KwHr) $\times 10^{-2}$	Aceite US\$ / (KwHr) ³
M 1	239,632	3,706	185,738	26,165	5.26	7.4
M 2	172,595	2,664	133,778	18,808	5.26	7.4
M 4	439,832	6,852	340,913	48,376	5.22	7.4
M 5	558,953	8,614	433,244	60,817	5.28	7.4
ALCO	6,669	386	5,169	2,725	5.61	29.6
EMD	13,181	214	10,216	1,510	5.34	7.8
GMT 1	793,881	6,283	516,022	44,360	4.49	3.8
GMT 2	952,139	7,469	618,890	52,734	4.53	3.8
MAN	2'566,594	21,494	1'668,286	151,755	4.24	3.8
S.W.D.	1'901,981	14,261	1'474,225	100,687	5.68	3.8
TOTAL	7'645,457	71,943	5'386,481	507,937	4.83	4.5

NOTAS.-

- 1 Galón Bunker 6 = 0.65 US\$
- 1 Galón Diesel 2 = 0.775 US\$
- 1 Galón de Aceite en Promedio = 7.06 US\$
- El consumo de Aceite incluye : Carter + los servicios auxiliares, donde de ese total el 99% corresponden aproximadamente al consumo del Carter.
- El consumo de aceite de la presente tabla se ha considerado - el consumo real de la planta de energía.
- El consumo de Petróleo se ha calculado así:

$$\text{Consumo de Petróleo} = \frac{\text{C.E.C.} \times \text{E}}{3.785} \text{ (galones)}$$

Donde :

C.E.C Promedio Mensual en (lt/kWH)

E Producción mensual en KWH

- El C.E.C Promedio se calcula a partir de la tabla N° 5, Capítulo VII (Pm(KW)), con dicho valor se entra a los gráficos del Capítulo V : C.E.C V.S PG y se determina el consumo específico de combustible.
- E se toma de la tabla N° 4 Capítulo VII obtenidos el C.E.C y E mensuales se halla el consumo de petróleo mensual por máquina. Los resultados de la Tabla N° 10 del presente capítulo son la sumatoria de los consumos de los 12 meses.

8.1.3. MANO DE OBRA (SOLO CONSIDERANDO PLANTA)

- Operadores : GMT : $6 \times 1'000,000 = 6'000,000$

MAN : $3 \times 800,000 = 2'400,000$

MIRRELES: $9 \times 1'500,000 = 13'500,000$

Ayudantes: $6 \times 600,000 = 3'600,000$

25'500,000

- Trabajadores de limpieza y mantenimiento :

$26 \times 1'000,000 = 26'000,000$

- Ingenieros de Planta :

$7 \times 2'000,000 = 14'000,000$

Total Mano de Obra Mensual = $65'500,000 \text{ \$} < > 8,851 \text{ \$USA}$

Mano de Obra Anual. = $12 \times 8,851 = 106,216 \text{ \$ USA}$

Costo del KWH por mano de Obra = $\frac{106,216}{111'410,500} = 9.5 \times 10^{-4} \frac{\text{\$USA}}{\text{KWHr}}$

8.2. COSTO DE INVERSION

Se determinará el costo específico promedio por KW, que a fines de 1,983 fue de $800 \frac{\$USA}{KW}$.

Siendo la potencia del grupo MAN 8,000 KW, la inversión será :

$$8,000 \times 800 = 6'400,000 \text{ \$ USA}$$

Los cuales serán repartidos en 25 años, siendo los cinco primeros años de gracia, el interés será del 12%.

A continuación presentamos la serie de pagos iguales que permiten recuperar la cantidad "P" actual, sobre n períodos a interés compuesto i .

DONDE :

P = Valor presente = 6'400,000 \$USA

n = Cantidad de Períodos iguales = 20

i = Interés de Período = 12%

F.R.C = Factor de Recuperación del Capital = 0.13388

A = Anualidades = F.R.C \times P = 856,824

Tabla Nº 11

PROGRAMACION DE PAGOS ANUALES DE LA INVERSION INICIAL
 CONSIDERANDO EL F.R.C. (EN \$ USA) A PRECIO CONSTANTE
 DE 1,983

AÑO	INTERESES	AMORTIZACION	CAPITAL ADEUDADO
1983	768,000		
1984	768,000		
1985	768,000		
1986	768,000		
1987	768,000		6'400,000
1988	768,000	88,824	6'311,176
1989	757,341	99,483	6'211,693
1990	745,403	111,421	6'100,272
1991	732,032	124,792	5'975,480
1992	717,057	139,767	5'835,713
1993	700,285	156,539	5'679,174
1994	681,500	175,324	5'503,850
1995	660,462	196,362	5'307,488
1996	636,898	219,925	5'087,562
1997	610,507	246,317	4'841,245
1998	580,949	275,875	4'565,370
1999	547,844	308,090	4'256,390
2000	510,766	345,058	3'910,332
2001	469,240	387,584	3'522,748
2002	422,729	434,095	3'088,653
2003	370,638	486,186	2'602,467

Continua

AÑO	INTERES	AMORTIZACION	CAPITAL ADEUDADO
2004	312,296	544,528	2'057,939
2005	246,953	609,871	1'448,068
2006	173,768	683,055	765,012
2007	91,801	765,022	0

8.3. COSTOS VARIABLES

Los Costos Variables son función de la energía generada, la cual ha sido optimizada de acuerdo al diagrama de carga de la central.

Tabla Nº 12

AÑO	ENERGIA GENERADA (KWH)	PMEDIA MAN (KW)
1983	16'104,595	- 3,500 - - -
1984	39'259,200	- 4,997 - - -
1985	45'000,000	- 6,000 - - -
EN ADELANTE	45'000,000	- 6,000 - - -

Entre los Costos Variables tenemos :

- . Costo de Combustible
- . Costo de Aceite
- . Costo de Mano de Obra
- . Costo de Repuestos

Costo de Combustible 1 Galón Bunker 6 es 0.65 \$USA

Tabla Nº 13

AÑO	COSTO ANUAL POR COMBUSTIBLE \$ USA
1,983	691,287
1,984	1'668,286
1,985	1'893,324
EN ADELANTE	1'893,324

* Ejemplo 1985 $C = 0.245 \frac{\text{lt}}{\text{KWHr}} \times \frac{1 \text{ galón}}{3.785 \text{ lt}} \times 45'000,000 \text{ KWHr} \times 0.65 \frac{\$}{\text{Galón}}$
 $C = 1'893,324 \text{ \$ USA}$

Costo de Aceite $3.8 \times 10^{-3} \frac{\text{US\$}}{\text{KWHr}}$ (Ver Tabla Nº 10)

Tabla Nº 14

AÑO	COSTO ANUAL DE LUBRICANTE \$USA
1,983	61,197
1,984	151,755
1,985	171,000
EN ADELANTE	171,000

Costo de Mano de Obra Según los costos actuales de considerar solamente el personal que labora en planta; el precio del KWHr.

es :

$$9.5 \times 10^{-4} \frac{\$USA}{\text{KWHr}}$$

Tabla Nº 15

AÑO	COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA \$
1,983	15,299
1,984	37,296
1,985	42,750
EN ADELANTE	42,750

Costo de Repuestos 1.37×10^3 $\frac{\text{US\$}}{\text{KWHr}}$

Tabla Nº 16

AÑO	COSTO ANUAL DE REPUESTOS
1,983	22,053
1,984	53,875
1,985	61,650
EN ADELANTE	61,650

8.4. INGRESOS : Costo del KWHr 300\$'

1 \$USA 7,400 \$'

Tabla Nº 17

AÑO	INGRESOS ANUALES POR VENTA DE ENERGIA \$ USA DE LA MAQUINA MAN
1,983	652,889
1,984	1'591,589
1,985	1'824,324
EN ADELANTE	1'824,324

Resumiendo tendremos el SGT. cuadro:

Tabla Nº 18

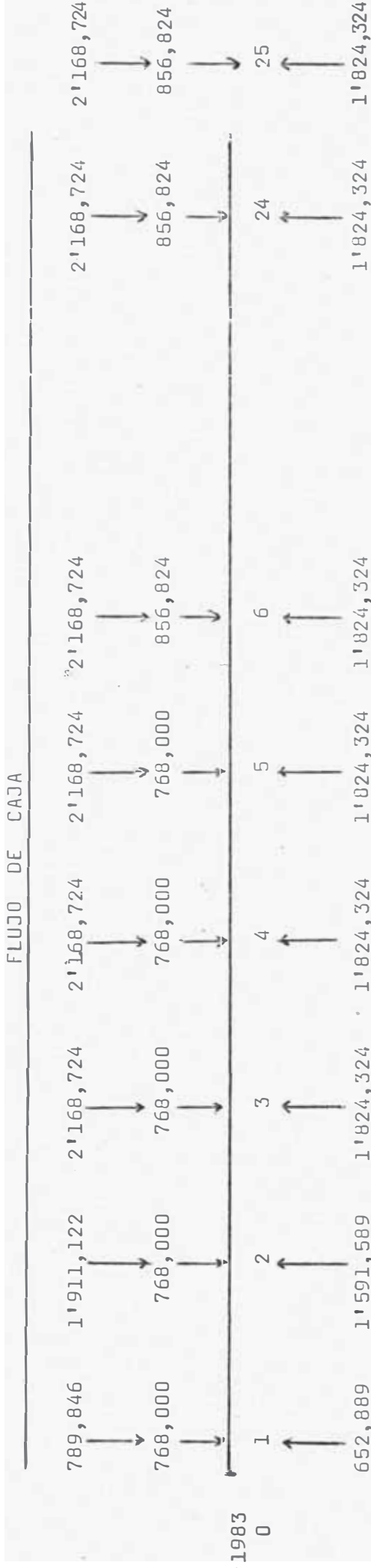
FLUJO DE CAJA DE LA INVERSION, OPERACION + MANTENIMIENTO
E INGRESOS DEL GRUPO MAN A PRECIO CONSTANTE DE 1,983
(MILES DE DOLARES)

n	AÑO	INVERSION	COSTO COMBUSTIBL	COSTO ACEITE	COSTO REPUESTOS MANO OBRA	COSTO O+M	INGRESOS
0	1983	768.00	691.28	61.19	37.36	789.84	652.88
1	1984	768.00	1,668.28	151.75	91.08	1911.12	1,591.58
2	1985	768.00	1,893.32	171.00	104.40	2168.72	1,824.32
3	1986	768.00	1,893.32	171.00	104.00	2168.72	1,824.32
4	1987	768.00	"	"	"	"	"
5	1988	856.82	"	"	"	"	"
6	1989	856.82	"	"	"	"	"
7	1990	856.82	"	"	"	"	"
		

24	2006
25	2007	856.82	1,893.32	171.00	104.40	2,168.72	1,824.32

8.5.

C A L C U L O D E L V A N



$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{bt}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^t}$$

SIENDO : VAN = Valor Actual Neto
 I₀ = Inversión Inicial
 bt = Beneficio Neto = Yt - Ct

Yt = Ingresos por Venta de Energía
 Ct = Costos de Operación + Mantenimiento
 Vr = Valor de rescate

•• VAN = (-6'400,000)(FSA)12%, 5+(1'824,324-2'168,724)(FACSe)12%, 23x(FSA)12%, 2+(1'591,589-1'911,122)(FSA)12%, 2+(652,889-789,846)(FSA)12%, 1+(0.4x6'400,000)(FSA)12%, 25-(768,000)(FSA)12%, 5

SIENDO :

FSA = Factor Simple de Actualización

$$FSA = \frac{1}{(1+i)^n}$$

FACSe = Factor de Actualización de una Serie

$$(FACSe) i\%, n = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Reemplazando Valores Resulta :

$$VAN = - 8'745,573 \text{ \$USA}$$

C A P I T U L O IX

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMA
GENERAL DE OPERACION DE CADA UNIDAD.

9.1. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CONSIDERACIONES

- a) El mantenimiento preventivo se hace en horas donde la demanda de energía es baja, en la que algunas máquinas tienen -- que parar forzosamente, para optimizar la eficiencia de la planta. Este tiempo disponible para dicho mantenimiento es desde las 7 horas hasta las 17 horas.
- b) Siendo la Potencia Promedio de 13,000 KW en el período señalado anteriormente, se hace necesario que exista una Potencia de Reserva, por si acaso fallase una de las unidades y no tener que cortar cables a la ciudad, vale decir que el plan de mantenimiento debe evitar que más de dos unidades -- esten fuera de servicio por varias horas.
- c) El presente programa abarca un mantenimiento mensual por maquina y dentro de ella cilindro por cilindro, es decir que en el período (7-17) horas, se hará mantenimiento a una culata, incluyendo válvulas, camisa, embolo, inyector, bomba pero del mismo cilindro.
- d) Para que el programa sea lo mas eficiente posible, se debe tener en almacen : Toberas de inyección de combustible, inyectores reparados, culatas limpias, anillos de compresión y lubricación, etc. de cada una de las unidades.
- e) En el plano organizativo, se formarán dos grupos de mantenimiento, uno para cada motor, dos grupos de trabajadores -- en limpieza de repuestos. Así mismo necesariamente habra un supervisor de mantenimiento activo, para que el trabajo que

de bien.

- f) Es muy importante también ubicar a cada hombre en su lugar que le corresponde, sabiendo aprovechar al máximo sus habilidades, inquietudes y experiencias, así mismo dándole al trabajador las herramientas necesarias, para optimizar los requerimientos de la fuerza laboral y por ende minimizar - el tiempo de parada programada.
- g) Parte fundamental del mantenimiento preventivo constituyen las inspecciones periódicas de determinados elementos del motor, si en dichas inspecciones se notasen anomalías, es necesario remediarlas urgentemente.
- h) Se hace necesario codificar la maquinaria, para llevar un historial de máquina por máquina y aún dentro de ella cilindro por cilindro, la que deberá ser comprendida en su real magnitud por el Jefe de Mantenimiento, Jefes de Turno y trabajador que lleva el parte diario de mantenimiento. A continuación presentamos un modelo de codificación MIR10801 donde :
- Las tres primeras letras indican el nombre del grupo, en este caso MIRRLEES; el cuarto dígito el número de la maquinería, en este caso 1; el quinto y sexto dígito número del cilindro, en cuyo caso será el número 8; y los últimos dos dígitos la pieza o accesorio a la cual le toca o se hace - mantenimiento, en este caso 1 culata.
- i) Para el presente programa, se ha considerado los catálogos de los fabricantes y la experiencia de los supervisores de

NOTA .-

Los otros meses serán destinados a otras actividades de mantenimiento, como podrán ser:

- Cambio total de toberas de inyección de combustible.
- Limpieza total de inyectores
- Descarbonización, asentamiento de válvulas.
- Limpieza de torres de refrigeración y/o radiadores.
- Flexión de cigueñal
- Mantenimiento a los turbocompresores
- Mantenimiento a interenfriadores de aire.

9.1.3. INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO SEGUN LAS HORAS DE FUNCIONAMIENTO.

Cada jornada o turno:

- a) Lea el parte anterior
- b) Compruebese la Presión del aceite lubricante
- c) Compruebese las presiones de agua.
- d) Compruebese las temperaturas de escape.
- e) Compruebese la temperatura y presión en el turbocargador.
- f) Compruebese el nivel de aceite en el sumidero.
- h) Compruebese las temperaturas de agua y aceite lubricante.

CLAVE	PIEZA DEL MOTOR	ACCION DE MANTENIMIENTO	TIEMPO DE TRADAJO OPERA HORAS POR RIOS	Inte Val	HORAS DE SERVICIO																					
					2,000	2,500	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500	20,000													
07	COJINETE DE BIELA	Desmontar 1 cojinete y volver a montarlo, controlar la tensión de los tornillos del cojinete - al efectuar el desmontaje.	2	1.5	Cojinete		•						•	•												
08		Limpieza de torre y radiadores	2	5	Torre		•						•	•												
09	INYECTOR RES	Limpieza de inyector ó cambio de toberas.	4	5	8 Inyectores.		•						•	•												
10	VALVULAS	Limpieza total de válvulas de esca o.	3	1	Culata		•						•	•												
11	CIGUEÑAL	Tomar la felxión del cigueñal.	2	1	Motor		•						•	•												
12	INTEREN-FRIADOR	Limpiar el refrigerador en el lado agua y en el lado aire.	3	4	Interen friador		•						•	•												
13	REGULADOR	Inspección: Controlar el nivel del aceite.	1	0.1	Motor																					
	WOOD	Inspección: Comprobacion del funcionamiento del regulador y control del varillaje de regulación.	2	1	Motor																					
	WARD	Cambio de aceite al regulador	1	2	Motor																					
14	FILTROS	Filtros de aire, petróleo combustible y centrífugas.																								
15	SISTEMA LUBRICA CION	Sacar una muestra del circuito de lubricación analizarla. Cambiar el aceite según el resultado del análisis	1	0.25	Motor																					
			2	5	Motor																					
					SEGUN	NECESIDAD										SEGUN	NECESIDAD									

NOTA.- Los Items 01, 02, 03, 04, 05, en lo posible se realiza ran juntos. Si además la máquina no se le necesitase en la hor ra de punta, puede quedar parada para terminar los Items 06, 07 y 12 al día siguiente.

- Los Items 03, 09, 10, 11 también en lo posible hay que realiz arlos juntos, ya que su frecuencia de horas de mantenimient o preventivo son los mismos, y de lo que se trata es de opt imizar al máximo el tiempo de parada programada para hacer el mantenimiento.

- En el programa anterior no se ha considerado el mantenimient o del alternador ni de los servicios auxiliares como son : bombas, motores, transformadores, centrífugas, etc., ya que su mantenimiento es mucho más sencillo: en el caso de bombas y motores se recomienda hacer un mantenimiento general anual el caso de centrífugas limpieza semanal y para el generador poner énfasis en limpieza exterior, cojinetes y su lubricaci ón, ventilación.

9.2. PROGRAMA GENERAL DE OPERACION

9.2.1. PROGRAMA GENERAL DE OPERACION ENTRE LAS (9-17) HORAS, PARA UNA POTENCIA PROMEDIO DE 13,000 KW, CON UN RANGO \pm 500 KW

Tabla Nº 3 FORMAS POSIBLES ECONOMICAS

MAN	STORK	GMT 1	GMT 2	M1	M4	M5	FORMA	\$/DIA
I	I	I					1	4,380
I	I		I				2	4,270
	I	I	I	I	I		3	4,572.5
	I	I	I	I		I	4	4,552
	I	I	I		I	I	5	4,547
I		I	I	I			6	4,037
I		I	I		I		7	4,033
I		I	I			I	8	4,045
I		I			I	I	9	4,316
I			I		I	I	10	4,328
I	I			I	I		11	4,430
I	I			I		I	12	4,437
I	I				I	I	13	4,424

DONDE : I El Grupo esta Operando

El Grupo tiene Parada Programada ó

Esta en Mantenimiento.

A continuación presentamos el resumen de las 13 formas de operación.

FORMA : 1	MAN	STORK	GMT 1
\bar{P} (KW)	6,000	4,500	2,750
C.EC($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.272	0.260

COSTO DIA = 4,380 \$

FORMA : 2	MAN	STORK	GMT 2
\bar{P} (KW)	6,000	4,200	2,800
C.EC($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.273	0.258

COSTO DIARIO = 4,270 \$

FORMA : 3	STORK	GMT 1	GMT 2	M1	M4
\bar{P} (KW)	4,500	2,800	3,000	900	1,800
C.EC($\frac{1t}{KWHr}$)	0.272	0.2600	0.260	0.257	0.264

COSTO DIARIO = 4,572.5 \$

FORMA : 4	STORK	GMT 1	GMT 2	M1	M5
C.EC($\frac{1t}{KWHr}$)	0.272	0.260	0.260	0.257	0.256
\bar{P} (KW)	4,500	2,800	3,000	900	1,800

\$/DIA = 4,552

FORMA : 5	STORK	GMT1	GMT2	M4	M5
\bar{P} (KW)	4,050	2,750	2,800	1,600	1,800
C.EC. ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.272	0.260	0.258	0.255	0.256

$$\$/DIA = 4,547$$

FORMA : 6	MAN	GMT 1	GMT 2	M1
CEC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.264	0.260	0.259
\bar{P} (KW)	6,000	3,000	3,000	1,000

$$\$/DIA = 4,037$$

FORMA : 7	MAN	GMT1	GMT2	M4
\bar{P} (KW)	6,000	2,750	2,800	1,450
CEC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.260	0.258	0.255

$$\$/DIA = 4,033$$

FORMA : 8	MAN	GMT 1	GMT2	M5
\bar{P} (KW)	6,000	2,750	2,600	1,650
C.EC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.260	0.258	0.256

$$\$/DIA = 4,045$$

FORMA : 9	MAN	GMT 1	M4	M5
\bar{P} (KW)	6,000	3,000	2,000	2,000
CEC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.263	0.273	0.263

$$\$/DIA = 4,316$$

FORMA : 10	MAN	GMT2	M4	M5
\bar{P} (KW)	6,000	3,000	2,000	2,000
C.EC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.266	0.273	0.263

$$\$/DIA = 4,328$$

FORMA : 11	MAN	STORK	M1	M4
\bar{P} (KW)	6,000	4,500	900	1,600
C.EC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.272	0.257	0.255

$$\$/DIA = 4,430$$

FORMA : 12	MAN	STORK	M1	M5
\bar{P} (KW)	6,000	4,500	800	1,700
C.EC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.272	0.258	0.256

$$\$/DIA = 4,437$$

FORMA : 13	MAN	STORK	M4	M5
\bar{P} (KW)	6,000	3,600	1,600	1,800
C.EC ($\frac{1t}{KWHr}$)	0.245	0.275	0.255	0.256

$$\$/DIA = 4,424$$

EJEMPLO DEL CALCULO

Combustible : Diesel # 2

$$\frac{\$/}{KWHr} = C.eC \left(\frac{1t}{KWHr} \right) \times \frac{1 \text{ galón}}{3.785 \text{ lt}} \times \frac{3,578}{1 \text{ galón}}$$

$$\$/KWHr = 945.310 \times C.EC.$$

$$1 \$ = 5,300 \text{ ₡}$$

$$\therefore \text{₡/KWHr} = 0.178360 \times \text{C.EC.}$$

Analogamente para Bunker 6 :

$$\text{₡/KWHr} = 0.150694 \times \text{C.EC.}$$

Siendo 1 galón de Bunker 6 $\text{₡ } 3,023$

* Precios de Combustible y Cambios al 17/12/84

Si a las expresiones anteriores las multiplicamos por E (Energía Producida en KWH), obtendremos el costo en \$ paradicho tiempo, en este caso :

$$E = \bar{P}xt$$

$$E = \bar{P}x8.$$

- Combustibles	MAN	STORK	GMT1	GMT2	M1	M4	M5
Usados	B-6	D-2	B-6	B-6	D-2	D-2	D-2

\therefore Para la primera forma tendremos:

$$\begin{aligned} \text{Costo Diario} &= 0.178360 \times 4,500 \times 0.272 \times 8 \\ &+ 0.150694 \times 8 (6000 \times 0.245 + 2750 \times 0.260) \end{aligned}$$

$$\text{Costo Diario (8 horas)} = 4,380 \text{ ₡}$$

9.3. CONCLUSIONES

1.- La forma óptima de operación es la combinación 7 :MAN GMT1, GMT2 y M1 con un costo/diario de 4,337 \$USA, dicha forma da posibilidades de hacer un mantenimiento planificado al STORK por ser una máquina de media base.

2.- Cuando se hace mantenimiento al MAN es preferible to

mar como forma de operación la N° 5, ya que el STORK, baja de potencia mientras que las otras suben su potencia, trabajando en rangos de potencia netamente económicos.

- 3.- En Líneas generales estas formas de operación recomendables, nos dan un costo del KWHr generado mínimo, para dicha combinación y al mismo tiempo permiten un mantenimiento planificado de cada unidad en las horas de parada programada.
- 4.- Para cumplir dicho programa es muy importante la disponibilidad de cada máquina, ya que si no esta disponible, no puede entrar al paralelo, pero al mismo tiempo nos brinda el sustituto (forma económica de operación).
- 5.- Es muy importante que el Jefe de Planta, Jefes de Turno, y Tableristas, comprendan la necesidad de trabajar en estos rangos, ya que el MAN, como potencia promedio en 1,984 tuvo 4,997 KW, el STORK 3,511, valores muy por debajo de los que estamos recomendando.

C A P I T U L O X

SUSTITUCION DE LAS UNIDADES PEQUEÑAS POR GRUPOS

UNIFORMES Y DE IGUAL POTENCIA.

C A P I T U L O X

SUSTITUCION DE LAS UNIDADES PEQUEÑAS POR GRUPOS UNIFORMES Y DE IGUAL POTENCIA

10.1 Consideraciones Técnicas - Económicas para la Sustitución.

10.1.1. MIRRLEES

- Son máquinas muy confiables en operación, de bajo costo de mantenimiento, entran al paralelo en cinco minututos por lo que son muy utiles cuando se les necesita para cubrir una emergencia o la punta.
- A pesar de su antigüedad, la pérdida de potencia es muy poca con respecto a la potencia nominal, siendo - además muy económicas.
- Para el crecimiento actual de la demanda todas estas unidades resultan pequeñas.

10.1.2. ALCO Y EMD

- Son unidades antieconómicas, tanto en operación como en mantenimiento, debido a su número elevado de revoluciones.
- Solamente se les usa en casos de extremísima necesidad (emergencia), cuando el PAN o S.W.D. estan fuera de servicio para cubrir la punta.
- No habiendo un lugar propicio como para la instalación de una unidad nueva de 10MW, el lugar geografico deja

do por dichas unidades sirve para el montaje de la misma, dejando claro que dichas máquinas (ALCO-EMD) se utilizarían en otras ciudades de menor demanda de energía.

- Debe quedar claro que la ampliación de la central con una unidad de 10MW, constituye la solución prioritaria a la demanda de energía restringida, siendo esta alternativa temporal, ya que la única alternativa definitiva es la interconexión con el sistema de potencia Mantaro-Lima-Chimbote-Trujillo-Chiclayo, mediante líneas de transmisión en alta tensión.

A CONTINUACION PRESENTAMOS UN RESUMEN DE LOS PARAMETROS TECNICOS-ECONOMICOS DE TODAS LAS UNIDADES

Tabla Nº 1

MAQUINA	AÑO DE INST.	DISPONIBILIDAD AÑO 1,984	POTENCIA ACTUAL MAXIMA (Kw)	POTENCIA NOMINAL KW	C.E.C. (lt/KWH)	COSTO DEL KWHI ($\$ \times 10^{-4}$)	TIPO DE SERVICIO
MIRRLEES 1	1957	0.9373	1,200	1,300	0.257	620	E, P, MB
MIRRLEES 2	1957	0.8884	1,200	1,300	0.257	614	E, P, MB
MIRRLEES 4	1964	0.9098	2,000	2,500	0.254	606	E, P, MB
MIRRLEES 5	1965	0.9059	2,000	2,500	0.256	611	E, P, MB
ALCO	1975	0.5052	1,500	2,500	---	651	E, P
EMD	1978	0.6671	1,500	2,500	---	3241	E, P
GMT 1	1980	0.9037	3,500	5,000	0.260	511	B, MB
GMT 2	1980	0.8726	3,500	5,000	0.258	521	B, MB
MAN	1983	0.9343	6,000	7,800	0.247	511	B
S.W.D.	1983	0.9438	5,500	5,500	0.272	628	B

* El costo del KWH generado no incluye los gastos de mantenimiento y operación de redes, así como los gastos Administrativos. Si se tomase en cuenta dichos gastos el costo de KWH generado es aproximadamente 0.10 \$USA.

** Para el tipo de servicio se representan :

E = Emergencia

P = Punta

MB = Media Base

B = Base

10.2. CALCULO DE ALGUNOS PARAMETROS DE LAS UNIDADES A INSTALARSE

Especificaciones Técnicas

$P_g = 10,000 \text{ KW}$ sobre carga 10%

Ciclo : 4t

$N = 600 \text{ R.P.M.}$

Horas/Anual = 6,500

Vida Util = 25 años

$i = 18$

$\frac{S}{D} = 1.125$

$R_k = 12$

$P_e = 1.95 \text{ MPascal}$

$C.E.C. = 0.249 \frac{\text{lt}}{\text{KWHr}}$

Flujo de agua de Refrigeración = $63 \frac{\text{litros}}{\text{KWHr}}$

1.- Cálculo de Flujo de Combustible (\dot{m}_c)

Sabemos que : $\eta_{\text{total}} = \frac{P_g}{\dot{m}_c \times P_{\text{cal}}}$ \rightarrow $\dot{m}_c = \frac{P_g}{\eta_T \times P_{\text{cal}}} \dots (1)$

Cálculo de la Eficiencia Total :

$\eta_T = \eta_c \times \eta_r \times \eta_m \times \eta_g \dots (2)$

SIENDO : n_{ciclo} = Eficiencia del Ciclo

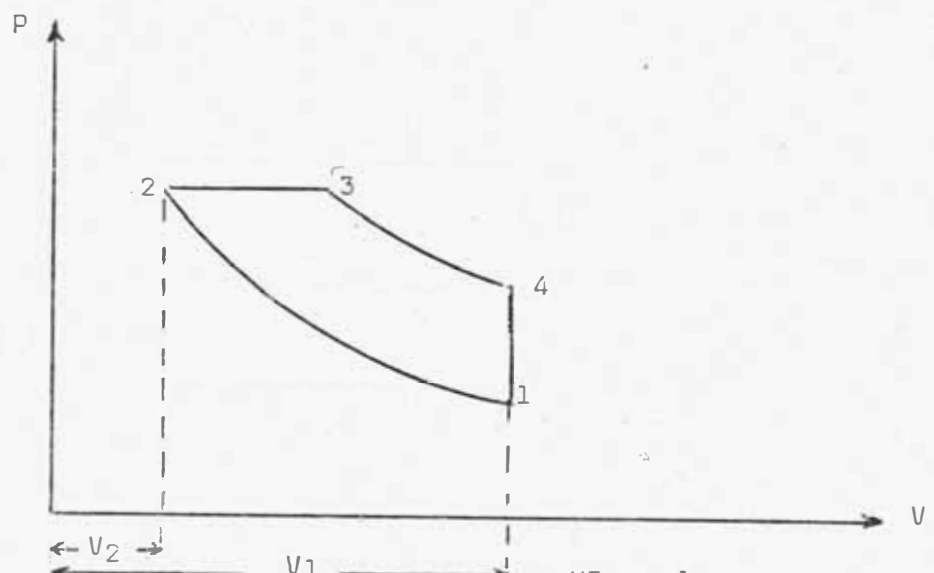
n_r = Eficiencia Relativa

n_m = Eficiencia Mecánica

n_g = Eficiencia del Alternador

DONDE :

$$n_c = 1 - \frac{1}{(r_k)^{k-1}} \times \frac{1}{k} \left(\frac{r_c^k - 1}{r_c - 1} \right) \dots (3)$$



ASUMIENDO $\frac{V_3 - V_2}{V_1 - V_2} = \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{\frac{V_3}{V_2} - 1}{\frac{V_1}{V_2} - 1} = \frac{1}{10}$

RECORDANDO : $\frac{V_3}{V_2} = r_c$

$\frac{V_1}{V_2} = r_k$

$\therefore \frac{r_c - 1}{r_k - 1} = \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{r_c - 1}{11} = \frac{1}{10}$

$r_c = 2.1$

REEMPLAZANDO VALORES EN LA EXPRESION # 3

$$n_c = 1 - \frac{1}{12^{0.28}} \times \frac{1}{1.28} \times \frac{1.28}{(2.1 - 1)} \times \frac{1.28}{(1.1)}$$

$$n_c = 0.4386$$

ASUMIENDO : $n_r = 0.91$

$$n_m = 0.90$$

$$n_g = 0.96$$

REEMPLAZANDO ESTOS VALORES EN (2)

$$n_T = 0.4386 \times 0.91 \times 0.9 \times 0.96$$

$$n_T = 0.345$$

FINALMENTE EN LA EXPRESION (1)

$$\dot{m}_c = \frac{10,000 \text{ KW}}{0.345 \times 43,305 \frac{\text{KJ} \times 1 \text{ KW} \times \text{seg}}{\text{Kg} \quad 1 \text{ KJ}}}$$

$$\dot{m}_c = 0.6693 \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} = 2409 \frac{\text{Kg}}{\text{Hora}}$$

2.- Cálculo del Consumo Específico de Combustible

$$\text{C.E.C} = \frac{\dot{m}_c}{P_g} = \frac{2409 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}}{10,000 \text{ KW}}$$

$$\text{C.E.C} = 0.2409 \frac{\text{Kg}}{\text{KWHr}}$$

$$\text{C.E.C} = 0.2409 \frac{\text{Kg}}{\text{KWHr}} \times \frac{1 \text{ litro}}{0.9674 \text{ Kg}}$$

$$\text{C.E.C} = 0.2490 \frac{\text{lt}}{\text{KWHr}}$$

3.-Cálculo del Flujo de Agua de Refrigeración

$$P_g = 10,000 \text{ KW}$$

$$C.EC = 0.2409 \frac{\text{Kg}}{\text{KWHr}}$$

$$P_{cal} = 43,305 \frac{\text{K5}}{\text{Kg}} = 10,345 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Calor perdido por Refrigeración = 25%

$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$

$$Q_T = \text{Calor Suministrado} = C.EC \times P_g \times P_{cal}$$

$$Q_T = 10,000 \text{ KW} \times 0.2409 \frac{\text{Kg}}{\text{KWHr}} \times 10,345 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_T = 24'921,105 \frac{\text{Kcal}}{\text{Hr}}$$

Q Perdido por Refrigeración = Q REF

$$Q_{REF} = 0.25 \times Q_T = 6'230,276$$

$$Q_{REF} = \dot{m}_{\text{agua}} \times C_p \times \Delta T$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{6'230,276}{10 \times 1 \times 50} = 10,383 \frac{\text{Kg}}{\text{minuto}} = 10,383 \frac{\text{lt}}{\text{minuto}}$$

$$(\dot{m}_{\text{agua}}/\text{KWHr}) = \frac{10,383 \times 60}{10,000}$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = 63 \frac{\text{litros}}{\text{KWHr}}$$

4.-Cálculo de la Potencia de la Bomba y Motor que Impulsa agua al Sistema.

$$P_B = \frac{\delta QH}{102 \times \eta_B}$$

$$\delta = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = 0.1730 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$H = 10 \text{ mt.}$$

$$P_B = \frac{1000 \times 0.1730 \times 10}{102 \times 0.7} = 24.22 \text{ KW}$$

$$P_{\text{Motor}} = P_M = \frac{P_B}{\eta_a} = \frac{24.22}{0.95} = 25.490 \rightarrow P_{\text{Motor}} = 30\text{KW}$$

10.3 COSTO DEL KEH GENERADO CON UNA UNIDAD NUEVA DE 10 MW.

10.3.1. COSTO DE INVERSIÓN

$$800 \frac{\$USA}{KW} \times 10,000 KW = 8'000,000 \$USA$$

Tabla Nº 2

PROGRAMACION DE PAGOS ANUALES DE LA INVERSIÓN INICIAL
CONSIDERANDO INTERESES Y AMORTIZACIÓN EN MILES DE \$USA

AÑO	INTERESES	AMORTIZACIÓN	CAPITAL ADEUDADO
1986	960		
1987	960		
1988	960		
1989	960		
1990	960		
1991	960	400	7,600
1992	912	400	7,200
1993	864	400	6,800
1994	816	400	6,400
1995	768	400	6,000
1996	720	400	5,600
1997	672	400	5,200
1998	624	400	4,800
1999	576	400	4,400
2000	528	400	4,000
2001	480	400	3,600
2002	432	400	3,200
2003	384	400	2,800
2004	336	400	2,400
2005	288	400	2,000
2006	240	400	1,600
2007	192	400	1,200
2008	144	400	800
2009	96	400	400
2010			

10.3.2. COSTOS DE OPERATIVIDAD

Entre ellos tenemos :

- . Costo de Combustible
 - . Costo de Aceite
 - . Costo de Mantenimiento (Repuestos + mano de Obra)
- todos estos costos dependen de la energía generada en KWH anual.

Tabla Nº 3

AÑO	HORAS DE TRABAJO	PROMEDIA (KW)	E. GENERADA (KWH)
1986	4,000	6,000	24'000,000
1987	7,000	7,500	52'500,000
1988	7,000	7,500	52'500,000
EN ADELANTE	7,000	7,500	52'500,000

Los costos de operatividad según el estudio hecho en capítulo Nº 8, los podemos aproximar en :

Costo de Combustible 45×10^{-3} \$/KWH

Costo de Aceite 3.8×10^{-3} "

Costo de Mantenimiento 3×10^{-3} "

10.3.3. FLUJO DE CAJA

El Flujo de Caja para la unidad de 10MW, se encuentra resumido en la siguiente tabla.

Tabla Nº 4

FLUJO DE CAJA DE LA INVERSION, COSTOS DE OPERATIVIDAD
E INGRESOS PARA EL PROYECTO DE LA UNIDAD A INSTALARSE
DE 10 MW.

AÑO	COSTOS EN MILES DE \$USA		INGRESOS MILES \$
	INVERSION	O + M	
1986	960	1,243	24,000 C
1987	960	2,719	52,500 C
1988	960	2,719	52,500 C
1989	960	2,719	52,500 C
1990	960	"	52,500 C
1991	1360	"	"
1992	1312	"	"
1993	1264	"	"
1994	1216	"	"
1995	1168	"	"
1996	1120	"	"
1997	1072	"	"
1998	1024	"	"
1999	976	"	"
2000	928	"	"
2001	880	"	"
2002	832	"	"
2003	784	"	"
2004	736	"	"
2005	688	"	"
2006	640	"	"
2007	592	"	"
2008	544	"	"
2009	496	"	"
2010	448	"	"

* C = Precio del KWHr en \$

NOTA 1.- De la tabla anterior se desprende que el punto de equilibrio, donde los costos de operatividad son iguales a los ingresos es :

$$2,719 = 52,500 C$$

$$C = 0.052 \frac{\$USA}{KWH}$$

Este precio solo incluye planta, más no los costos de operación y mantenimiento de redes, así como gastos administrativos.

NOTA 2.- Si a los costos de operación y mantenimiento incluimos los costos de pago de la inversión, y llevamos todo a valor presente año "0", para calcular el VAN, y hacemos este igual a cero, obtendremos el precio del KWHr que se tendría que vender para que la inversión del proyecto sea igual al proyecto de haber metido todo el dinero en el banco, dicho

$$\text{Valor es } C = 0.0718 \frac{\$}{KWH}$$

C O N C L U S I O N E S

- 1.- El parámetro fundamental de la operación de las Unidades - Diesel, es el Consumo Específico de Combustible (C.E.C.) , una máquina trabajará optimamente si su C.E.C. es 0.25 lt/kwh, que convertido en \$ USA equivale a 5.1×10^2 \$USA/kwh. Es aceptable un rango de operación de (0.25 a 0.26) lt/kwh.
- 2.- En la tabla Nº 21, capítulo V se muestra el ahorro de cambiar la operación actual por la operación promedio óptima en el año de 1984, dicha cantidad es aproximadamente 100,000 \$USA/año, cantidad que aumentará o disminuirá si nos alejamos o acercamos del C.E.C. actual al C.E.C. óptimo -- respectivamente.
- 3.- Solamente la variación en milésimos del C.E.C. actual al C.E.C. óptimo, trae un ahorro sustancial en \$ USA, así :de la misma tabla anterior, para el grupo GMT2 se ahorran -- 21,088 \$USA/año al cambiar la operación del C.E.C. actual igual a 0.259 al C.E.C. óptimo equivalente en 0.250 lt/kwh. Con ello estamos demostrando que es de vital importancia - trabajar lo más cerca posible al Consumo Específico de Combustible **Óptimo, en cada una de las máquinas.**
- 4.- Del gráfico Nº 3 capítulo V, comparando los costos de generación de 1 kwh mediante los combustibles Diesel 2 y Bunker 6, se aprecia que existe una diferencia notable para la potencia promedio de operación en el año 1,984 de la Unidad GMT 1, dicha cantidad es 7.14×10^3 \$ USA/kwh. Si tomamos en cuenta la Energía Generada de este Grupo equivalente a --

11'477,600 Kwh/año, resulta que el ahorro de operar con - Combustible Bunker 6 respecto al Diesel 2, es 81,982 \$USA/año, cantidad muy significativa que justifica la inversión para una planta de tratamiento de combustible.

5.- Los precios de Generación promedio anual en el año 1984 son los siguientes :

Item	Descripción	\$USA/kwh
01	Materiales parte mecánica eléctrica de planta.	4×10^3
02	Consumo de Combustible	48.3×10^3
03	Consumo de Lubricante	4.5×10^3
04	Mano de Obra solo planta	1.0×10^3

Entonces el precio del kwh Generado en Planta es 58×10^3 - \$USA/kwh, dicho costo no incluye los gastos administrativos de ventas ni de mantenimiento de las redes eléctricas.

Si tenemos en consideración que el precio de venta de Energía es 35×10^3 \$USA se puede notar que dicho precio ni siquiera cubre los Costos de Generación por Consumo de Combustible, razón por el cual dichas Centrales trabajan a déficit y necesariamente tienen que ser subsidiadas por el Estado.

6.- Las acciones muy frecuentes en el Mantenimiento, debido a una planificación inadecuada del mismo y a una inversión - muy baja en materiales para generar 1 Kwh, traen como resultado un tiempo promedio entre fallas de 45 horas productivas por máquina (Tiempo promedio entre fallas equivalente a

tiempo promedio entre acciones de mantenimiento), bajos valores de disponibilidad, confiabilidad y efectividad.

7.- La restitución de la potencia de los grupos GMT, se justifica plenamente; ya que se invierten 71\$/kw, que comparado con la inversión inicial de un nuevo grupo (600 a 800) - - \$USA/kw, resulta ser mucho menor, además permitiría operar con menos máquinas tanto en el día como en la hora de punta, dando mejores posibilidades de hacer un mantenimiento preventivo integral.

8.- Un grupo Diesel funciona a base de los circuitos: aire, - aceite, petróleo, agua y eléctrico, los circuitos críticos de falla son el de aceite y petróleo, el resto de circuitos se mantendrá en buenas condiciones con un mantenimiento de limpieza.

Entre las piezas que nunca deben faltar en almacén dentro de estos circuitos críticos tenemos: Toberas de Inyección de Combustible, Válvulas, Anillos de Lubricación y Compresión y accesorios de la Bomba de Inyección del Combustible. El tener un stock adecuado de dichos repuestos equivale a invertir un adicional en materiales de 3×10^3 \$/ USA/kwh. Dicha acción juntamente con una adecuada planificación en el Mantenimiento reducirá las acciones totales de mantenimiento de 80 a 50 aproximadamente; en éste último caso la cantidad de Energía Generada es mayor o igual que en el primer caso (actual), además se elevará la disponibilidad y confiabilidad de cada máquina ya que la producción aumenta

y el número de acciones disminuye.

- 9.- El Programa de Mantenimiento Preventivo se hará Máquina por Máquina y dentro de ella cilindro por cilindro, respetando las horas acumuladas de trabajo, y teniendo en consideración el Diagrama de Carga Diario, es decir la confiabilidad del servicio.

Por otro lado dicho programa esta en íntima relación con la operatividad de las unidades, así en la Tabla Nº 3 del Capítulo Nº IX se muestran las posibles formas económicas de operación para la potencia promedio representativa de 13,000 kw en el período de (9 a 17) horas, horario en el que se efectua el mantenimiento.

La forma óptima de operación es la combinación MAN, GMT1 , GMT2, M4 con las potencias promedio de 6,000, 2,750, 2,800 y 1,450 kw respectivamente. Al operar la unidad M5 por el GMT2 la combinación queda sí : MAN, GMT1, M4, M5 con potencias promedio económicas de 6,000, 3,000, 2,000 y 2,000kw. Dicha variación trae un incremento de 295 \$USA/8 horas de servicio, pero da la ventaja de hacer un mantenimiento preventivo o correctivo a la unidad GMT2.

- 10.-La diversidad de potencias instaladas que van desde los 1,360 kw en los grupos MIRRLEES, hasta el grupo más grande el MAN de 8,000 kw, tienen sus ventajas y limitaciones:
- VENTAJAS .- Ya que las máquinas chicas se sincronizan a la red en cinco minutos y brindan cierta confiabilidad a un sector de la ciudad para cortes -

de corriente totales o parciales, para cubrir la punta ó para cualquier emergencia en general, además los MIRRLEES pese a su antigüedad siguen siendo máquinas muy económicas.

DESVENTAJA Ya que hay que tener diversidad de repuestos para cada marca, lo que encarece el mantenimiento, y la operación cuando se sincronizan demasiadas unidades a la red, para efectuar el mantenimiento preventivo o correctivo de una unidad grande.

Si a lo anterior tomamos cuenta que existe Energía Restringida el sector Industrial de 5,000 KW en la hora de punta, y que existen varios proyectos eléctricos por ejecutarse; se hace primordial instalar a la brevedad una Unidad nueva de 10MW como paliativo para esta situación, ya que la solución definitiva es la interconexión con el Sistema de Potencia Mantaro-Chimbote-Trujillo-Chiclayo y Piura mediante Líneas de Transmisión de Potencia.

La nueva Unidad básicamente serviría como base y brindaría una garantía para hacer el Mantenimiento Preventivo máquina por máquina, sirviendo además de reserva.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se hace necesario restituir los medidores de combustible - tanto de Petróleo Diesel 2 como de Bunker 6, para hacer - las pruebas a cada unidad por lo menos tres veces al año o después de haber efectuado un mantenimiento integral.
- 2.- Para la optimización del reparto de carga, se ha tenido en cuenta las curvas características de cada unidad halladas en el Capítulo V, y básicamente son dos: la primera Consumo Específico de Combustible (C.E.C.) V.S. Potencia de Salida del Alternador (P_g) y la segunda Costo del KWh (C) V. S. P .

Una mejora del programa de operación es el Despacho Económico de Carga que consiste en hallar la función Costo en \$/hora V.S. la Potencia de salida de cada Alternador, así:

$$C = aP_g^2 + b P_g + c$$

La condición necesaria para el Costo Mínimo es la igualdad del Costo Incremental de cada unidad, así :

$$\frac{\partial C_i (P_{gi})}{\partial P_{gi}} = \lambda_i$$

La otra condición para resolver el sistema es :

$$\sum P_{gi} = P_d$$

Siendo :

λ_i = Costo Incremental de Generación

P_{gi} = Potencia Generada del Alternador i

P_d = Potencia de Demanda.

Como la potencia de la red es variable, la única forma de solucionar esto, es con un computador cuya función sea generar en cada momento para cualquier diagrama de carga y para cualquier máquinas conectadas a la red, el Costo mínimo del Kwh.

3.-Un estudio complementario al presente trabajo, es el de las Redes de Distribución, que son muy viejas, y tienen demasiada caída de tensión, se hace necesario elevar la tensión actual de 4.8 KV a 10 KV; el estudio de las redes daría con exactitud cuando se invierte en mantenimiento y en operación actualmente, pudiendo determinar globalmente el Costo del Kwh generado.

4.-Una mejoría de hallar los costos prohibitivos, o costos por paradas, es cuantificar las fallas por salida de cables a la ciudad, sabiendo que potencia se desconecta y el tiempo de salida del servicio de los mismos.

M A T E R I A L B I B L I O G R A F I C O

- 1.- QUALITY CONTROL AND RELIABILITY NORBERT L. ENRICK.
- 2.- MOTORES DIESEL Y DE GAS DE ALTA COMPRESION EDGARD J/KATES
- 3.- MANTENIBILIDAD COMO UN PARAMETRO DE LA EFECTIVIDAD DE SISTEMAS Ing. MIGUEL GARFIAS RIVAS.
- 4.- APUNTES DE CLASE Ing. MIGUEL GARFIAS RIVAS
- 5.- APUNTES DE CLASE Ing. ROBERTO HEREDIA ZAVALA
- 6.- CATALOGOS DE LOS DIVERSOS FABRICANTES : MAN, GMT, S.W.D. y MIRRLEES.
- 7.- ELEMENTOS DE COSTOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS PRINCIPALES DE CENTRALES TERMOELECTRICAS CONVENCIONALES Ino. AMADEO CARRILLO VILLENA.

& & & & & & & & &