

1096

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**PROYECTO PARA SATISFACER LAS DEMANDAS  
FUTURAS DE ENERGIA ELECTRICA EN  
LA ZONA SUR DE PEMEX**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico

Electricista

presenta:

*Roberto Rodríguez Ramos*

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO PARA SATISFACER LAS DEMANDAS  
FUTURAS DE ENERGIA ELECTRICA EN  
LA ZONA SUR DE PEMEX

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

Ingeniero Mecanico

Electricista

presenta:

*Roberto Rodriguez Ramos*

*A mis padres con cariño*  
*Sr. Agustín Rodríguez M.*  
*Sra. Concepción Ramos de R.*

*A mi esposa*  
*A mis hijos*

*A mis tíos*  
*Sr. José de La Luz Ramos*  
*Sra. Consuelo Ue de R.*

*A la Sociedad*  
*eternamente agradecido*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Dirección  
Núm. 73-7787  
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Roberto RODRÍGUEZ RAMOS.  
P r e s e n t e

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Carlos Molina Palomas, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero MECANICO ELECTRICISTA.

"PROYECTO PARA SATISFACER LAS DEMANDAS FUTURAS DE ENERGIA  
ELECTRICA EN LA ZONA SUR DE PEMEX.

Teniendo en cuenta de que la generación de energía eléctrica por las plantas de Pemex, será insuficiente para cubrir las demandas futuras (en un plazo no mayor de 10 años), nace la necesidad de efectuar un estudio económico para la solución más adecuada considerando:

PRIMERO.- Consideraciones Generales.

SEGUNDO.- Suministro de energía eléctrica por la Comisión Federal de Electricidad.

TERCERO.- Instalación de nuevas plantas por Pemex.

CUARTO.- Estudio del empleo de ambas alternativas en conjunto."

Después de haber leído con atención y en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F., a 2 de diciembre de 1966

EL DIRECTOR

  
Ing. Manuel Paulín Ortiz

# I N D I C E

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

- A.- Plantas en operación y líneas de Transmisión
- B.- Interconexión con la C. F. E.
- C.- Demanda Máxima actual

## CAPITULO II

Condiciones futuras que prevalecerán en la Zona Pozos en producción y electrificación.

- A.- Demanda máxima futura
- B.- Demanda en el complejo pajaritos y canales de carga.
- C.- Condiciones de las plantas

## CAPITULO III

Alternativas para la solución de las demandas futuras.

- A.- Concepto que intervienen en el proyecto y cálculo de las caídas de voltaje actualmente.
- B.- Instalación de un generador por Pemex

## INDICE

-2-

- C.- Tender una línea de transmisión alimentado por la C. F. E.
- D.- Cálculo de las características principales de la línea en forma general

## CAPITULO IV

Suministro de energía por la C. F. E.

- A. Turbinas.- Brown Boveri .
- B. Sistema Oriente e Interconexión con la planta H de Mal Paso.

## CAPITULO V

Justificación económico y

CONCLUSION

## INTRODUCCION

Los principales aspectos que presenta nuestro País en todas las ramas de la Industria es el de una situación precaria y difícil para una enorme masa de nuestro Pueblo, pero en constante desarrollo ya que evoluciona a grandes pasos, por lo que en un futuro no muy lejano, será la de una Nación, con una de las Industrias mayor definidas, pues cuenta con las riquezas naturales suficientes y una situación geográfica que la favorece.

El grado de adelanto de los pueblos se encuentra ligado al del consumo de la energía eléctrica. Mereciendo especial atención, por este motivo la producción de este fluido eléctrico así como su proyecto y realización para no crear situaciones embarazosas que repercutan en el adelanto de nuestro País.

La necesidad de hacer futuras ampliaciones a los sistemas en operación o ya sea modificarlos, es un hecho que va unido a la evolución cultural de los pueblos, cubriendo las demandas que prevalecen según la época y el lugar.

La Empresa de Petróleos Mexicanos en su zona sur ( parte Sur del estado de Veracruz y Norte del estado de Tabasco) tiene plantas de generación y sistemas de transmisión que datan la mayor parte desde hace varios años instaladas. Por cuyo motivo su servicio y eficiencia han ido disminuyendo a medida que las demandas de energía han ido aumentando.

Dicho sistema opera en forma de anillo y para satisfacer las demandas futuras que se presentarán, basándose en las estadísticas de producción de la Industria, es necesario hacerle ampliaciones, principalmente en las fuentes productoras de energía, ya que según el ritmo de desarrollo, serán insuficientes para hacer frente a las demandas anteriormente citadas.

Por lo que habiendo analizado detenidamente el problema, el siguiente Proyecto tiene como finalidad darle la solución más acertada que a mi criterio estimo conveniente, para la mejor operación y rendimiento del equipo instalado. Teniendo como primer objetivo y meta la mayor seguridad posible en el servicio eléctrico que alimenta a las instalaciones petroleras, en los Distritos antes mencionados y a fin de establecer una correcta relación entre los dos factores; generación y demanda.

Agradeciéndotes su colaboración a las personas que con sus criterios y datos contribuyeron a la realización de este trabajo, esperando que las personas que se dignen a leerlo disculpen los errores que se hayan cometido.

CAPITULO IGENERALIDADES

Creado por Decreto Presidencial el 18 de Marzo de 1938, la industria Petrolera pertenece al tipo de Empresas Descentralizadas, las cuales tienen la característica de hacer uso de bienes Nacionales, sin tener ingerencia -- el Gobierno Federal en su administración.

Para la administración de la Empresa se dividen las explotaciones de acuerdo con su situación Geográfica en "Zonas", las cuales son:

- a) Zona Norte
- b) Zona Centro
- c) Zona Sur
- d) Zona Noroeste

La Zona SUR, comprende: Departamentos Técnicos y Administrativos de la misma, Distritos de explotación y exploración, Refinerías e Instalaciones varias, localizadas en los Estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y -- Sur del estado de Veracruz.

Para la administración interna de estas zonas, se dividen en: -- Distritos de explotación y a su vez éstos en campos petroleros. En la Zona SUR, se encuentran los Distritos:

- 1.- Distrito de Agua Dulce
- 2.- Distrito de el Plan

- 3.- Distrito de Nanchital
- 4.- Refinería de Minatitlán

Se encuentran unidos por medio de un sistema de distribución de energía eléctrica en forma de anillo que opera a un voltaje de 33 Kv, a excepción de Minatitlán, propiedad de PEMEX, siendo la red principal de alimentación para la operación del variado equipo instalado, para la obtención del -- aceite crudo y sus derivados en las distintas partes de esta Zona.

Este sistema se encuentra alimentado por plantas situadas en los Distritos antes mencionados, produciendo la actual capacidad instalada y con la que cuenta todo el equipo de Petróleos, operando en paralelo y recientemente unido al sistema Oriente de la C. F. E. formado de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas, algunas de nueva creación como las Plantas de "PAJARITOS", que son dos unidades que operan con gas, implantadas en las cercanías del Distrito de Nanchital, en el complejo petroquímico.

Analizando la red, es fácil llegar a la conclusión que su proyecto, no fué planeado en la forma que presenta, sino en las exigencias del medio fueron determinando diversas modificaciones hasta presentar la disposición actual.

Los aspectos más sobresalientes, para tal afirmación son: El cambio reciente de la línea de transmisión para hacer uniforme el calibre del conductor ya que las discrepancias de secciones como las que tenían los conducto-

res de diferente calibre dan origen a diferentes tensiones en las uniones, originando corrientes parásitas circulantes modificación de algunas subestaciones, ampliada con nuevos transformadores como la del campo de "5 Presidentes", - instalados pero no operando. Y la falta de una adecuada protección direccional.

El problema de asegurar el suministro de energía eléctrica va - adquiriendo una acentuada importancia, en vista del creciente consumo del -- flujo eléctrico para fines industriales, comerciales y domésticos en la zona.

a) Plantas generadoras y Equipo actualmente instalado.

Las características de las plantas que suministran la energía -- eléctrica a los diferentes Distritos con sus campos, están integrados de la si-- guiente forma:

Planta Eléctrica de la Refinería de Minatitlán, Ver., que cuen--  
ta con:

3 Turbinas de vapor marca "WORTHINGTON"  
3 Alternadores marca "WORTHINGTON"

Tipo de generador polos lisos	
Capacidad en c/u	3750 KVA
Tensión	4160 Volts.
Fases	3
R. P. M.	3600
C. P. S.	60

F. P. 0.8

- 4 Turbinas de gas marca "WESTHINGHOUSE"
- 4 Alternadores marca "WESTHINGHOUSE"

Tipo de generador polos lisos  
 Capacidad en c/u 6250 KVA  
 Fases 3  
 R. P. M. 3600  
 C. P. S. 60  
 F. P. 0.8

Capacidad Total  
 Instalada 36250 KVA.

Planta Eléctrica en el Distrito de AGUA DULCE. En este Distrito que comprende la delegación de la venta, se encuentra implantada una unidad con las características:

- 1 Turbina de gas marca "BROWN BOVERI"
- 1 Alternador marca "BROWN BOVERI"
- 1 Generador polos lisos

Capacidad 8000 KVA  
 Tensión 13800 Volts  
 Fases 3  
 R. P. M. 3600  
 C. P. S. 60  
 F. P. 0.8

Planta Eléctrica de Nanchital, Nanchital, Ver.

**MAQUINAS MOTRICES:**

No. de Máquinas 4  
 Marca "FAIRBANKS MORSE"  
 Modelo 31-A-81-ZD  
 Capacidad 520 H. P.  
 R. P. M. 514  
 Tipo Diesel - gas  
 No. de cilindros 8 en línea

## ALTERNADORES:

No. de Alternadores	4
Marca	"FAIRBANKS MORSE"
Capacidad	450 KVA
Tensión	2400 Volts
No. de fases	3
R. P. M.	514
C. P. S.	60
F. P.	0.8
Tipo de alternador polos salientes	
Capacidad instalada	1800 KVA.

## EQUIPO AUXILIAR DE LA PLANTA

Tableros de control  
 Sala acumuladores  
 Bombas de circulación de agua  
 Bombas de combustible  
 Bombas de lubricantes

Torres de enfriamiento y  
 Compresoras de aire

Planta Eléctrica en el Distrito El Plan, Ver.  
 que cuenta con lo siguiente:

## MAQUINAS MOTRICES:

No. de Máquinas motrices	5
Marca	"COOPER BASSEMER"
Capacidad	773 H. P.
R. P. M.	600
Tipo	Diesel-gas
No. de cilindros	8 en línea

## ALTERNADORES:

No. de Alternadores	5
Marca	"WESTHINGHOUSE"
Capacidad	675 KVA.
Tensión	2400 Volts
Fases	3
R. P. M.	600

C. P. S.	60
F. P.	0.8
Tipo de Alternador polos salientes	
Capacidad instalada 3375 KVA	

La interconexión de estas plantas con el anillo de 33 KV que operan en esta Zona, se efectúa en la siguiente forma:

#### PLANTA ELECTRICA DE LA REFINERIA DE MINATITLÁN

Esta Planta es la de mayor capacidad instalada, pero la mayor parte de la potencia es consumida actualmente dentro de la misma Refinería y algunas veces solicita de 1000 a 2000 kilovatios del sistema al sistema de 33 - KV, queda unida a través de una subestación, que se compone de dos transformadores cuyas características son: 5000 KVA, en c/u con la relación de transformación, 66000/34500 Volts., y la protección necesaria, este banco de transformadores se encuentra alimentado por una línea de transmisión que cubre una longitud de 19.00 Kms. aproximadamente, siendo el calibre de esta línea trifásica de 2/0 que sale de la subestación de Santa Alejandrina de un banco de transformadores con las características: Potencia 5000 KVA., en c/u con una relación de transformación de 4160/66000 Volts. conexión Delta-Estrella.

Esta subestación se encuentra en el Municipio de Minatitlán, unida a la mufa de distribución por medio de 6 conductores cuyo calibre es de 1000 M. C. M. A. W. G. cubriendo una longitud de la subestación a los ta-

bleros de distribución de 127 metros, quedando así unido al sistema.

Esta Planta originalmente operaba independiente, pero a medida que la demanda de los diferentes distritos aumentaba fué necesario interconectarla, con las que operaban en aquél tiempo, que eran las de Nanchital, Agua Dulce y el Plan por medio de subestaciones.

El Distrito de Agua Dulce contaba con dos plantas generadoras de 125 KVA., c/u en 600 Volts., accionadas por vapor, las cuales eran insuficientes para la demanda de energía del Distrito y debido a los estudios que se efectuaron en los pozos petroleros se llegó a la conclusión de que el consumo sería considerable por lo que se optó por tender una línea de transmisión Agua Dulce-Nanchital, que cubrió provisionalmente la demanda, que se originó como consecuencia de la electrificación de los pozos. Y al establecimiento de nuevos talleres, así como un aumento considerable en las zonas residenciales.

#### PLANTA ELECTRICA DE LA VENTA TABASCO (DISTRITO DE AGUA DULCE, VER.)

Esta Planta se compone de una unidad Tubo-alternador, con capacidad para 6000 KVA, y le sigue a la de Minatitlán, en potencia, de diseño Suizo, accionado por gas natural como combustible, recientemente instalado en comparación con las demás Plantas del Sistema.

En este Distrito como se verá posteriormente, se encuentra la mayor demanda del sistema y es de las zonas petroleras de mayor importancia, ya que la producción continúa en constante desarrollo, además en esta parte se encuentra la Planta de absorción que es de vital importancia, pues el petróleo crudo de los campos es sometido a un primer tratamiento que consiste en extraerle las sales que tiene disueltas, conociéndose este proceso con el nombre de desalado.

Esta Planta de absorción así como los campos emplean casi en su totalidad equipo eléctrico, habiendo también motores de combustión, que algunos se emplean como equipo auxiliar, para casos de emergencia, cuando la energía eléctrica falta.

La Planta de absorción se alimenta a través de dos subestaciones principales de 13800/2400 con capacidad de 5000 KVA c/u, formado por 4 Transformadores de 2500 KVA c/u, y subestaciones secundarias de 2400/480 Volts, de diferente capacidad y subestaciones de alambrado.

Anexo al edificio de máquinas (Turbo-alternador), se tiene la sala de tableros eléctricos formado por un tablero de 13800 Volts, con 10 gabinetes, y 2 tableros de 2400 Volts, de 12 y 15 gabinetes respectivamente, además un gabinete anexo al de 13800 Volts, donde se encuentran los conmutadores a control remoto de los campos.

La turbina tiene una serie de dispositivos de seguridad que la protegen casi en su totalidad contra daños graves, protección por sobre velocidad, por exceso de temperatura, falta de presión en la lubricación, etc.

La Planta esta interconectada al sistema de 33 KV , a través - de un transformador con capacidad para 7500 KVA, conexión delta-estrella , relación de transformación 13.8/34.5 KV

La conexión del generador con las barras de distribución de --- 13.8 KV se efectúa a través de un interruptor con las características siguientes:

Marca	"GENERAL ELECTRIC"
Magne	Blast
Tipo	A M 13.8 - 500 - 3
Modelo	635 1363 H A P T
Bobina de cierre	6 3 7 5 5 2 1
Diseñado para	1500 Volts como máximo
Corriente máxima	25000 amperes
Capacidad interior	5000 M V A
Serie No.	1 3 7 A 3 5 7 3 8

La interconexión con el sistema de 33 KW, se llevará a cabo a través de una subestación compuesta de un transformador con las características siguientes:

Marca	"ALLIS CHALMERS"
Conexión	estrella - delta
Serie	3419
Peso total	23700 Kg. aprox.
Clase	O A
Relación de transformación	13.8/29/31/33/335
Capacidad	7500 KVA

El interruptor en la línea de 33 KV, es operado a control remoto por medio de un conmutador colocado en el panel adyacente a los tableros de 13.80 KV, estando en este mismo, los que se utilizan para operar a los interruptores que alimentan los diversos capos de este Distrito.

#### EQUIPO AUXILIAR DE LA PLANTA: PROTECCION

El alternador trifásico conectado en estrella tiene la siguiente protección:

Protección diferencial compuesta por 3 relevadores:

Modelo	12CFP12
Tipo	C F D
Amperes	5
Target-Holdegcoil	0.2 amp.
Corriente mínima-diferencial	PV 0.2 amp.
Instructivo	G E H - 2022

3 Relevadores de sobrecorriente con voltaje restringido

Modelo	121JCV61HA
Tipo	1 J C V
Voltaje	115 Volts
Rango de operación	1-4 amp.
Instructivo	G E H - 2029

1 Relevador de frecuencia

Modelo	121JF5162A
Volts	115
Cierre izquierdo	57 ciclos

Cierre derecho	
Tipo	I J F
P.V.	1 0 2 8

## I Relevador de potencia

Modelo	121CW51A3A
Tipo	E C W
Volts	1 2 0
Rango de operación	50/200
Instructivo	GEH-1784

## I Relevador de potencia

Modelo	121 CWS1A5A
Volts.	120
Amperes	5
Rango de operación	200/800
Instructivo	GEH-1784

El tablero de 13.8 Kvolts, y el generador se encuentran conectados a tierra a través de un transformador que viene a ser el neutro del sistema con las características de placa:

Marca	"GENERAL ELECTRIC"
Tipo	O A - T

Capacidad de corriente 1200 amperes al neutro por 10 segundos con 125° de elevación de temperatura impedancia aproximada a 75°C, --- 4,515 ohmios entre cada línea y neutro.

Nivel básico de impulso onda normal 95 KV, conexión zig zag

El interruptor de interconexión tiene los datos de placa.

Marca	"GENERAL ELECTRIC"
Serie	137A3573-7

Con los siguientes relevadores:

2 Relevadores de sobrecorriente G H G C.

Modelo	121 AC53BGA
Tipo	1 A C
Tiempo inverso	4 - 16 amperes
Instructivo	G E H - 1788
Unidad instantánea	20 - 18 amperes

2 Relevadores de sobrecorriente GD - GB

Modelo	121 AC51 A 3 A
Tiempo inverso	0.5 - 2 amperes
Instructivo	G E H - 1753
Unidad instantánea	amperes

Los Relevadores que se encuentran instalados para hacer operar al Interruptor de interconexión con el transformador de potencia de 7500 KVA, por el lado de bajo voltaje son:

Un Relevador de potencia que sirve de protección contra máximas demandas al sistema de 33 KV.

Marca	"GENERAL ELECTRIC"
Modelo	121 CW 5 1 A 2 A
Volts	120
Amperes	5
Rango de operación	25/100
Tipo	J C W
Instructivo	G E H - 1784

## 2 Relevadores de sobrecorriente

Marca	"GENERAL ELECTRIC"
Modelo	121 AC 53 B 4 A
Tipo	J A C
Tiempo inverso	4 - 16 amperes
Instructivo	G E H - 1788
Unidad instantánea	2u - 80 amperes

El tablero de 13 - 8 KV, tienen protección de impulsos, dispositivos formados por apartarrayos conectados en paralelos con capacitores y en serie con fusibles.

## PLANTA ELECTRICA DE EL "PLAN", VER.

La capacidad instalada de esta Planta es de 3375 KVA, pero las unidades trabajan solamente en ocasiones, estando la mayor parte del tiempo paradas, debido a que son máquinas obsoletas y no constituyen una garantía en su servicio, operando en casos de emergencia, pudiendo entregar como máximo el 40 % de la capacidad instalada, además de que también el equipo en general, lleva varios años funcionando y presente deficiencias, lo cual dificulta la buena operación, estando las mayores dificultades en las máquinas motrices, pues frecuentemente son desmanteladas para cambios de pistores, anillos, camisas, etc. Cuyas refacciones tardan demasiado normalmente, estando por lo general inactivas, en estos últimos años, resultando antieconómico la generación de energía eléctrica.

La interconexión de esta planta con el sistema en estudio se

efectúa a través de un banco de transformadores monofásicos con las características:

3 Transformadores $\phi$	
Capacidad	500 KVA c/u
Transformación	2400/34500
Conexión	Delta - estrella
Con neutro a tierra	

Este banco de transformadores se encuentra unido a los tableros de la planta por medio de 2 cables armados trifásicos de calibre 1/0 AWG.

#### EQUIPO AUXILIAR DE LA PLANTA

El interruptor por la parte de alta tensión (33 KV), tiene las características:

Tipo	GO-2A
Servicio intemperie en aceite	
Capacidad interruptiva	500 M V A
Amperes	600
Tensión de operación	34.5 KV
Mecanismo de operación	Automático

El interruptor en el lado de baja tensión tiene los siguientes datos:

Tipo	F - 100
Marca	" I E M "
Tensión	75 K V
Corriente	600 amperes
Corriente de interrupción	8000 amperes a 7.2 KV

Las barras de la subestación son de tubo de cobre de 1"  $\phi$  x --

3/16" para el lado de alta tensión y solera de cobre de 2" x 3/8" de espesor por 12 metros de longitud para el lado de baja tensión.

### PLANTA ELECTRICA DE NANCHITAL, VER.

Normalmente esta planta opera como máximo con 3 generadores, por lo que su potencia instalada ha disminuído considerablemente, presentando problemas en los interruptores, máquinas motrices, torres de enfriamiento y demás equipo auxiliar, condiciones desfavorables para una buena operación del sistema, esta Planta resulta ser:

- a) La de menor capacidad instalada
- b) Generación mínima
- c) Operación deficiente
- d) Altos costos de operación y mantenimiento

Queda interconectada al sistema de 33 KV, por medio del siguiente equipo eléctrico.

Un banco de Transformadores con las características siguientes:

3 Transformadores monofásicos.  
 Capacidad 500 KVA c/u  
 Relación de transformación 2400/34500 Volts.  
 Conexión Delta - estrella  
 Con neutro a tierra

### EQUIPO AUXILIAR DE LA PLANTA

El Interruptor que sirve de enlace con la línea de 33 KV, tiene las características:

Marca	"IEM"
Capacidad	500 MVA c/u
Amperes normales	600
Tensión de operación	34.5 KV

Cuchillas desconectoras de operación con garrucha para --  
1200 amperes 7.5 KV

El banco de Transformadores monofásico, alimentados por dos -- cables armados trifásicos, de cobre calibre # 2 A W G, cubriendo una longitud de 40 M de los tableros de distribución a la subestación.

Además de esta subestación existe otra, alimentada del tablero de la Planta, compuesta de:

1 Transformador trifásico

Tipo	H T
Capacidad	500 KVA
Relación de transformación	24/13.2 KV
Conexión	Delta - estrella

Esta subestación alimenta al campo petrolero "De Rabón" grandes oficinas y colonias de empleados de petróleos mexicanos en Coatzacoalcos, Ver.

3 Relevadores de sobrecorriente

Marca	"IEM"
-------	-------

T. C.	7 5/5 amperes
Protección	
Tipo	I. A. C.
Modelo	1 2 1 A C S 1 A 1 A

Protección en los interruptores del tablero y subestación de --  
2400/34000 Volts y de 2400/13800 Volts.

En un principio se operó independiente, pero debido a que la energía eléctrica fué incrementándose, se hizo necesario interconectarla, primero con "EL PLAN", por medio de una línea de transmisión trifásica calibre 2/ A W G, y posteriormente con la Planta de la Refinería de Minatitlán, -- después de haberse tendido una línea de transmisión "Nanchital-Agua Dulce", Ver., resolviendo el problema de este Distrito, ya que solamente contaba con 2 Plantas generadores, como se mencionó anteriormente, accionadas por vapor, las cuales eran insuficientes para cubrir las demandas, actualmente se encuentran fuera de operación.

La figura No. 1 muestra el diagrama unifilar del sistema según la disposición que tiene actualmente incluyendo la Planta de la Comisión Federal de Electricidad.

#### LINEAS DE TRANSMISION

La interconexión de las Plantas se establece en la subestación de "Los Cocos", mediante un cuadro seccionado, a base de interruptores, ope





rados a control remoto, desde el cuadro de distribución de la Planta de Nanchital.

1.- De la subestación elevadora de Santa Alejandrina, en Minatitlán parte una línea trifásica Calibre # 2/0 con un voltaje de 66 KV, Copper-Weld, cubriendo una extensión de 19 Km aproximadamente, hasta la subestación de enlace, situada en el lugar conocido con el nombre de "Los Cocos", donde alimenta a un banco de 2 Transformadores trifásicos, con las características 66/34 KV, capacidad 5000 KVA, en c/u, conexión Estrella-Delta.

2.- De la subestación elevadora de la venta 13.8/34 KV, parte una línea trifásica calibre 1/0 A W G, hasta la subestación de "Agua Dulce", que tienen las mismas características a las instaladas en "El Plan" y Nanchital, Ver. cubriendo una longitud aproximada de 12496 M, unida esto último al cuadro de enlace o subestación de enlace de "Los Cocos", a través de una línea trifásica calibre 1/0 A W G, con una extensión aproximada de 29.225 M

3.- De la subestación elevadora de "El Plan", parte una línea trifásica calibre 2 1/2, de transmisión a 33 KV, hasta "Los Cocos", teniendo una extensión de 36,753M.

4.- La línea de transmisión que une a la Planta de "El Plan" Ver., con la Planta de "La Venta" Tabasco, tiene una extensión aproximadamente de 30.731 M, calibre 1/0 A W G, a 34 KV.

5.- De la subestación elevadora de Nanchital, Ver., parte una línea de transmisión calibre # 4 A W G , con una extensión aproximada de 5.716 M a un voltaje de 33 Kv.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las líneas de transmisión del sistema en operación actual.

Tramo	Calibre	Material	Distancia	Longitud
Minatitlán- "Cocos"	#2/0 F	Copper-Weid	19	Km.
"Venta" - "Agua Dulce"	#1/0 AWG	Cobre	12.496	Km.
"Agua Dulce" "Cocos"	#1/0 AWG	Cobre	29.225	Km.
"Plan" - "Cocos"	#1/0 AWG	Cobre	36.753	Km.
"Plan"- "Venta"	#1/0 AWG	Cobre	30.731	Km.
Nanchital- "Cocos"	#4/0 AWG	Cobre	5.716	Km.

B).- Enlace del Sistema PEMEX, con el Sistema Oriente de la -  
Comisión Federal.

En las cercanías de el Distrito de Nanchital, a varios kilóme-

tros de Coatzacoalcos, Ver., se encuentra la construcción del complejo Petroquímico, de "Pajaritos", Ver., del que se hablará mas adelante, en este lugar se encuentra, la Planta Eléctrica de "Pajaritos", que pertenece al sistema oriental de la Comisión Federal de Electricidad, cuyas Plantas principales son las hidroeléctricas de Temascal, y Chilapan, con una capacidad instalada de 154 MW y de 26 MW, respectivamente estas Plantas están conectadas a la Planta de "Pajaritos" por medio de una subestación provisional de 20000 KVA, y a la Refinería de Minatitlán, a través de una subestación de 5000 KVA.

Dicha Planta de "Pajaritos" cuenta con 2 unidades, con capacidad de 14000 KW, c/u tensión 13.8 KV, en los bordes del generador, ligado al sistema PEMEX, a través de una subestación compuesta de 2 transformadores, de capacidad 6250 KVA, c/u según se verá posteriormente la generación de esta Planta la absorberá las instalaciones del complejo industrial.

La figura No. 2 muestra las características de las líneas de transmisión del Sistema eléctrico interconectado, así como la conexión de la Planta de "Pajaritos" de la Comisión Federal de Electricidad.

### C).- CAPACIDAD INSTALADA Y DEMANDA ACTUAL

El anillo que opera a 33 KV, abastece de energía a los diferentes campos de explotación, teniendo una longitud aproximada incluyendo campos de 200 Km, este anillo se cierra en la subestación de "Los Cocos",

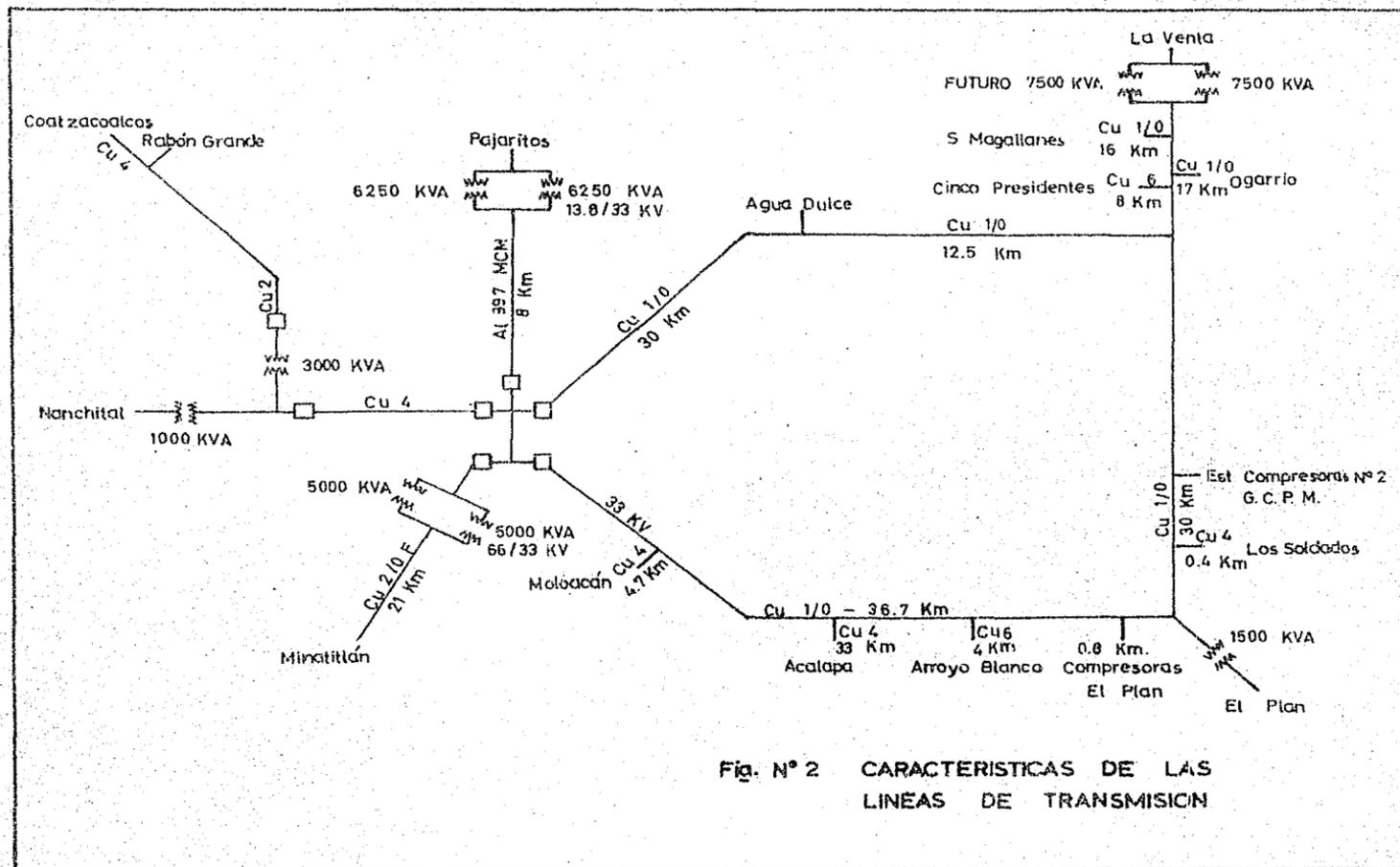


Fig. N° 2 CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION

operados como ya se anotó, a control remoto desde la Planta eléctrica de Nanchital, Ver, partiendo de ésta subestación los enlaces a:

- 1.- Minatitlán a 66000 Volts
- 2.- Nanchital a 33000 Volts, y de aquí a 13800 Volts, a Coatzacoalcos y "Rabón Grande"
- 3.- "Pajaritos" a 33000 Volts , C. F. E.

A continuación se expone un cuadro de la capacidad instalada en los Distritos con sus campos respectivos, así como las demandas máximas -- que se han presentado en cada uno de ellos según hoja de reportes.

Analizando cada uno de los Distritos tenemos las siguientes:

#### EN EL DISTRITO DE "AGUA DULCE"

DESCRIPCION	DEMANDA MAXIMA
	KW
Ogarrio Estación	
2 Bombas pacific 300 H. P.	248
2 Bombas F. M. 2 H. P.	3
2 Bombas de agua 75 H. P.	120
1 Transformador alumbrado de 150 KVA.	5
Estación de Compresoras 75 KVA	30
	406

<u>DESCRIPCION</u>	<u>DEMANDA MAXIMA</u> <u>K W.</u>
--------------------	--------------------------------------

Sánchez Magallanes  
Estación # 1

2 Bombas pacific	300 H. P.	166
2 Bombas F. M.	3 H. P.	2.5

Estación # 2

3 Bombas F. M.	25 H. P.	41.5
2 Bombas F. M.	3 H. P.	2.5

Estación Compresoras

2 Transformadores 30 KVA		25.0
2 Pozos de agua A. y A <sub>2</sub> 75 KVA.		125

TOTAL	362.5
-------	-------

5 Presidentes  
Estación # 1

2 Bombas	300 H. P.	250.0
3 Bombas F. M.	14 H. P.	25
Pozos de agua No. 1 y 2	75 y 30 KVA.	87
Estación Compresoras		19

TOTAL	381.0
-------	-------

"La Venta"  
Batería Norte

2 Bombas	75 H. P.	62
2 Bombas	3 H. P.	2.5
2 Transformadores de alumbrado de	15 KVA.	9
2 Pozos de agua	75 KVA.	136
Poblado de la venta		210

Batería Sur

<u>DESCRIPCION</u>		<u>DEMANDA MAXIMA</u> <u>K W.</u>
2 Bombas	75 H. P.	62.5
2 Bombas	3 H. P.	2.5
Planta de absorción		4300
Tonalá		
Estación Tonalá		
2 Bombas	60 H. P.	49
2 Bombas	2 H. P.	2
"Agua Dulce"		
Incluyendo zona industrial Colonias, Pemex, el burro y parte de Tonalá		925
"Agua Dulce" poblado		936
Estación # 2 de		
TOTAL		<u>7925.5 KW.</u>
Demanda máxima en el Distrito =		7925.5
Capacidad instalada generada =		6000 KW

Para el Distrito de Nanchital se tiene las siguientes capacidades instaladas y demanda máxima en sus campos y poblado.

<u>DESCRIPCION</u>	<u>DEMANDA MAXIMA</u> <u>K W</u>
Poblado Nanchital	450

<u>DESCRIPCION</u>	<u>DEMANDA MAXIMA K W</u>
Ixhuatlán No. 1	90
Ixhuatlán No. 2	25
Palmitota 2 bombas de 50 H. P.	40
Nueva Teapa	40
Moloacan	90
	<hr/>
TOTAL:	770

Demanda máxima en el Distrito	770 K W
Capacidad instalada	1800 K V A
Capacidad útil	800 K W

EN EL DISTRITO " EL PLAN" VER.

Poblado de las Choapas y campos	1600
Compresoras	450
Campos Ocalapa y Cuichapa	136
Cuichapa poblado	120
Arroyo blanco campo	66
Campo Agata	180
	<hr/>
TOTAL:	2717

Demanda máxima en el Distrito	2717 KW
-------------------------------	---------

Capacidad instalada	3375 K V A
Capacidad útil	1200 K W

A este mismo sistema se encuentran los alimentadores para el consumo de la Colonia "Pajaritos" Campo y "Rabón Grande", oficinas administrativas y colonia en Coatzacoalcas con una demanda máxima de 450 K W.

Resumiendo la demanda actual del sistema es de 11,862 K W aproximadamente.

## CAPITULO II

La producción petrolera como lo demuestran los datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería Petrolera, continúa en aumento, llevándose la explotación de los diferentes campos en forma breve, de la manera siguiente:

La primera etapa de producción por lo que pasan los pozos, es lo de fluyentes, ésto es que la energía propia del yacimiento es suficiente para elevar a la superficie la columna del fluido existente dentro del pozo, siendo este flujo continuo ó intermitente.

En los yacimientos petrolíferos, existen grandes cantidades de hidrocarburos, que se presentan en sus dos fases conocidas, líquida y gaseosa, de acuerdo con sus densidades, encontrándose primero, agua, posteriormente aceite y en la parte superior el gas, que es el que proporciona el medio natural de flujo, cuando se encuentra en forma libre también puede encontrarse disuelto en el mismo aceite; además del gas del aceite contiene agua, arena y material calcareo.

Para evitar todos los inconvenientes que traen consigo dichas impurezas, es necesario separar lo más pronto posible el gas del aceite, así como también purificar hasta el grado máximo ese líquido.

La separación gas - aceite, se realiza con el empleo, de aparatos denominados separadores y cuya agrupación de unidades se denomina -- "Batería de Separadores". Este proceso se realiza aprovechando las propiedades de los fluidos, con la intervención de medios mecánicos y forzando a los componentes de la mezcla a ser separados.

Los separadores son aparatos mecánicos con dispositivos especiales para la separación del gas y aceite, siendo constituidos en tanques de láminas de acero soldadas y probadas para resistir las presiones a que estarán sometidos, el aceite al ser separado del gas pasa si así se desea al tanque de prueba o directamente al deshidratador. El gas recolectado es conducido a -- una estación de compresores.

### ESTACION DE COMPRESORES

El gas conducido a esta estación, es comprimido a una presión de 4 a 6 kg/cm<sup>2</sup>, y enviado a una Planta de gasolina y por medio de un proceso especial se le extraen los hidrocarburos pesados que contenga, una parte -- es usado en el campo para usos especiales y el resto es devuelto a la estación de compresores, sección de compresores de alta presión, en donde es comprimido el gas a presiones que fluctúan entre 24 y 36 kg/cm<sup>2</sup>, y posteriormente conducidos por tuberías a los pozos en procesos de inyectado.

En algunos campos en donde se encuentra solamente con com-

presores de alta presión del gas obtenido de la batería de separadores es comprimido e inyectado a los pozos, en proceso, y el excedente es quemado.

El deshidratador como su nombre lo indica es un aparato cuya finalidad principal es la de eliminar la humedad del aceite, se efectúa para quitar la salinidad del aceite ya que la sal es soluble en el agua, principalmente concurren para esta finalidad el empleo de 3 procesos básicos que son: Calentamiento, Tratamiento químico y Gravedad. (asentamiento por diferencias de densidades); obteniéndose así el aceite relativamente seco y enviándose a los tanques de almacenamiento para su posterior bombeo al oleoducto.

Del comportamiento de un pozo se hace un estudio y al declinar su producción se investiga la causa o causas de este descenso, los cuales son generalmente el parafinamiento y asentamiento de la tubería, de producción llevándose a cabo las reparaciones y limpieza de los mismos en forma periódica y sistemática.

Cuando el aceite no tiene la suficiente energía para fluir a la superficie o sea que la presión del gas no tiene la intensidad requerida, se emplean métodos denominados artificiales para su extracción que pueden ser:

#### 1.- Pozos de inyectado

Estos constituyen la segunda etapa de la vida de un pozo petro-

lero en este tipo de pozos, la presión del gas contenido en la arena y productora ya no es suficiente para hacer que el crudo fluya por sí mismo y por lo tanto se aumenta la presión por un método artificial inyectando gas al yacimiento en cantidad y presión suficiente para que el aceite fluya hasta los separadores.

## 2.- Pozos de Bombeo

Estos constituyen la tercera etapa de la vida de un pozo petrolero en este tipo de pozos, el costo del gas inyectado en relación con el costo del aceite producido es elevado y por lo tanto desde el punto de vista económico de la Industria es más conveniente instalar una bomba de embolo de simple efecto y emplean el gas que se inyectaría al yacimiento en otros pozos o procesos.

Cuando un pozo de bombeo en su última etapa explotable se encuentra invadido 100 % de agua salada se le tapona definitivamente por incosteables, el aceite representa un porcentaje sumamente bajo con relación al volumen total extraído, ya que el resto lo ocupa el agua. Un pozo taponado por incosteable, es aquél en el cual la arena o arenas productoras, tienen o tienen derrumbes continuos.

En el sistema de bombeo mecánico las bombas empleadas accionan varillas de succión, los motores que las mueven son eléctricos siendo la

causa principal que determina la electrificación de los campos.

El ritmo acelerado en el incremento de la producción determina que el establecimiento de los centros de energía eléctrica se efectúe a la brevedad posible para evitar problemas que repercutan en la economía, y por ser una de las formas más eficientes en la obtención del producto, actualmente se realizan en todos los campos.

El consumo de energía eléctrica que se presentará en el futuro puede dividirse en 2 etapas:

1. - Necesidades Futuras Inmediatas
2. - Necesidades Futuras a Largo Plazo

## 1.- NECESIDADES FUTURAS INMEDIATAS

### DISTRITO DE " AGUA DULCE "

Ampliación de la Planta de absorción en la "Venta", Tab, -- que; recientemente quedó terminada pero no opera en forma normal por estar en período de prueba, habiéndose calculado que la capacidad instalada incrementará la demanda actual de la Planta en 1034 KW, para 1968.

La instalación del equipo en el complejo petroquímico de "Pajaritos" Ver, que se está realizando según datos de la superintendencia de -- proyectos y construcción, se tendrá una demanda máxima a fines del presente

año de 27050 KVA, y para 1969 esta demanda se incrementará a 42 175 KVA.

En "Agua Dulce" la zona industrial incluyendo oficina, aire acondicionado, y alumbrado se calcula que demandarán 130 KW.

En la colonia 15 casas, más un nuevo hospital 75 KW, en el poblado se calculan 80 KW.

En el siguiente cuadro se detallan las demandas máximas, más explícitamente en un futuro inmediato ( 2 años), según los Distritos con sus campos.

DISTRITO DE " AGUA DULCE " 67 -- 68 en KW.

Estación # 1

3 Bombas "GRIGGS & STRATTON" de 7.5 H.P.	12.5
2 Bombas " F M " de 2 H. P.	

Estación # 3

2 Bombas "BRIGGS & STRATTON" 5 H. P.	8.3
2 Bombas " F M " 1½ H. P.	2.5

Estación # 4

3 Bombas "BRIGGS & STRATTON" 5 H. P.	8.3
2 Bombas " F. M " 1½ H. P.	2.5

Sánchez Magallanes

Estación # 3

2 Bombas pacific 300 H. P.	125
2 Bombas " F M " 3 H. P.	2.8
Estación # 4	
2 Bombas " BRIGGS & STRATTON " 150 H. P.	125
2 Bombas " F M " 3 H. P.	2.5
Estación # 5	
2 Bombas 150 H. P.	125
2 Bombas " F M " 3 H. P.	2.5
Electrificación poblados Sánchez M. y Santana	250
TOTAL:	632.5

Cinco Presidentes

Estación # 2	
3 Bombas 300 H. P.	500
3 Bombas 15 H. P.	25
Estación # 3	
2 Bombas 150 H. P.	125
2 Bombas 5 H. P.	4
Estación # 5	
2 Bombas 300 H. P.	250
3 Bombas 15 H. P.	25
Cuatro Barcazos con 6 Compresoras c/u	592
TOTAL:	1,578

" La Venta "

Poblado la "venta"	20
Planta absorción	1034

## f) "Agua Dulce"

Poblado de "Agua Dulce"	300
Tonalá 60 pozos 15 H. P. c/u	420
Zona industrial en "Agua Dulce"	
Colonias Pemex, burro y parte de Tonalá	260

TOTAL DE " AGUA DULCE"	4,278.6 KW
------------------------	------------

DISTRITO DE NANCHITALINCREMENTO 67-68 en K W.a) Santa Rosa

22 Pozos bombeo 10 H. P.	183
2 Bombas 30 H. P.	83

b) <u>Poblado Nanchital</u>	100
-----------------------------	-----

c) <u>Molacón</u>	90
-------------------	----

d) Tuzandepi

Pozos de sal o instalaciones para el completo de "Pajaritós"	775
--	-----

TOTAL:	1,231
--------	-------

DISTRITO " EL PLAN "

a) Poblado y campo	200
--------------------	-----

campo	295
Los soldados Batería y pozos	335
TOTAL:	830

### COATZACOALCOS

6 Pozos de agua para el complejo de Pajaritos"	200
Vaso de almacenamiento de salmuera complejo "Pajaritos"	150
TOTAL:	350

### B) DEMANDAS FUTURAS EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL DE "PAJARITOS"

Según se quedó anotado anteriormente el consumo será según - datos de 42175 KVA a fines de 1969.

Quedando establecido el consumo en la forma que a continuación se detalla:

<u>Para 1967</u>	<u>Demanda</u>
DESCRIPCION:	K V A
1.- Etileno	500
2.- Tratamiento de agua calderas y torre de enfriamiento	2000
3.- Edificios administrativos	500

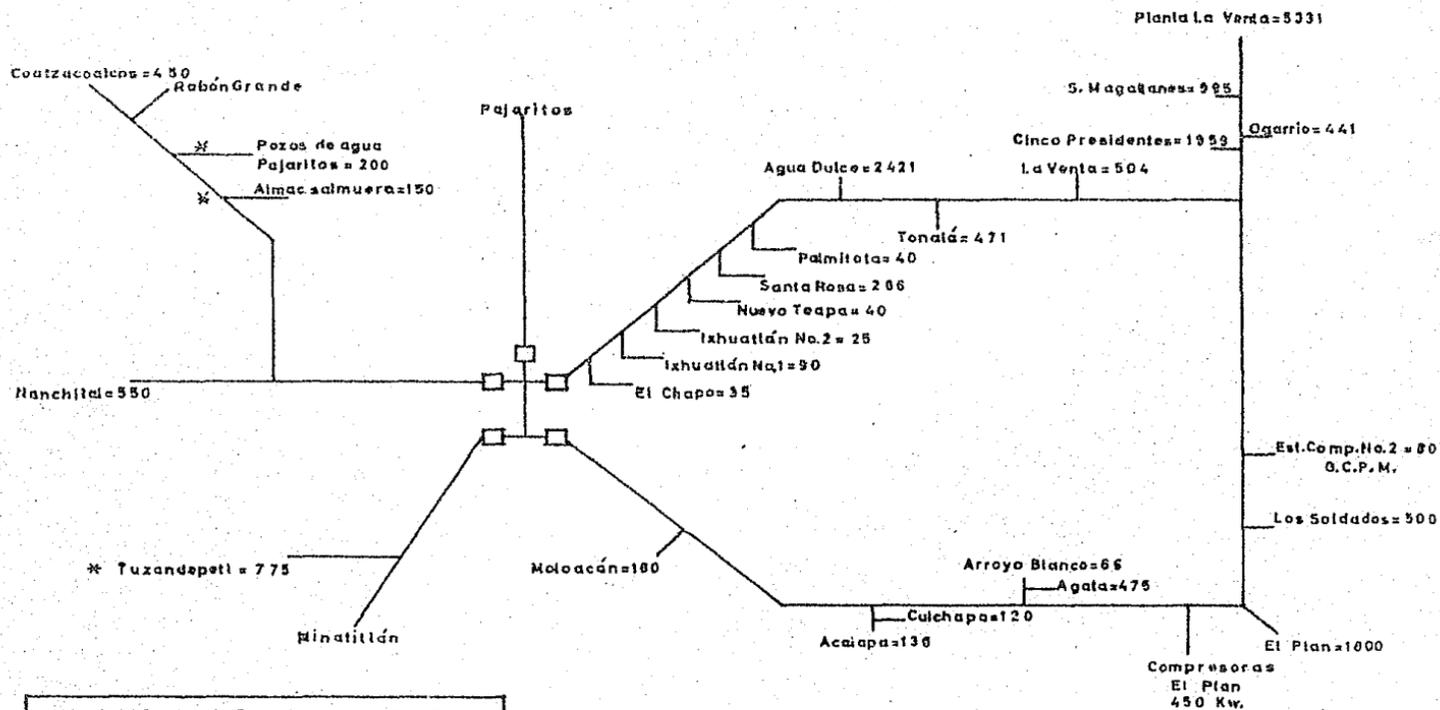
4.- Derivados clorados No. 1 y 2	2250
5.- Sales y alcalis	20600
6.- Tetraetilo de plomo	1200
TOTAL	<u>27050</u>

Para 1969	<u>Demanda</u>
DESCRIPCION	K V A
7.- Oxido de etileno	1125
8.- Acetal de hido	1000
9.- Ampliación etileno	500
10.- Fertilizantes fosfatados	12500
TOTAL	15,125

Por lo que haciendo un esquema representativo de las demandas actuales y futuras el sistema queda en la forma de la figura No. 3.

### ANALISIS DE CARGA

En el capítulo anterior se observa que la demanda es de aproximadamente 11862 KW, en todo el sistema, por lo que de acuerdo con las consideraciones anteriores y tomando a las Plantas del "Plan" Ver. y Nanchital, como subestaciones la Planta de la "Venta" como se observa según los datos anteriores no alcanza a cubrir toda la demanda de energía eléctrica y teniendo en cuenta de que regularmente trabaja con una carga media de - -



DISTRITO	AGUA DULCE	=	12,205 Kw
"	NANCHITAL	=	2,001 "
"	EL PLAN	=	3,547 "
"	COATZACOALCOS	=	800 "
T O T A L = 19,553 Kw			

Fig. No. 3 RESUMEN DE CARGAS MAXIMAS FUTURAS EN EL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO.

\* Cargas del Complejo Pajaritos Conectadas al Sistema

4300 KW, el sistema de 33 KV, cubre la diferencia que es de 7560 KW.

Como dato de generación de las Plantas eléctricas daremos -- los siguientes tomados el 22 de Agosto de 1966, a las 20 h, que muestra el -- promedio de cargas máximas que se tienen hasta la fecha.

Generación de la "Venta"	44000 KW.
Generación de "El Plan"	620 "
Generación de Nanchital	0 "
Energía entregada por "Pajaritos"	6000 "
Energía recibida de Minatitlán	1000 "
<b>TOTAL:</b>	<b>12020 KW.</b>

Se observa que se tiene un déficit de energía eléctrica para alimentar el sistema de que es proporcionado por las Plantas de la Comisión Federal.

Con el aumento de carga en un futuro inmediato como el esti pulado se ve que el 68 % de la carga del sistema interconectado se encuen -- tra en el Distrito de "Agua Dulce", por lo anterior podemos considerar como centro de carga del sistema las instalaciones en la "Venta", la propia planta de este lugar será insuficiente, para abastecer su propia carga que para el -- año de 1971, la demanda de la Planta de absorción será de 8130 KW, con la nueva Planta de absorción que se instalará.

En "Pajaritos" la generación total de la Planta la absorberá casi en su totalidad, las instalaciones del complejo industrial y cuando sea necesario sacar una unidad para mantenimiento no se dispondrá de más energía que la del sistema oriental a través del banco de transformadores de 20000 KVA.

La generación de la Planta de "Pajaritos", es de 28000 KW, con dos unidades de 14000 KW, c/u, su conexión con el sistema oriental de la comisión federal y el de 33 KW, se muestra esquemáticamente en la figura No. 4

La lista anterior del equipo que incrementará la demanda actual de energía, fueron proporcionados por las siguientes dependencias:

- Superintendencia de gas y gasolina
- Superintendencia de producción
- Superintendencia de proyectos y
- Construcción en "Pajaritos"

Se efectuarán las consideraciones siguientes:

En el caso de las poblaciones que abastece de energía eléctrica la Comisión Federal de Electricidad, se ha estimado un incremento de 6 % anual, durante un período de 5 años.

Las demandas que se enlistaron como demandas máximas, son --



cargas que actualmente se están instalando, por lo que se tomaron como las demandas futuras inmediatas ( 2 años), se espera que la mayoría de las cargas estarán demandando energía a fines del año de 1967, según datos proporcionados estas demandas no se modificarán, en un lapso de 5 años aproximadamente.

Algunas cargas del complejo "Pajaritos", estarán conectadas en el sistema que nos ocupa como son:

Las instalaciones para los pozos de sal y para la obtención de salmuera y envío de ella a "Pajaritos" conectada a la línea "Cocos-Minatitlán" a 66000 Volts, siendo el consumo probable de 775 KW.

6 pozos de agua de 70 H. P., para las Plantas petroquímicas conectados a la Línea Nanchital, Coatzacoalcos, a 13200 Volts, con un consumo aproximado de 150 KW.

Los datos proporcionados por la superintendencia de proyectos y construcción, en "Pajaritos", Ver., son valores aproximados suponiendo un 50 % de la carga instalada.

En la ampliación de la planta de absorción de 100 M. N., -- pies 3/d a 150 M. N., pies 3/d, se consideró un factor de carga de 0.6 por lo que habiendo establecido 2310 H. P. = 1723 KW, se tendrá una demanda máxima de 1034 KW, habiéndose hecho las siguientes consideraciones, basándose en el criterio de los Técnicos relacionados con las diversas fuentes de --

trabajo.

## DEMANDAS FUTURAS A LARGO PLAZO

Como demanda futura a largo plazo debe considerarse la próxima planta de absorción que quedará instalada, en el mismo Distrito de "Agua Dulce" actualmente se llevan a cabo la localización de el lugar en donde quedará siendo la capacidad que se instalará de 4800 KW, con una demanda máxima aproximada de 2800 KW, se tiene calculado que entrará a funcionar en el año de 1971.

El incremento en la electrificación de los poblados de "Agua Dulce", la "Venta", "Las Choapas" etc, que será una consecuencia debido a la ampliación de los centros de trabajo, y analizando el desarrollo en la electrificación se observa que la industria demandará el 85 % de la energía que se consumirá en el sistema.

## CONDICIONES FUTURAS DE LAS PLANTAS GENERADORAS:

Analizando los reportes de operación de la Planta de Minatitlán se observa que las unidades operan a su capacidad normal, cubriendo las necesidades internas que demandó el equipo instalado, necesitando algunas veces del sistema 33 KW de 1000 a 2000 K W.

Es lógico suponer que cuando alguna de las unidades entre al-

gún deteriora o se le da mantenimiento, disminuye la reserva activa de energía que es la capacidad de reserva necesaria para protegerse contra interrupciones inevitables, de cierta duración, la Planta trabaja a un alto factor de carga.

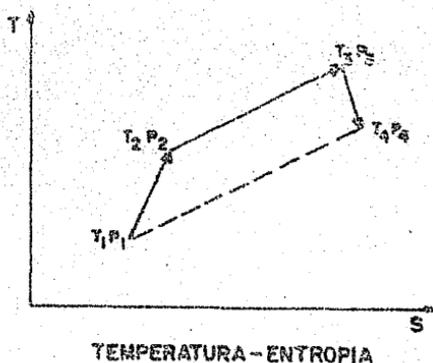
La programación y ejecución de las actividades para el mantenimiento de cada unidad, es un hecho que forzosamente tiene que efectuarse para el eficiente funcionamiento y duración del equipo, por lo que teniendo en cuenta la demanda futura y la vida útil calculado de las máquinas esta planta puede considerarse como destinada a quedar como planta de reserva, alimentándose el equipo instalado a través de una subestación reductora energizada por la línea de transmisión de malpaso que según datos de la comisión federal de electricidad operará a una tensión de 400 KV, quedando el cálculo del equipo eléctrico para efectuarse dicha reducción sujeto a las disposiciones que presentará en lo futuro las demandas del lugar.

### PLANTA " DE LA VENTA "

La Planta "De La Venta" formado por una turbina-alternador - marca "Brown Boveri", funciona con gas y trabaja a base de un ciclo simple, continuo y abierto. Como portador de calor sirve el aire que aspira de la atmósfera que comprime y se calienta a presión constante, bajo carga de servicio se expande y es expulsado a la atmósfera.

El ciclo como se encuentra descrito en el diagrama de tiempo

tura en Tropic, se compone de 3 partes y la atmósfera toma el lugar de la cuer-  
ta que cierra el ciclo.



La potencia de utilización que produce la máquina representa la diferencia entre potencia de la turbina y potencia del compresor.

Puesto que la velocidad angular en vacío y bajo carga es constante el volumen de aire activo en el proceso es prácticamente el mismo, la potencia de utilización se fija solamente a base de la temperatura antes de la turbina.

El rendimiento térmico representa la relación o el equivalente de temperatura de esta potencia de utilización con la cantidad de calor aspirado desde afuera durante un tiempo determinado en la segunda fase del ciclo.

La cantidad del portador de calor en el ciclo está fijado por la potencia máxima requerida bajo determinadas presiones y temperaturas. La temperatura máxima queda limitada por las características del material, la presión en la segunda fase será elegida de modo a obtener el factor óptimo.

Un compresor axial, multi-escalonado aspira aire de la atmósfera a través de los filtros de aire y lo comprime hasta aproximadamente 4.6 atmósferas la temperatura entonces sube hasta  $220^{\circ}\text{C}$ .

Este aire comprimido y caliente llega a la cámara de combustión parte de este aire sirve para la combustión del gas combustible traído por el quemador de gas, la mayor parte sin embargo bajo refrigeración simultánea del revestimiento interior del de la cámara es incorporada a los gases calientes de combustión y rebaja su temperatura a tal grado, que sea tolerable para la turbina (máximo  $620^{\circ}\text{C}$ ).

En una turbina multi-escalonada con aletas de reacción, los gases calientes son expandidos hasta una presión atmosférica, disminuyendo la temperatura hasta aproximadamente  $330^{\circ}\text{C}$ . De la energía ganada mediante este proceso se utilizan unos  $2/3$  para la marcha del compresor, mientras que  $1/3$  será suministrada en el generador como potencia útil.

El generador está acoplado directamente al compresor por el lado del generador todo el conjunto al motor de pueria en marcha del grupo,

este acelera al grupo hasta revoluciones síncronas de 12000 R. P. M., es parado luego mediante un relevador de potencia inversa y marcha en vacío durante el servicio la excitatriz es operada por el árbol del motor de arranque teniendo todo las máquinas que forman el grupo como consecuencia la misma velocidad de 3600 R. P. M.

El turbogenerador de "la venta" Tab. entró en operación por primera vez el 21 de Febrero de 1963, efectuándose la primera prueba con generación de energía eléctrica el 1 de marzo de este año.

La primera revisión parcial a este grupo se llevó a cabo a las 8161 horas de operación, iniciándose en Febrero de 1964.

Se programó como fecha definitiva para iniciar el mantenimiento general de la planta el 24 de Febrero de 1966, a las 0 horas, alcanzando en esa fecha un total de 25687 horas de trabajo y 91 - 161 600 KWH generados.

El total de horas trabajadas después de la última revisión es de  $25687 - 8161 = 17526$  horas.

La casa fabricante Brown Boveri, Cía., de Baden Suiza, recomendó el mantenimiento general. Al cabo de 15000 horas de trabajo desde su arranque inicial, por lo que a la fecha de iniciación de los trabajos de revisión última, se tenía un excedente de 10687.

El atraso en los programas, para llevar a cabo el mantenimiento adecuado en las fechas recomendadas por la casa fabricante se resume en los siguientes factores:

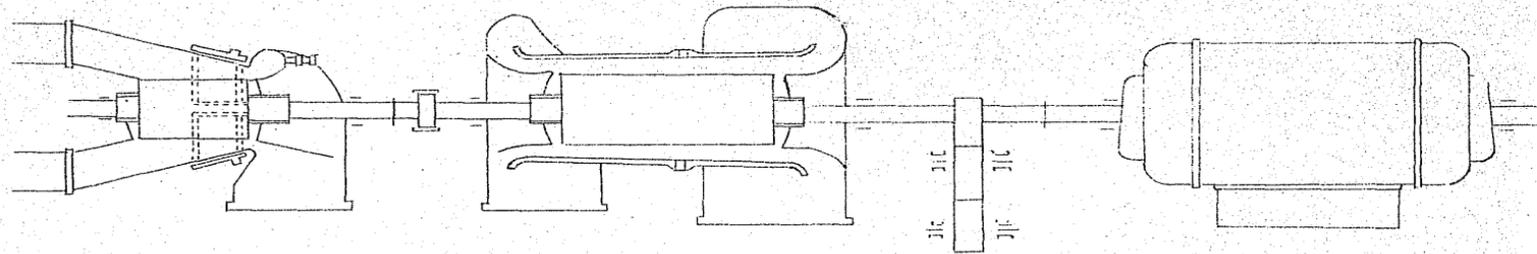
1. - La inseguridad en el sistema de 33 KVA, para garantizar y mantener el suministro continuo del fluido eléctrico a la planta de absorción y campos del distrito calculándose un promedio de 4 fallas mensuales en la línea de transmisión del sistema.

2. - La falta de refacciones, rechazos en la entrega.

La figura No. 5 nos da idea del grupo turbina de gas generador "Brown Boveri", en la "Venta" Tab. El servicio que esta Planta proporciona a los usuarios del sistema es de vital importancia, pudiendo considerarse el centro nervioso en el aspecto de la fuerza motriz para los Distritos de "Agua Dulce", el "Plan" y Nanchital.

La vida útil del equipo considerando solo depreciación física se estima de 20 años, pero debido a la mayor o menor producción el Distrito y las actuales obras de electrificación de la Comisión Federal de Electricidad, en esta zona, se acepta la depreciación funcional como factor principal, fijándose el período de 15 años para la amortización del capital invertido.

Con un valor de salvamento de un 30 % del costo inicial de equipo al final de su vida útil se tendrá.



TURBINA

COMPRESOR

REDUCTOR DE ENGRANES

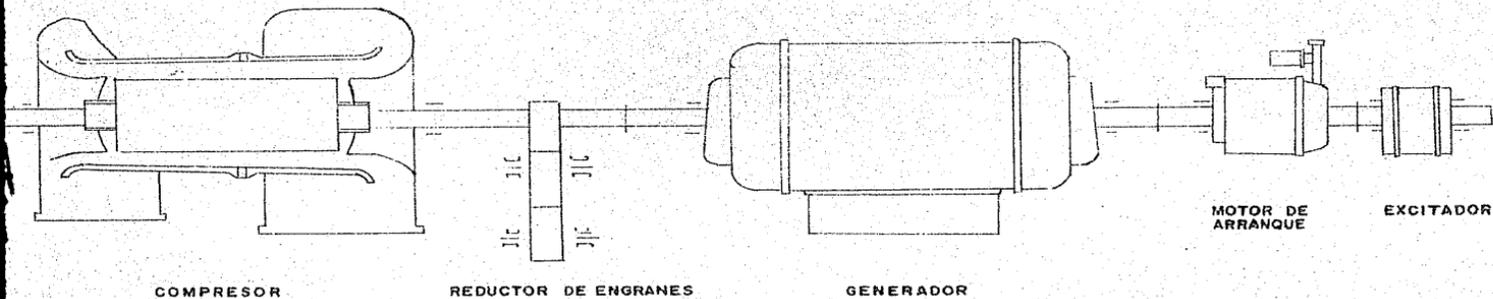
GENERADOR

FACULT.

GRU  
BRO

T E

ROBERT



FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

GRUPO TURBINA DE GAS-GENERADOR  
BROWN BOVERI, EN LA VENTA, TAB.

TESIS PROFESIONAL

ROBERTO RODRIGUEZ RAMOS      ABRIL DE 1967

Inversión total	\$ 17,941,795.25
Valor de salvamento	5,385,538.57
La anualidad para crear el fondo de depreciación será de	824,417.11

Aplicando el método de la línea recta  $A = \frac{c - s}{n}$

c.- Inversión total

s = Valor de salvamento

n = Vida probable en años

Siendo esta Planta de reciente creación según los datos citados anteriormente se determina que sus condiciones de operación no presentará problemas en lo futuro y cuando el rendimiento del equipo presente deficiencia el proyecto gigantesco de la obra de mal paso ya se habrá realizado en su totalidad cubriendo las necesidades futuras a largo plazo a través de subestaciones reductoras cuyo equipo se calculará según las exigencias del medio, quedando esta planta como las principales, como plantas de reserva para abastecer de energía a los centros de trabajo que sean de vital importancia en la industria o cuando la línea de transmisión "Mal-Paso" Minatitlán, fallará por cualquier circunstancia, puesto que estando en una zona de lluvias intensas cabe la posibilidad que algunas veces las fallas se deban a descargas eléctricas de gran magnitud, como lo demuestra la experiencia en las líneas de transmisión del sistema en estudio.

## PLANTAS DE NANCHITAL Y "EL PLAN"

Entraron en su etapa de bombeo mecánico los campos de Arroyo Blanco, "El Plan", Acalapa, Cuichapa, Moloacan, Ixhuatlán y "Rabón Grande" en el período comprendido entre los años 1948 - 1952, y se pretendió que dicho bombeo fuera llevado a cabo con motores eléctricos, por lo que las plantas existentes resultaban insuficientes para satisfacer las demandas de corriente.

Con el fin de satisfacer las demandas existentes en esa época, se proyectó el sistema eléctrico Nanchital- "El Plan", interconectando las plantas localizadas en esos lugares, a través de una línea de transmisión a 33 KW.

Al campo "El Plan" se trajeron en 1955 3 unidades generadoras de 675 KVA, a 2400 Volts, 3 fases y 60 ciclos, acopladas directamente a máquinas de cámara de combustión interna operadas con diesel, gas y de 8 cilindros.

Las 2 primeras unidades eran parte de las plantas eléctricas que operaban en la Refinería de Ciudad Madero y Salamanca, con motivos de la modernización de las instalaciones, dicho equipo resultaba inadecuado y la tercera unidad que se montó fue la única que se adquirió totalmente nueva.

En el Distrito de Nanchital se instalaron aproximadamente en el mismo tiempo las 4 unidades descritas, posteriormente se interconectaron dichas

plantas.

Actualmente el rendimiento de estas unidades es muy bajo y su operación y mantenimiento exige altos costos por lo que analizando las condiciones futuras inmediatas estas plantas pueden quedar como plantas de reserva para cubrir los picos a la hora de la demanda máxima y posteriormente al entrar en operación la Planta Hidroeléctrica de "Mal - Paso", quedar alimentados estos lugares a través de subestaciones es decir los Distritos de Nanchital y "el Plan" quedarían como receptores de energía.

Por lo que resumiendo se concluye que el gran centro de energía en esta zona es la planta de "La Venta" la que se describió por éllo brevemente y actualmente su operación es sumamente importante, ya que como anteriormente quedó establecido, su energía generada es consumida casi totalmente por el equipo de la Planta de absorción que desempeña un papel fundamental en la obtención de los diversos hidrocarburos a partir de el aceite crudo de los pozos.

### CAPITULO III

#### ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCION DE LAS DEMANDAS FUTURAS

Después de haber analizado las condiciones actuales el sistema eléctrico y las futuras que se estiman como posibles, se ve claramente de que la desigualdad entre la oferta y la demanda se incrementará aún más es decir el desarrollo que se observa en la producción acentúa el problema de la falta de energía en esta zona, habiendo necesidad cuanto antes de darle una solución favorable para los intereses de esta Empresa que puede catalogarse como una de las industrias básicas en la economía de nuestro país.

El proyecto de ampliación de un sistema eléctrico tiene por objeto además de proporcionar energía eléctrica necesaria para un determinado año prever los aumentos de demanda de energía en un período de tiempo lo más largo posible.

Esta previsión para el futuro es basada en tendencias de consumo, de cada tipo de cliente y generalmente para Empresas de servicios públicos -- que suministran energía a diversos tipos de usuarios sigue una ley, dependiendo del grado de electrificación de cada uno de los Países.

Para esta Industria, la demanda futura está supeditada en su mayoría a la vida probable de los pozos de un campo petrolero determinado, y --

en parte a las modificaciones y sustituciones de equipos, obsoletos por otros de mejores características funcionales y económicas, por lo que es sumamente difícil prever las demandas futuras.

Se observa según tablas que la demanda tiene un máximo dentro de un cierto período y luego la demanda empieza a decrecer ésto es debido a los campos que ya están en período de agotamiento; ahora bien esta demanda es la de los campos por electrificar y es posible que al final de este período entren a bombeo eléctrico nuevos campos y la demanda vuelva a crecer y sea necesario otra ampliación.

#### A.- CONCEPTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO :

##### Capacidad instalada

La potencia de una o varias plantas que abastecen un sistema está determinada en parte por la demanda máxima de la carga.

La interconexión entre plantas, permite obtener sistemas con altos factores de diversidad, reduciéndose la capacidad de reserva cuando las cargas individuales son suministradas por plantas separadas.

##### Capacidad de reserva

La capacidad o potencia de reserva es clasificada en 2 tipos a

saber:

I.- Reserva activa

II.- Reserva fría

La reserva activa está representada por aquella capacidad generadora en exceso sobre la carga instantánea que se mantiene conectada.

La reserva fría constituye la capacidad de reserva necesaria para protegerse contra interrupciones inevitables de cierta duración.

Capacidad para soportar las demandas picos de la carga.

Desde el punto de vista económico, es conveniente en sistemas interconectados, tener unidades de gran capacidad trabajando a altos factores de carga y durante los períodos de demandas picos aumentar la capacidad de generación por medio de plantas de rendimientos bajos.

#### PREVISION PARA FUTURAS AMPLIACIONES:

La previsión futura varía de acuerdo con el tipo de cargas y localización del sistema.

Características del servicio a suministrar:

De acuerdo con la clasificación de los servicios se puede establecer que siendo una Empresa petrolera, el servicio eléctrico usado en los procesos propios de la Industria, es indispensable que esté asegurada la mayor continuidad posible.

## FACTORES ECONOMICOS

Este factor de acuerdo con las inversiones gastos del capital y costos de explotación, determinan la solución más económica al problema de ampliación.

## LOCALIZACION DE LA PLANTA

El estudio de la localización de una Industria, obedece a diversos factores locacionales, propios del lugar y del mercado, para la venta del producto de dicha Industria.

Estos factores según la teoría de "Weber" son:

- 1.- Mercado
- 2.- Materia prima y energía
- 3.- Transportes
- 4.- Mano de Obra
- 5.- Aglomeración y desaglomeración de la población

En el caso de la Industria Eléctrica particular propiedad de Petróleos Mexicanos, los factores son:

Factor mercado  
lugar de mayor carga

- 1.- DISTRITO DE " AGUA DULCE "

Factor materia prima y energía:

Representado en nuestro caso por los combustibles y lubricantes - se puede ver de la tabla de producciones por Distrito que el de "Agua Dulce", también maneja el mayor volumen de gas en la zona y particularmente el campo "La Venta", en donde se localizan:

Planta de compresoras de gas al gasoducto

Planta deshidratadora

Planta de bombeo al oleoducto

Factor transporte:

Se analizará este factor para determinar el costo mínimo de transporte de energía eléctrica.

Factor mano de obra:

Siendo una industria en la cual los salarios dentro de la misma zona y dentro de la misma especialidad son iguales, este factor es de poca importancia.

Factor aglomeración y desaglomeración

Será necesario prever las futuras electrificaciones de los campos que tiene pozos en etapa de producción.

De acuerdo con los factores anteriores se puede estimar que el Distrito de "Agua Dulce" será el más indicado para la localización de la planta en caso de que esta fuera la solución a la que se llegará. Cuenta este lugar

con amplias vías de comunicación areas, terrestres y fluviales.

Analizando las conexiones del sistema se ve que este se clasifica entre los sistemas de transmisión en forma de anillos ya que la línea rodea la zona de cargas a la cual están conectadas las centrales generadoras y una serie de subestaciones, de las cuales se suministra energía por secciones a la zona de carga, este sistema proporciona un servicio de alta continuidad y las interrupciones quedan prácticamente restringidas, habiendo contribuido para ésta forma la situación geográfica de los distintos lugares electrificados.

Agrupados por Distritos las cargas conectadas al sistema quedarán en la siguiente forma, según figura No. 6

Este tipo de sistema tiene la ventaja sobre el radial simple que puede aislarse una sección de la línea de transmisión que haya sufrido una falla, y proseguir la continuidad del servicio en el resto del sistema, mientras se lleva a cabo la reparación de la sección averiada.

Si bien posee el sistema esta ventaja, también tiene la desventaja de poseer la línea de transmisión mayor peligro y el sistema en sí, alcanza corrientes de circuito corto más elevados que el radial con centro de potencia, por lo que en un sistema del tipo de anillo se hace necesaria una adecuada protección al mismo.

Cuando se construye un sistema para abastecer un servicio espe -

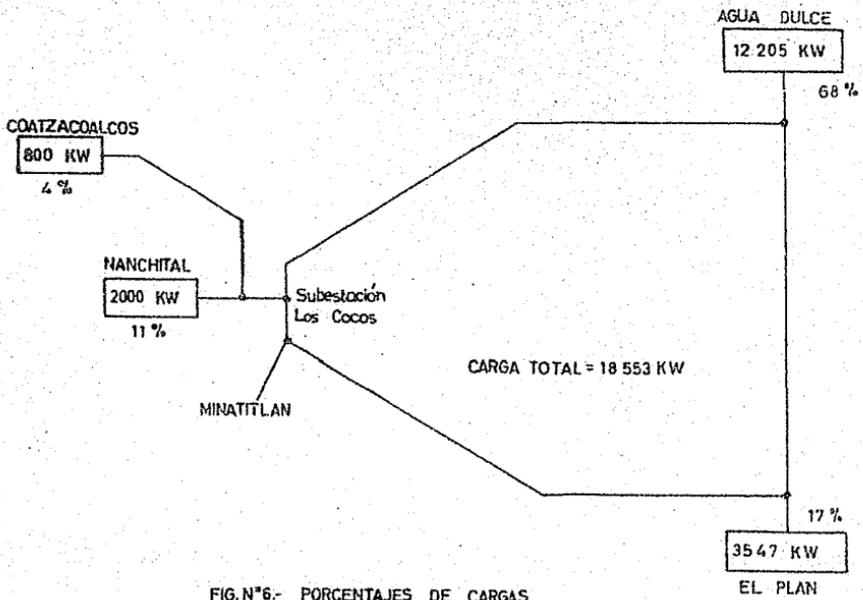


FIG.N\*6.- PORCENTAJES DE CARGAS POR DISTRITO

cial, la totalidad de la instalación podrá aceptarse a las particularidades de la Industria. En cambio si se requiere que un sistema alimente a diversas cargas, deberá proyectarse para cumplir condiciones de carácter más general, - tal sistema puede ser destinado para alimentar varias clases de servicio como son: Servicio doméstico o residencial, comercios e industrias, todos ellos establecidos en la misma zona, requiriendo que el proyecto sea de carácter dis- finto que en el caso en que todas las cargas fueran de la misma clase.

Las centrales generadoras así como las líneas de transmisión existentes constituyen normalmente factores importantes al proyectar una instalación para nuevas cargas; se tendrá que examinar los gastos y las ventajas que representaría la ampliación del sistema existente, en caso de rápido crecimiento de la carga o de una rápida modificación de las instalaciones de fuerza motriz, es más probable que resulte ventajosa la substitución total del sistema existente que en el caso de un lento crecimiento gradual y una carga que crece rápidamente inducirá en la mayoría de los casos, a construir nuevas centrales, y subestaciones para reemplazar las existentes mientras que el problema de un lento crecimiento de la carga, podrá resolverse favorablemente mediante la ampliación de las instalaciones.

Como no es posible conseguir un servicio totalmente inmune de accidentes e interrupciones ocasionales, siempre puede lograrse un mayor grado de seguridad pero a expensas de mayores gastos, los cuales deben quedar

compensados con el mayor valor de un mejor servicio, este valor dependerá de la magnitud y carácter de la carga, de la frecuencia probable y la de duración de las interrupciones, del costo de un servicio de calidad mínima y del grado de seguridad en el suministro.

El sistema que se viene tratando cae dentro de los conceptos vertidos con anterioridad ya que está dentro de la posibilidad de reajustar el sistema aprovechando instalaciones existentes.

Habiéndose efectuado las consideraciones anteriores el incremento considerable en la demanda se llega a la conclusión de que con la capacidad de generación actual en "Pajaritos", no se puede garantizar el suministro de esta cantidad de energía.

La subestación de enlace entre la planta de "Pajaritos" y el sistema interconectado no tiene capacidad para proporcionar las 12108 KW, aprox. que demandará el sistema.

Si se envía esta carga (suponiendo un aumento en la subestación) a través de la línea de transmisión "Pajaritos", los "Cocos- "La Venta", la caída de voltaje en las líneas sería muy grande en la "Venta", ocasionando problemas en el equipo de la planta y mayor aún en el caso de que se pare la unidad de "La Venta" de 6000 KW.

El problema se acentúa anotando que las frecuentes interrupciones

del sistema, inevitables por encontrarse las líneas de transmisión en zonas de nortes y de lluvias intensas, nos obligan a considerar el sistema como aislado de sus fuentes de ayuda "(Pajaritos)", bajo esta suposición, de considerar el anillo trabajando según la Figura se vé en forma irrefutable que, para las -- cargas futuras inmediatas, el circuito debe alimentarse desde el centro de car ga que será la venta distrito de "Agua Dulce", esto nos ofrece dos ventajas:

1.- Se aumenta las posibilidades de servicio continuo de energía para la Planta de absorción.

2.- Disminuyen las caídas de voltaje alimentando las cargas desde "La Venta" a las demás campos, que desde cualquier otro punto.

El cálculo de las caídas de voltaje alimentándose el sistema por los "Cocos", por "La Venta", nos demuestra que esta son mayores en este o cualquier punto que si las cargas estuvieran alimentadas por "La Venta".

Efectuándose el cálculo de las caídas de voltaje con la disposición que la demanda de energía tiene actualmente:

Alimentándose el anillo por los "Cocos, la caída de voltaje "Cocos-"Plan-"Venta" Será:

CAMPO	DISTANCIA	K W - M	
Meloacan	5890	90	= 530100
Ocalapa	15943	256	= 4081408
Arroyo blanco	172253	246	= 4236858
Compressoras	35753	450	= 16088850
El Plan	36753	1600	= 58804800
Los Soldados	40953	165	= 6757345
Gasoducto	53953	80	= 4316240
La Venta	67848	5849	= 396000000

Consideramos como punto de referencia los "Cocos" y abierto el interior de enlace con "La Venta" " V - P "

$$94\ 815.501/2887 = 32.847 \text{ Km.}$$

$$r = 0.3772 \text{ ohms/km } X_L = X_a \neq$$

$$X_L = X_a + X_d$$

$$X_L = 0.470 \text{ ohms/km.}$$

$$R = 0.3772 \times 32.847 = 12.4 \text{ ohms}$$

$$X_L = 0.470 \times 32.847 = 15.4 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{\text{KVA}}{3 \text{ KV}} = \frac{2887}{.8 \ 53 \times 33} = 63.35 \text{ amperes}$$

$$I_a = I \cos \theta = 63.35 \times 0.8 = 50.60$$

$$I_b = T \cos \theta = 63.36 \times 0.6 = 38.010$$

$$Z = 12.4 + 15.4j \quad I = 50.60 - 38.01j \quad V_G = 22350 \quad 50'$$

$$V = IZ = 1212 + 306j \quad \% R = \frac{22350 - 19050}{19050} \times 100$$

$$V_G = V_R + IZ \quad V_R = \frac{33}{\sqrt{3}}$$

$$V_G = 19050 \quad 1212 \quad 306j \quad \% R = 18$$

$$V_G = 20262 \quad 306j$$

Consideramos como punto de referencia los "Cocos" y cerrado el interior de enlace V - P, y fuera de operación la planta de "La Venta" tenemos:

$$\frac{490 \cdot 815 \cdot 501}{87 \cdot 36} = 56.2 \text{ km.}$$

$$R = 0.3772 \times 56.2 = 21.4 \text{ ohms.}$$

$$X_L = X_a + X_d$$

$$= 0.470 \times 56.2 = 26.5 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{8736}{0.8 \sqrt{3} \times 33} = 191 \text{ amperes}$$

$$I_a = 191 \times 0.8 = 152.8$$

$$I_b = 191 \times 0.6 = 114.6$$

$$Z = 21.4 + 26.5 j$$

$$I = 152.8 - 114.6 j$$

$$V = I Z = 6270 + 1610 j$$

$$V_G = 28320 + 1610 j$$

$$V_G = 25380 \quad | \quad 3^\circ \quad 35'$$

$$\% R = \frac{25380 - 19050}{19050} \times 100$$

$$\% R = \frac{6330}{19050} \times 100$$

$$\% R = 33.2$$

CAIDA DE VOLTAJE "COCOS" "AGUA DULCE"  
"VENTA"

CAMPOS	DISTANCIA	K W - M
El Chapo	2500	35 = 87500
Ixhuatlan I	3755	90 = 33950
Ixhuatlan II	4715	25 = 117875
Nuevo Teopa	7275	40 = 291000
Palmitota	13,275	40 = 531000
C F E A D	28425	940 = 20719500
Agua Dulce	29225	925 = 27033-125
Tonalá	30025	51 = 1531-275
Pozo de Agua	39721	136 = 5402056
La Venta Tabasco	41221	210 = 8656-410
S M 5 P	42021	5849 = 2463500000

Considerando el interruptor Venta, Agua Dulce abierto tene-

mos:

$$70\,707\,691/2492 = 28.350 \text{ km.}$$

$$r = 0.3418 \text{ ohms/km.}$$

$$x_l = 0.4700 \text{ ohms/km.}$$

$$R = 0.3772 \times 28.350 = 10.35 \text{ ohms}$$

$$X_l = 0.470 \times 28.350 = 13.37 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} V} = \frac{2492}{.8 \sqrt{3} 33} = 54.2 \text{ amperes}$$

$$I_a = I \cos \phi = 54.2 \times 0.8 = 43.36$$

$$I_b = I \sin \phi = 54.2 \times 0.6 = 32.52$$

$$V = I Z =$$

$$Z = 10.35 + 13.37 j$$

$$I = 43.36 - 32.52 j$$

$$V = 885 + 242 j$$

$$V_G = V_R + I Z$$

$$= 19050 + 885 + 242 j$$

$$= 19937 \quad \underline{\quad 43'}$$

$$\% R = \frac{19937 - 19050}{19050} \times 100$$

$$\% = 4.65$$

Estando el interior "Venta" - "Agua Dulce" cerrado y la plan-

ta fuera de operación.

$$317207691 / 8241 = 38.6 \text{ km.}$$

$$R = 0.3772 \times 38.6 = 14.6 \text{ ohms}$$

$$X_l = 0.470 \times 38.6 = 18.17 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{8241}{.8 \sqrt{3} \cdot 33} = 180 \text{ amperes}$$

$$I_a = I \cos \phi = 180 \times .8 = 144.0$$

$$I_b = I \sin \phi = 180 \times .6 = 108.0$$

$$Z = 14.60 + 18.17 j$$

$$I = 144 - 108 j$$

$$V = 4105 + 1030 j$$

$$V_G = V_R + IZ$$

$$V_G = 23155 + 1030 j$$

$$V_G = 23179 \angle 2^\circ 32'$$

$$\% R = \frac{23174 - 19050}{19050} \times 100$$

$$\% R = \frac{4129}{19050} \times 100 = 21.65$$

ALIMENTANDOSE EL ANILLO POR LA "VENTA"  
CAIDA DE VOLTAJE, "VENTA" - "PLAN" - "COCOS"

CAMPOS	DISTANCIA	KW - M	
Moloacan	61594	90	5 543 460
Acalapa	51541	256	13194 496
Arroyo Blanco	50261	246	12364 206

CAMPOS	DISTANCIA	KW - M	
Compresoras	31731	450	14278 150
El Plan	30731	1600	49169 600
Los Soldados	26531	165	4 377 615
Gasoductos	13531	80	1 082 460
La Venta	-	-	-

$$100010307 / 2887 = 34.630$$

$$R = 0.3772 \times 34.630 = 13.07 \text{ ohms}$$

$$X_l = 0.470 \times 34.630 = 16.23 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{2887}{0. \sqrt{3} \times 33} = 50.35 \text{ amperes}$$

$$F. P. = 0.8 \text{ (atrazado)}$$

$$I_a = I \cos \theta = 50.35 \times .8 = 40.280$$

$$I_b = I \sin \theta = 50.35 \times .6 = 30.210$$

$$Z = 13.07 + 16.23 j$$

$$I = 40.28 - 30.21 j$$

$$V = 1017 + 267 j$$

$$V_G = V_R + I Z$$

$$V_G = 20069 \angle 45^\circ$$

$$\% R = \frac{V_G - V_R}{V_R}$$

$$= \frac{20069 - 19050}{19050} \times 100 = 5.3$$

## Caida de voltaje venta agua dulce, cocos.

Población	M	Kw.	Kw-m
El Chopo	40021	35	1 400 735
Ixhuatlán	38766	90	3 488 940
Ixhuatlán	37806	25	945 150
Nuevo Teapa	35246	40	1 409 840
Palmitota	29246	40	1 109 840
C F E A D	13296	940	12 498 240
A D	11996	925	11 558 800
Pzo de agua	2300	136	312 800
La venta C. F. E.	800	210	168 000
O. S. M. S. F.		5849	

$$33564 \quad 141/2492 = 13.500 \text{ Km.}$$

$$R = 0,3772 \times 13.500 = \underline{5,1} \text{ ohms}$$

$$X = 0,470 \times 13.500 = \underline{6,35} \text{ ohms}$$

$$I = \frac{2492}{.8 \text{ V } 3} \times 33 = 54,2 \text{ amperes}$$

$$I_a = 54,2 \times \cos, 0 = 54,2 \times .8 = 43,36$$

$$I_b = 54,2 \underline{\text{ Sen } 0} = 54,2 \times .6 = 32,52$$

$$Z = 5,1 \quad 6,35 \text{ j}$$

$$I = 43,38 - 32,56 \text{ j}$$

$$V = 417 \quad 119 \quad J$$

$$VG = V_r \quad I \quad z$$

$$= 19468 \quad 161$$

$$\% R = \frac{19468 - 19050}{19050} \times 100 = 2.2$$

Resumiendo tenemos:

#### ALIMENTANDOSE EL ANILLO POR LOS "COCOS"

Caida de voltaje, "Los Cocos" - "Agua Dulce" - "La Venta"	4105
Caida de voltaje, "Los Cocos" - "Plan" - "Venta"	6270
Con la planta de "La Venta" fuera de servicio	

#### ALIMENTANDOSE EL ANILLO POR LA VENTA

Caida de voltaje La Venta - Agua Dulce - Cocos	417
Caida de voltaje La Venta - Plan - Cocos	1017

Establecida la conveniencia de que el sistema esté alimentado por la Venta y que la alimentación de las cargas futuras inmediatas 1967, no es posible, por las líneas actuales que une con "Pajaritos", se encuentran 2 soluciones:

B.- Instalación de un generador adicional en "La Venta" propiedad de PEMEX.

C.- Tender una línea de transmisión de "Pajaritos" a "La Venta"

alimentados por la Comisión Federal de Electricidad.

Análisis de las dos proposiciones por separado:

### B.- INSTALACION DE UN GENERADOR EN "LA VENTA"

Es política establecida en Petróleos Mexicanos, el contar con plantas electricas en sus factorías importantes, de forma de tener energía de respaldo para asegurar al máximo la continuidad de operación de las plantas de proceso. En este caso la importancia de mantener en operación continua la planta de absorción de "La Venta", resalta por dos motivos:

La producción de la planta de absorción de La Venta es la siguiente:

te:

MATERIA	PRODUCCION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$
Gasolina	5000 B/día	48.69 c/u	243 450
Gas seco	80 M N P C D	3,398.4 MNPCD	271 872
Etano	127 802 5 libras/día	0.054 c/u	6 901
		TOTAL:	522 223

Una pequeña interrupción de energía trae consigo problemas en la operación de la planta pudiendo decir en forma aproximada que una interrupción de 5 minutos retarda el proceso durante tres horas como mínimo, tiempo que se tarda en establecer las condiciones normales de operación. Además la

Planta deshidrata y estabiliza 112 000 barriles por día de crudo. Enviándose -- estos volúmenes a Minatitlán, por lo que una interrupción de energía influye seriamente en la producción porque estos envíos cubren cuotas asignadas a la planta.

Se proyecta actualmente y se estima que quedará a fines del año de 1967, al utilizar el gas seco de la planta de absorción de La Venta para la -- extracción del aceite de los campos, 5 Presidentes, Sánchez Magallanes, Oga -- rrio y los Soldados mediante bombeo neumático. Esta será otra importante fun -- ción de la planta de La Venta pero si se vienen fallas en la operación, influ -- rá no solamente en el proceso sino en la producción de aceite de los campos -- mencionados.

Como dato podemos apuntar que del 28 de Febrero al 28 de Marzo del año de 1966 hubo 8 fallas de energía eléctrica que ocasionaron paros to -- tales de la planta de absorción.

La producción de etano es la planta de absorción de La Venta, es base en que descansará la operación del complejo petroquímico de Pajaritos , quedando establecido que demandará de:

Etano 127802 Libras por día a fines de 1967

Etano 902000 Libras por día a fines de 1968

El almacenamiento, en Pajaritos será de 120000 galones, ésto nos

da una reserva de 76 horas al empezar a funcionar la planta de etileno y de 11 solamente cuando se desmante las 902000 libras por día.

En el caso de que la reserva de almacenamiento de etano de la planta de Pajaritos, sea baja y ocurra un paro en la planta de absorción de La Venta que impida el envío de este producto, se tendrán que parar las plantas de etileno, ocasionando serias dificultades a las plantas de oxido de etileno, acetaldéhdos derivados clorados y las plantas de sal, sosa cáustica y carbonato de sodio de syasa.

Estos datos nos revelan la importancia de asegurar al máximo la continuidad del servicio eléctrico a la planta de absorción, así como también hay que mencionar la nueva planta de absorción que tendrá una carga instalada de 4800 KW, y una demanda máxima probable de 2800 Kw para 1971.

Por lo expuesto para el año de 1971, la demanda probable de la planta de absorción de La Venta será de 8130 KW, por lo que la planta eléctrica actual de 6000 KW, será insuficiente para abastecer su propia carga.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores en este primer caso se propone instalar un generador en la planta de La Venta para cubrir los 12553 KW, necesarios en un futuro inmediato de las mismas características que los establecimientos en Pajaritos, Ver., o sea un generador de corriente alterna acoplado a turbina de gas.

Marca	Brown - Boveri
Capacidad	14000 KW
Voltaje	13800 Volts
Frecuencia	60 ciclos seg.
Fases	3

Turbo generador completo con auxiliares y tablero eléctrico para conexión con el actual con este generador, se tendría en la planta eléctrica de La Venta la siguiente capacidad:

Turbina actual	6000 KW
Turbina propuesta	14000 KW
<b>TOTAL:</b>	<b>20000 KW</b>

Garantizando en esta forma Petróleos Mexicanos sus necesidades propias de energía eléctrica que como ya se dijo serán de 18553 KW, para una fecha probable de fines del año de 1967.

#### CONDICIONES DE OPERACION

Si analizamos las condiciones de operación de la planta eléctrica de La Venta, aumentada en su capacidad a 20000 KW, tenemos los siguientes casos:

1er caso Operación normal, Los generadores de La Venta, sería -

capaces de abastecer el sistema, trabajando las plantas de Nanchital, y el Plan generando 2000 KW, a la hora máxima de demanda, para tener las unidades de La Venta, trabajando a un poco menos de su capacidad máxima, se observa en el cuadro siguiente:

Plantas Generadoras	Años 1967 - 1968		Años 1969 - 1971	
	Generación	Demanda	Generación	Demanda
La Venta	15353	18.553	19.353	21.353
El Plan-Nanchital	2000		2000	
Comisión Federal de Electricidad (Pajaritos)				
TOTAL	18.553	18.553	21.353	21.353

### CUADRO 1

#### Generación y demanda máxima en operación

Como anotamos anteriormente, el incremento en la demanda en 1969 será la futura planta de absorción en La Venta.

En este primer caso, queda la alternativa de trabajar la planta de La Venta a la mitad de su capacidad y tomar la restante de la Comisión Federal de Electricidad teniendo como respaldo la cantidad excedente en La Venta, si se estima que la demanda media es de 80 % de la demanda máxima, la distribución de cargas puede suponerse como sigue:

Plantas Generadoras	Años 1967 - 1968		Años 1969 - 1971	
	Generación K W	Demanda K W	Generación KW	Demanda K W
La Venta	14842	14842	17082	17082
El Plan-Nanchital				
C. F. E.				
TOTAL:	14842	14842	17082	17082

### CUADRO 2

Generación y demanda media operación normal.

En este caso como el anterior, se puede pedir una parte de la energía a la Comisión Federal de Electricidad.

2o caso, fuera el generador de 5000 Kw, en La Venta por mantenimiento.

En este caso la capacidad de generación de La Venta se reducirá a 14000 KW, y las cargas serías como sigue:

Plantas Generadoras	Años 1967 - 1968		Años 1969 - 1971	
	Generación KW	Demanda KW	Generación KW	Demanda KW
La Venta	14000	18553	14000	21353
El Plan - Nanchital	2000		2000	
C. F. E.	2553		5353	
TOTAL:	18553	18553	21353	21353

Cuadro No. 3.- Generación y demandas máxima en caso de paro de la unidad de 6000 KW, de La Venta. Como se ve solicitarían a la Comisión Federal de Electricidad, cantidades de energía que fácilmente se podría proporcionar y las líneas de transmisión y la subestación de Pajaritos, tendrán suficiente capacidad para esta carga.

Las demandas medias puede distribuirse de la manera siguiente:

Plantas Generadoras	Años 1967 - 1968		Años 1969 - 1971	
	Generación KW	Demanda KW	Generación KW	Demanda KW
La Venta	12842	14842	14000	17082
El Plan-Nanchital	2000		2000	
C. F. E.			1082	
TOTAL:	14842	14842	17082	17082

Cuadro No. 4.- Generación y demandas medias en caso de paro de la unidad de 6000 KW.

Se caso fuera el generador de 14000 KW, de La Venta por mantenimiento.

Este sería el caso más desfavorable en la operación del sistema, puesto que La Venta solo tendría el generador de 6000KW, la distribución de cargas podría ser de la siguiente manera:

Plantas Generadoras	Años 1967 - 1968		Años 1969 - 1971	
	Generación KW	Demanda KW	Generación KW	Demanda KW
La Venta	6000	18553	6000	21353
El Plan-Nanchital	2000		2000	
Minatitlán	553		3353	
C. F. E.	10000		10000	
<b>TOTAL</b>	<b>18553</b>	<b>18553</b>	<b>21353</b>	<b>21353</b>

Cuadro No. 5 Generación y demandas máximas en el sistema en caso de paro de la unidad de 14000 KW, de La Venta.

Como se ve en el cuadro anterior, se limita la entrega de energía de la Comisión Federal de Electricidad a 10000 KW, por ser esta la capacidad de la subestación y se toman durante las horas de carga máxima energía de Minatitlán, que está conectada al sistema a través de una subestación de 10000 KW, actualmente por esta línea se da o se recibe de Minatitlán, de 1000 a 2000 KW.

Queda la posibilidad de aumentar el banco de transformadores de la Comisión Federal de Electricidad a 15000 KVA, en el año de 1969 cuando entre en operación la nueva planta de La Venta, será la que consuma el aumento de carga.

C.- LINEA DE TRANSMISION, ALIMENTADA POR EL SISTEMA ORIENTE DE LA COMISION FEDERAL.

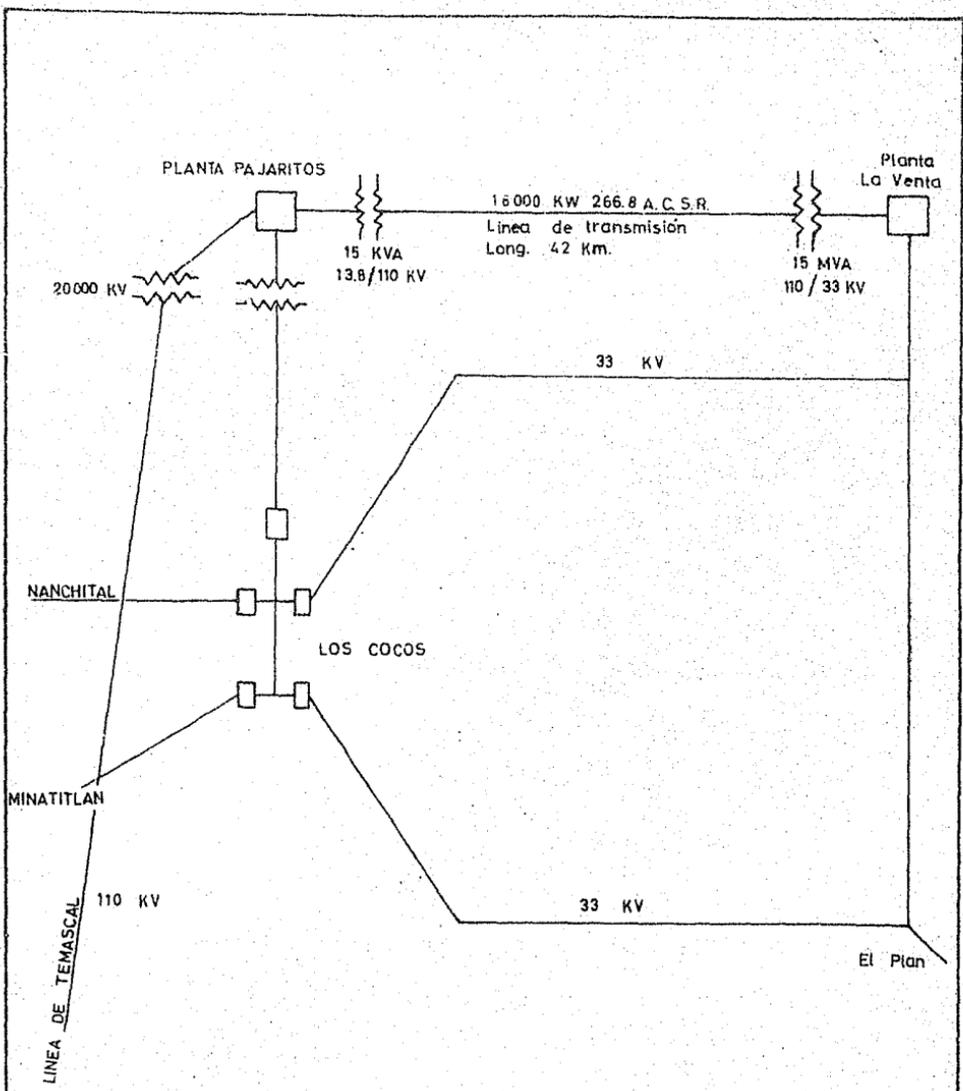


FIG. Nº 7.- LINEA DE TRANSMISION "PAJARITOS-LA VENTA"

Analizando la siguiente alternativa tenemos que el sistema quedaría según la figura No. 7

La demanda de futuro en los tramos del anillo de 33 KV.

TRAMOS	DEMANDA KW.
Los Cocos - Agua Dulce - La Venta	3509
Los Cocos - El Plan - La Venta	3647

En la Venta se consideran concentradas las demandas de los Campos Ogarrío, Sánchez Magallanes, 5 Presidentes y planta de absorción analizando tenemos:

8726 KW para fines de 1968

11526 KW para fines de 1970

Para una operación normal podemos considerar la siguiente distribución estando la planta de La Venta en servicio, según la figura No. 8.

Suponiendo la planta de La Venta fuera de operación y las plantas Nanchital y El Plan generando 1200 y 800 KW, por la línea de transmisión - supuesta se tendría que suministrar lo demás según la figura No. 9.

Suponiendo que la línea Cocos-Pajaritos estuviera fuera de servicio y las plantas de Nanchital y El Plan generando 800 a 1200 KW, la Venta fuera de operación la línea supuesta se tendrían que diseñar para transmitir la

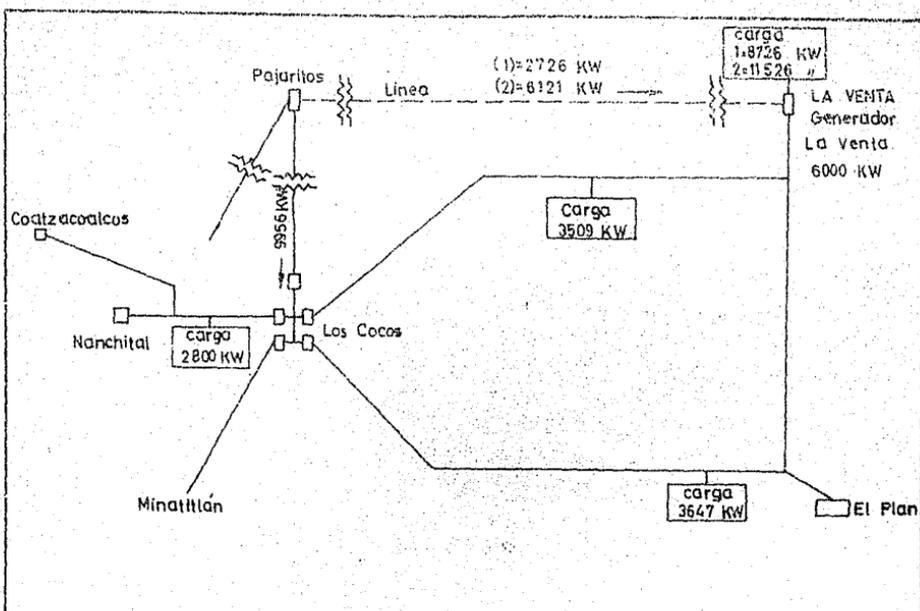


Fig. N° 8.- Cargas supuestas para operación normal

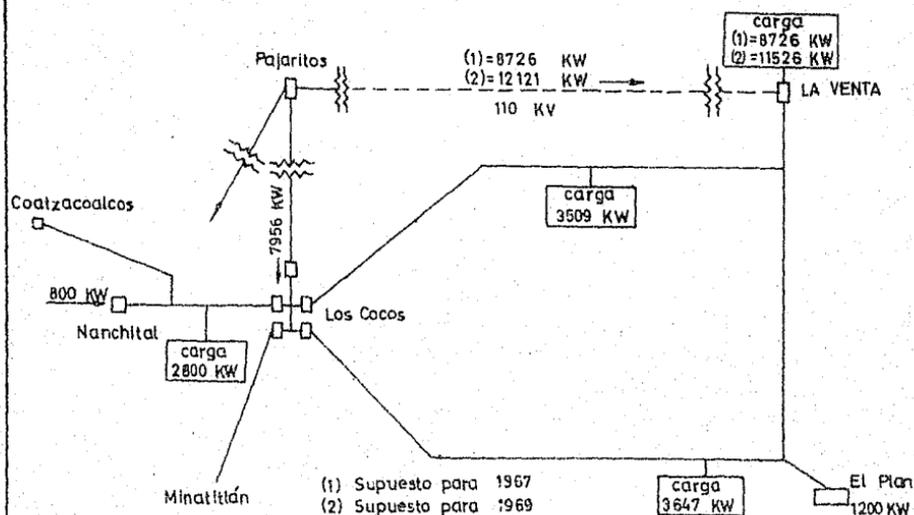


Fig. N° 9. Cargas en el sistema suponiendo fuera de operación la planta la Venta; El Plan y Nanchital generando 1200 y 800 KW respectivamente.

potencia restante más un 20 % sobre este valor como vía de seguridad para incrementos imprevistos la potencia restante es de aproximadamente 15000 KW, más el 20 % la línea sería diseñada para 1800 KW, o sea 22500 KVA, suponiendo un factor de potencia de 0.8 (atrasado)

#### D.- CALCULO TENSION DE TRANSMISION

El cálculo de la tensión para esta línea de transmisión basándonos en la fórmula de Alfred Stell que determina la tensión más conveniente desde el punto de vista económico, en forma aproximada y útil para líneas cuya longitud excede de 30 Km. se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$V \sqrt{3} = 5.5 \sqrt{X \frac{3P}{1.609} + \frac{3P}{100}}$$

Siendo  $V \sqrt{3}$  = la tensión entre fases en KV

X = longitud en Km.

P = Potencia en KW

Luego entonces en nuestro caso, tendremos

$$\begin{aligned} V \times 1.732 &= 5.5 \sqrt{\frac{42}{1.609} + \frac{3 \times 18000}{100}} \\ &= 5.5 \sqrt{566} \\ &= 130 \text{ KV (tensión entre fases)} \end{aligned}$$

La práctica americana nos da la fórmula siguiente para determinar el voltaje económico:

$$V = 5.5 \sqrt{L + \frac{8}{100}}$$

V = Tensión en KV

P = Potencia en KW

L = Longitud en millas

$$V = 5.5 \sqrt{26} \quad 180$$

$$= 80 \text{ KV}$$

Se puede considerar un voltaje para esta línea de 110 K Volts como dato para un anteproyecto ya que el cálculo de una línea de transmisión está sujeto a múltiples consideraciones.

#### CALCULO DEL CONDUCTOR:

Entre los conductores de mayor uso para línea de transmisión se cuenta el cable de aluminio reforzado con alma de acero A C S R (aluminio cable steel reinforced), analizaremos el conductor de calibre más adecuado.

De la experiencia en líneas C. F. E., se deduce que los calibres que pudieran usarse quedan comprendidos dentro del rango de 266.8 MCM, a las 336.4 MCM, de acuerdo con las líneas existentes para voltajes similares.

Podríamos considerar el aspecto económico tratando de determinar el calibre más económico pero dado que es realmente difícil prever las necesidades futuras, el cálculo sería aproximado también. Se tratará de determi -

nar el calibre más adecuado efectuando cálculos de caída por resistencia, o dicho de otro modo, determinar la regulación de la línea considerando el conductor 266.8 M C M.

Datos de la línea

Longitud	42 Km.
Potencia receptora	18000 KW
Factor de potencia	0.8 (afrazado)
Tensión de transmisión	110 KV

Considerando los conductores dispuestos en la estructura formando un triángulo no equilátero con distancia entre sí de 6.15 M, 6.6 M y 3.61 M.

$$\text{Deg.} = \sqrt{6.15 \times 6.6 \times 3.61} - 5.27 \text{ M.} = 17.29$$

$$r = 0.2392 \text{ ohms/km. A } 50 \text{ c}^\circ$$

$$R = 0.2392 \times 42 = 10.046 \text{ ohms}$$

Reactancia inductiva

$$X_a = 0.2889 \text{ ohms / km.}$$

$$X_d = 0.2149 \text{ ohms / km}$$

$$X = 0.5028$$

$$X_r = 0.5028 \times 42 = 21.11 \text{ ohms}$$

Reactancia capacitiva

$$X_c = 172889 \text{ ohms / Km / condu.}$$



$$V_G = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63.8 \text{ KV (voltaje al neutro)}$$

$$\% R = \frac{V_G - V_R}{V_R}$$

Suponiendo una caída de 4 %

$$V_R = \frac{63.8}{1.04} = 62.15 \text{ KV}$$

$$I_F = \frac{18000}{3 \times 61.25 \times 0.8} = 122.3 \text{ amperes}$$

suponiendo

$$I_0 = (-9)$$

$$Z = 10.046 + 21.11 j$$

$$I_F = 97.84 - 73.38 j$$

$$I_C = V_R \sqrt{3} = 61250 \times 68 \times 10$$

$$= 4.175 j \text{ amperes}$$

$$I_C = I_F + I_C$$

$$= 97.84 - 73.38 j + 4.175 j$$

$$= 97.84 - 69.205 j$$

$$V_G = V_R + IZ$$

$$= 61250 - (10.046 + 21.11 j)(97.84 - 69.205 j)$$

$$= 61250 + 2439 + 1377 j$$

$$= 63689 + 1377 j$$

$$63800 = 63689 + 1377 j$$

Para líneas de características como la que se propone una caída de tensión de 5 a 6 % es la recomendable por lo que este conductor puede considerarse favorable ya que cumple con lo establecido, la caída de tensión es del 4 % aproximadamente que puede comprobarse con las pajas editadas por la revista "Aluminium for Transmission Lines" en la cual pueden también determinarse el por ciento la potencia perdida en la línea en por ciento que en este caso viene hacer del orden del 2.5

#### E.- ESTRUCTURAS DE APOYO

Existen varios tipos de estructuras de apoyo para soporte de los conductores en las líneas de transmisión y ellos son:

Postes y estructuras H de madera, postes de concreto, postes de acero rígido y torres flexibles, semiflexibles y rígidas de acero los postes y estructuras de madera se usan para líneas de mediana y bajas tensiones, (110 Kv o menos), en terrenos pocos accidentados donde pueden conseguirse con facilidad. Tiene la ventaja de su bajo costo inicial pero presentan el inconveniente de requerir un excesivo mantenimiento además de que deben tratarse con substancias especiales evitando con ello la gran absorción de la humedad y el deterioro prematuro de los mismos.

Los postes de concreto son pocos usuales para líneas de transmisión y más bien tienen aplicación en la distribución primaria con voltajes hasta -

de 25 KV, y pequeñas líneas hasta de 33 KV, en terrenos totalmente llanos - con la desventaja del concreto de no resistir el esfuerzo de atracción que son los que originan los conductores y los cables de guarda a pesar de que dichos postes son reforzados con varilla de acero, presentan también el inconveniente de no ser práctico su traslado ya que requiere de transportes especiales por ser en sí delicados por lo cual deben fabricarse en lugares muy próximos al sitio donde han de utilizarse.

Los postes tubulares de acero y también los postes en celosía tienen aplicación en líneas a bajos voltajes y por lo tanto donde se requieren cruzetas pequeñas y para claros también pequeños, así como donde hay restricciones por lo que al derecho de vía se refiere.

En las torres flexibles se usan así mismo para líneas de bajo voltaje y donde lo requiera el aspecto económico, más en la actualidad ha sido desplazado por las torres rígidas ya que las primeras tienen poca resistencia a los esfuerzos longitudinales que son los que presenta en el caso de rotura de uno o más de los conductores, esta resistencia longitudinal se ha venido a obtener con el uso de las torres semiflexibles que presentan algunas ventajas sobre las flexibles, las torres rígidas.

Las torres rígidas de acero son el tipo de estructura para líneas de altos voltajes y grandes claros así como el hecho de requerir un mínimo mantenimiento soportan grandes esfuerzos de atracción, tienen así mismo a una gran

resistencia a los esfuerzos transversales, se logran con ellos resistencia a los esfuerzos transversales, y también separaciones entre conductores bastante amplias dependiendo naturalmente del voltaje de operación de la línea es claro que pueden utilizarse en terrenos accidentados como los correspondientes a la zona sur.

Existen respecto al diseño de líneas un estudio basado en la teoría de las descargas directas que toman en consideración 4 factores o principios básicos.

1.- Debe instalarse cables, de tierra con suficiente resistencia mecánica para protección de los conductores contra descargas directas.

2.- Deben mantenerse una distancia conveniente entre los conductores de la línea a la torre o a tierra para lograr la efectividad del aislamiento.

3.- Deben mantenerse una distancia conveniente entre los conductores y el cable de tierra. Especialmente en el claro medio.

4.- La resistencia de pie de torre debe ser lo más bajo posible dentro de lo económico.

Según experiencias en Comisión Federal se considera para esta línea un claro medio de 325 M con estructura rígida de acero.

El cálculo de las estructuras según el concepto anterior nos da el siguiente número considerando una torre de tensión cada ocho torres de suspensión según experiencias en línea de esta clase por lo que tenemos:

Número de torres de suspensión 114

Número de torres de tensión 16

Debe considerarse una subestación elevadora en "Pajaritos" con las características.

Capacidad 30 000 Kvs.

Transformadores 2 de 15 000 Kva.

Relación de transformación, 13.8 / 110 KV

Una subestación reductora en la venta con las características:

Capacidad 30 000 Kvs.

Transformadores de 15 000 Kva.

relación de transformación 110/34 KV

## CAPITULO IV

### SUMINISTRO DE ENERGIA POR LA C. F. E.

El intenso desarrollo de la Agricultura y de la Industria durante los últimos años ha conducido a México, al igual que a otros muchos Países a una importante elevación de las necesidades de energía. El Gobierno de la República Mexicana, previendo este desarrollo, fundó en el año de 1937, la Comisión Federal de Electricidad "C. F. E. " Dicha compañía está encargada del planeamiento y de la administración de la Red Nacional de Electricidad y de la distribución de energía, así como también de la construcción, adquisición y funcionamiento de nuevas centrales.

Las necesidades de energía en algunas regiones de México crecen con tal rapidez que a pesar de los mayores esfuerzos, resulta muy difícil producir suficiente energía eléctrica, sobre todo durante el verano, ante esta falta de energía, se decidió la instalación de nuevas centrales estacionarias. Las necesidades de energía más urgentes fueron cubiertas mediante centrales móviles. Un problema típico de C. F. E. , es por ejemplo la Red de Puebla Veracruz, conocida con el nombre de sistema Oriente.

Durante el verano de 1954 la C.F.E. tuvo grandes dificultades para cubrir las necesidades de energía de esta red, y con el mínimo admisible de restricciones, para evitar estos inconvenientes durante los años venideros se decidió la adquisición de una central térmica, equipo con una tur-

bina de gas de 5000 KW. Teniendo en cuenta la apremiante necesidad existente para la resolución de este problema, y gracias a los esfuerzos realizados por Brow Boveri en Baden, la primera central equipada con turbina de gas de una potencia de 6200 KW, pudo ser puesta en servicio en el mes de noviembre de 1955, que según datos de la C.F.E. estas unidades han desempeñado un papel muy importante en la electrificación de nuestro país, por lo que se dará una breve descripción de estas unidades.

#### TURBINAS DE VAPOR Y GAS BROWN - BOVERI

A.- La mayor sencillez de un motor primario permite lograr mejores condiciones de seguridad y operación, así como más bajos costos de instalación y en este aspecto tienen un lugar preponderante las turbinas de vapor y gas, de las cuales la primera del Continente Europeo fué construído en 1901 por Brown Boveri y Cía., y la primera de gas para usos e pacíficos en el mundo, fue puesta en operación por la misma empresa en 1939, manteniéndose siempre a la vanguardia entre los constructores de turbinas de vapor y gas, habiendo suministrado entre este tipo de instalaciones más de 300000 KW en la República Mexicana; contándose entre ellos también Turbinas Industriales de condensación, contrapésión, extracción, turbinas de vapor para barco, plantas termoeléctricas completas, turbinas de gas fijas, semi-estacionarias, y móviles, así como de ciclo combinado (producción adicional de vapor industrial).

La importancia de estas plantas para tan diversos usos, merece una breve revisión de sus características sobresalientes para poder abarcar el amplio panorama de los servicios prestados por los mencionados turbogrupos.

### TURBINAS DE CONTRAPRESION

Algunos casos típicos de Plantas con turbinas de vapor y gas suministrados por Brown - Boveri a diversas industrias mexicanas puede citarse la turbina de contrapresión, la cual se encuentra normalmente en la Industria -- Azucarera, fábricas de papel Industria química, etc., donde las necesidades de energía eléctrica y vapor de baja presión son constantes. En estos casos -- y partiendo de vapor vivo de presión media y saturado, la turbina de 2 ruedas de acción actúa como válvula reductora entre gando vapor apropiado para los procesos industriales y energía eléctrica suficiente para cubrir la demanda de la Fábrica.

Son particularmente interesantes en este caso las turbinas de pequeña potencia como las instalaciones en el Ingenio Matzorongo, es una turbina de alta velocidad, o sea buena eficiencia, ya que incorpora adelantos sobresalientes, como es la regulación de precisión con aceite a presión y elevada eficiencia periférica que se traduce en consumo específico de vapor reducido, sumando esto a su gran sencillez de construcción, requisito indispensable en instalaciones de servicio continuo.

Dentro de este tipo de turbinas industriales de contrapresión, en donde tanto las necesidades de energía eléctrica como las de vapor, son grandes se encuentra la Planta de celulosa y derivados, S. A. en Monterrey, N. L., que cuenta con una turbina de contrapresión de 5000 KW, que combina dos ruedas de acción con una sección de reacción, obteniéndose con esta construcción una elevada eficiencia en una solución muy ventajosa termodinámicamente y de uso común en turbinas Brown Boveri.

#### TURBINAS DE ATRACCION - CONDENSACION

Los requerimientos industriales en ocasiones necesitan de una gran elasticidad en el suministro de energía eléctrica y vapor de proceso, lo cual encuentra una solución ideal en la turbina de atracción - condensación, en donde es posible tener grandes variaciones de carga eléctrica así como consumo de vapor de proceso, dentro de límites bastante amplios bien determinados, es decir, la producción de energía eléctrica no está totalmente encadenada, al consumo de vapor, como ocurre en la turbina de contrapresión.

Un ejemplo típico de lo anterior se tiene en Planta de la "Cía. Industrial de Parras, S. A." en Parras, Coah., fábrica a la que Brown Boveri suministró en turbogrupos de extracción condensación de 1500 KW, con una extracción máxima de vapor de 1100 kg/h.

## PLANTAS DE VAPOR PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

La construída en "Río Bravo", tamps, está Planta es capaz de entregar 75000 KW ha sido planeada por la C.F.E., proporcionando Brown Boveri todo el equipo principal, integrando el adquirido en México y suministrando la totalidad de la Ingeniería, así como la supervisión de montaje que se requiere para una Planta Generadora de tal importancia. En efecto, una central eléctrica en la cual concurren un sin número de factores diferentes, para su coordinación y ejecución, al ser controlados éstos por una sola firma de indisputable prestigio y experiencia, tanto en la manufactura de turbinas, generadores, equipo eléctrico etc., así como en el suministro de Plantas completas, el propietario obtiene grandes beneficios al recibir la unidad completa lista para operar, desatendiéndose así de los complejos problemas de ingeniería mecánica y eléctrica, civil, tratamientos de aguas, montajes, etc.

### PLANTAS CON TURBINAS DE GAS:

El aumento de la demanda de energía eléctrica en muchas regiones del País ha sobrepasado a las posibilidades de instalaciones de Plantas Hidráulicas y Termoeléctricas ya en proceso de construcción. En otras, donde el suministro de energía eléctrica dependen principalmente de plantas Hidráulicas y éstas en épocas de estiaje se ven limitadas en su cometido, han necesitado del concurso de plantas de emergencia capaces de suministrar el faltante de

energía eléctrica, salvando en incontables ocasiones una extensa región del País del desastre evitando el paro de grandes industrias, substituyendo a Plantas en paro forzado o cubriendo cargas picos durante períodos variables de tiempo en ciudades grandes. Previendo estos innumerables problemas. La Comisión Federal de Electricidad encargó a Brown Boveri el estudio de Plantas Móviles con turbinas de gas, por ser ésta una máquina compacta, confiable, de arranque rápido y fácil de operar. El resultado de minuciosos estudios, fué la obtención de una Planta móvil de 6400 KW instalada en dos carros de ferrocarril, quedando en uno la turbina de gas completa (compresor, cámara de combustión, turbina de expansión, alternador, excitatriz, motor de arranque, tanque de combustible y tablero de instrumento de la turbina). Y en el otro, la subestación y sala de control (interruptores de alta tensión, transformador alimentadores, motor diesel auxiliar, tableros y batería de arranque). De este modo la C. F. E., adquirió las primeras Plantas Móviles con turbina de gas en el mundo, de gran capacidad y que han prestado casi sin interrupciones servicios inapreciables en cualquier lugar del País onde existe comunicación por ferrocarril ya que dichas plantas están proyectadas para las vías standard de los ferrocarriles mexicanos. Hasta la fecha existen cuatro de estas unidades en México: 3 de la C.F.E. y de la I.E.M.S.A.

La turbina de gas, a pocos años de la construcción de la primera unidad industrial construída en el mundo por Brown Boveri, se ha impuesto

plenamente y es aceptada sin reserva. Por su simplicidad facilidad de operación, rapidez en el arranque, bajos costos de mantenimiento y operación, espacio reducido para su instalación, insignificantes cantidades de agua de refrigeración y otras características muy apreciables ha ganado un lugar indiscutible entre todos los motores primarios, especialmente entre determinadas capacidades en las que si bien, su eficiencia es inferior al motor diesel, sus bajos costos de operación, mantenimiento e instalación, inclinan la balanza a su favor de una manera definitiva. En la actualidad cuenta Brown Boveri con unidades que tienen un envidiable record, tanto en lo que toca a duración como a número de arranques, con lo cual igualan a la turbina de vapor.

A fines del año de 1959, Altos Hornos de México encargó a Brown Boveri un turbogruppo de 20 KW. de doble flecha, unidad que entró en operación en Febrero de 1962, y que desde entonces ha trabajado casi sin descanso acumulado muchas horas de operación continua, debiéndose los cortos paros que ha tenido a causas ajenas a la máquina.

Este turbogruppo es de doble flecha y con enfriamiento intermedio, en la comprensión, es decir, tiene 2 compresoras (baja y alta presión), dos cámaras de combustión y 2 turbinas de expansión (alta y baja presión), encontrándose el alternador acoplado al grupo turbina compresor de baja presión.

Si bien la eficiencia de las turbinas de gas en capacidades indus-

triales aproximadamente a 6000 a 20000 KW, es algo inferior a la eficiencia de turbogrupos de vapor de igual potencia, enormes cantidades de calor son arrojados por la chimenea en forma de gases calientes. En los últimos años ha sido motivo de concienzudos estudios la recuperación del calor contenido en los mencionados gases, dando lugar a interesantes soluciones de gran importancia para la industria, que dispone así de una fuente de energía adicional de gran flexibilidad en su utilización y lo que es más importante reduce costos de fabricación con la utilización de dichos gases de escape.

Los gases pueden ser utilizados directamente en procesos de secado o como aire de combustión para calderas, hornos rotatorios, o bien generar vapor para producir energía eléctrica adicional, vapor de baja presión para calefacción (fábricas de papel, algodón, textiles, productos químicos, etc., vapor para refrigeración en productos alimenticios).

Considerando esta solución como una importante contribución a su desarrollo industrial, la Cía. Papeleira Maldonado, S. A., encargó a Brown Boveri Mexicana el estudio de una Planta Termoelectrica con turbina de gas, la cual descarga los gases calientes en una caldera de recuperación para producir vapor de proceso que es utilizado en la fabricación de papel, habiéndose instalado una turbina con una potencia de 5200 KW.

Originalmente la caldera de recuperación debería suministrar --  
17000 kg/h, vapor de 3.83 ata saturado (posteriormente esta presión se modi-

ficó a 15 ata).

### PLANTAS SEMI - MOVILES:

Un nuevo concepto en las turbinas de gas ha propiciado máquinas más eficientes, más compactas, ensambladas, de tipo intemperie y por lo tanto, más baratas que la turbina standard. En efecto, una eficiencia de 24.5 % ( con condiciones ambientales de 20°C, y 1 kg/cm<sup>2</sup> de presión atmosférica), en una turbina, de 14250 KW, de ciclos abierto y sin regenerador, es realmente excelente. Esta unidad de tan notables características, por otra parte requiere únicamente una placa de concreto por cimentación dado que es embarcada en blocks premontados, en fábrica, se requiere poco tiempo para tenerla en operación ya que turbogrupos, equipo auxiliar para hacer la unidad completamente independiente, tal como dispositivos de arranque, swirch, gas de alta y baja tensión, enfriadores, silenciadores, forman parte de la unidad.

Fijándose en las características sobresalientes de la turbina de gas brevemente descrita, la comisión federal de electricidad pidió a Brown Boveri dos turbogrupos que se instalaron en la proximidad de "La Venta", Tab., contando así con la Planta de 28000 KW, con un costo total muy inferior a cualquier otro tipo de unidad.

Habiéndose efectuado una descripción del desarrollo en el incre -

mento de energía eléctrica en la Nación y del papel tan importante que desempeña la comisión federal, en la planeación y proyecto de las nuevas fuentes de poder, así como también de las unidades que han jugado un importante papel, analizaremos el Sistema Oriente ya que es la red que suministra energía eléctrica al sistema PEMEX, como ya se mencionó en el capítulo I a través de un banco de 2 Transformadores de 5000 KW c/u, provisionalmente ya que el departamento de obras eléctricas tiene proyectado se cambie por uno solo de 16000 KVA.

#### B.- SISTEMA ORIENTE:

El Sistema Oriente de la Comisión Federal de Electricidad se encuentra constituido en la forma siguiente:

CAPACIDAD DE PLANTAS		SISTEMA ORIENTAL			
NOMBRE	Tipo	No. de Unidades por Capacidad	Capacidad Instalada	Capacidad útil p/sistema. MW	Observaciones
Poza Rica	T	3 x 39	117	60	(1)
Dos Bocas	T	1x10-1x16.5	26.5	26.5	
Pajaritos	T	2 x 14	28	28	
S. B. de Mier	T	2x16.5- 1 x 7.5	40.5	40.5	
Minas	H	3 x 4.8	14.4	14.4	
Encanto	H	2 x 5	10	10	
Tepazolco	H	2 x 5.4	10.8		(2)
Temascal	H	4 x 38.5	154	154	
Chilapan	H	2 x 4 2 x 9	26	26	
Tuxpango	H	2x6-1x9-1x15	36	38	
Mozotepec	H	1 x 52	52	30	(3)
Plantas Chicas	H		9.3	6	

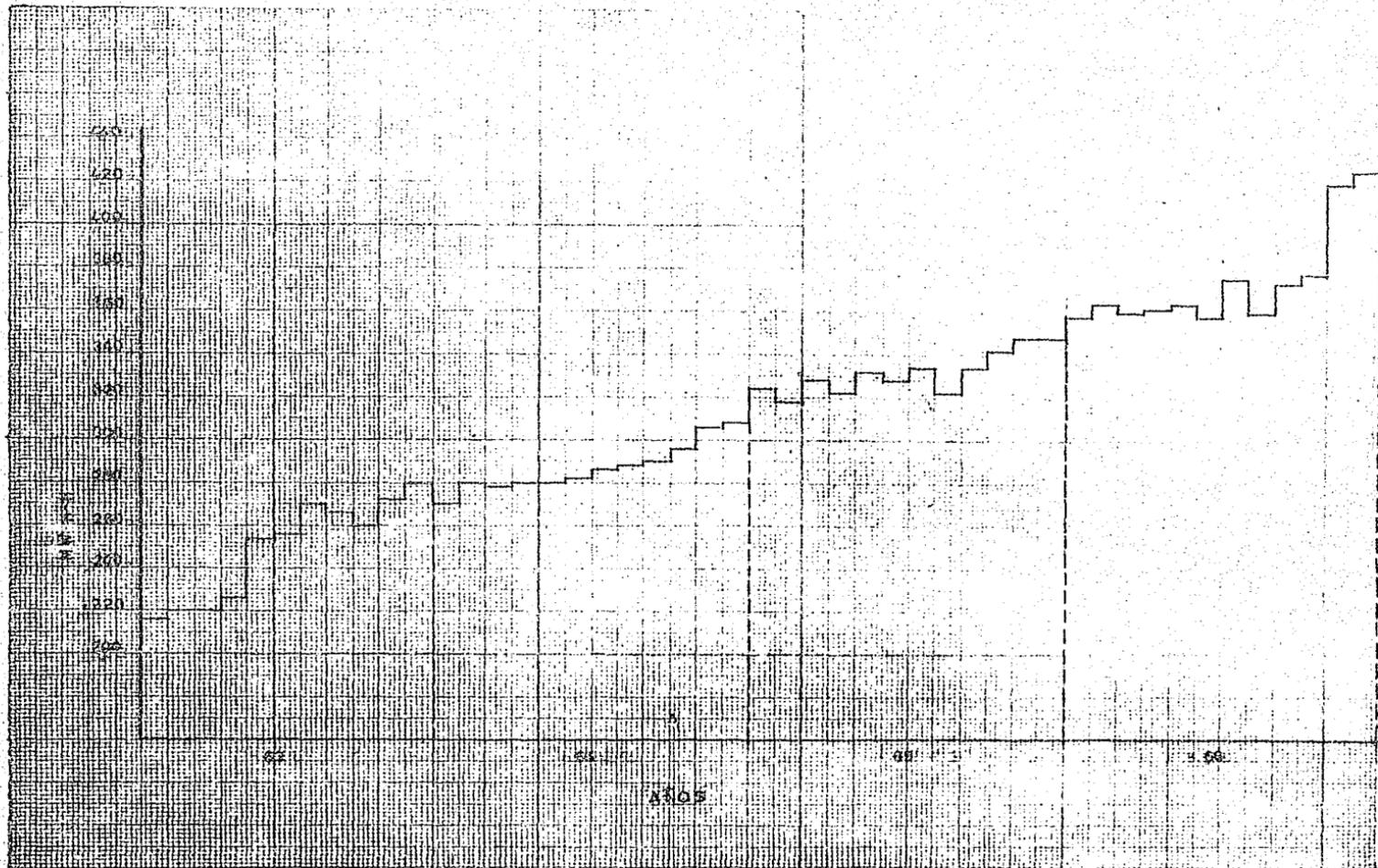
Nombre	Tipo	No. de Unidades por Capacidad	Capacidad Instalada	Capacidad útil p/sis- tema, MW	Obser- vacio- nes.
Plantas Chicas	H				
Texolo		1 x 1.6	1.6	1.6	
Ixtazoquitlán		2 x 0.8	1.6	1.6	
Portezuelo I		2x0.6 2x0.8	2.8	2.8	
Portezuelo II		2x1.05	2.1		
San Agustín		4x0.28	1.1		
Tot. P. Chicas			9.3	6.0	

- (1) Falta capacidad de transformación y de transmisión
- (2) Opera únicamente cuando hay extracción, para riego.
- (3) Unidad # 4 únicamente a 60 ciclos. Potencia máxima 30 WM.

CAPACIDAD INST. TOTAL	524.5	MW.
CAPACIDAD UTIL	433.4	MW.
UNIDAD MAYOR	38.5	MW.
CAPACIDAD FIRME	394.9	MW.

Este sistema en el intervalo de tiempo comprendido entre los años 63-66, ha incrementado su demanda en la forma que a continuación se expone según la gráfica.

La demanda máxima en el mes de enero del presente año se regis-



tró el viernes 20 a las 21.

Producción	K W.
Tehuacal	12300
Chilapan	20700
Minas	9400
Encanto	9400
Huasuntlan	800
Texolo	1110
Masatepec	38400
Poza Rica	99300
Dos Bocas	21400
Pajaritas	14000
Andonegui	11400
Tuxpango	31500
Plantas Chicas	3408
Compras	42800
S. B. Mier	1720
<b>TOTAL</b>	<b>432838</b>

Por lo que la demanda máxima es de 432838 KW.

En operación 448 800 KW.

Las demandas máximas que a continuación se exponen, dan idea de la forma en que opera actualmente este sistema.

#### Gráfica de generación Horario.

Demanda máxima anual que se registró en el año 1966 viernes 30 - de Diciembre.

Como puede apreciarse según los datos anteriores este sistema se encuentra trabajando a su máxima capacidad por lo que solamente contando con la seguridad de C. F. E., para suministrar se podría efectuar la alimentación al sistema PEMEX, a través de una línea de transmisión que operará según lo establecido en el capítulo III. Al principal centro de carga que es "La Venta" perteneciente al Distrito de "Agua Dulce" para ello se tomará en cuenta el incremento de energía futura, para una carga según lo calculado más el 20 % previendo futuros incrementos y para una eficiencia aceptable de la línea.

Cuenta Comisión Federal de Electricidad para afrontar los incrementos de energía de la parte Sur y centro de la República con una de las fuentes generadoras de capacidad, superior a cualquiera de las que existen y es la Planta Hidroeléctrica de "Mal-Paso", o más bien sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva cuyas características generales son:

Capacidad Instalada

Primera etapa

900 MVA

Segunda etapa	450 MVA
Número de unidades primera etapa	4
Número de unidades segunda etapa	2
Factor de planta	0.5
Volúmen medio anual	17833 x 106 M3
Generación media anual	3000 x 106 KWH

## UNIDADES:

<b>Turbina</b>		<b>Generador</b>	
<b>Tipo</b>	Francés	Pot. nominal $F_p = 0.9$	225 MVA
<b>Caida de diseño</b>	85.0 m	Tensión entre fases	13000 V
<b>Velocidad normal</b>	128.57 R. P. M.	Frecuencia	60 c/seg.
<b>Gasto de diseño</b>	240 m3/seg.	Velocidad sincrónica	128.57 R.P.M.
		Momento volante	40920 T-m2

## PRESAS Y DIQUES

Se construyó en la boquilla de raudales de Mal-paso, situada a unos 25 km aguas abajo de la confluencia del río de "La Venta" con el Río Grijalva.

El vaso tiene una capacidad de 12 500 millones de M3, quedando comprendido por este concepto entre el grupo de las más grandes presas del mundo. El lago artificial formado por el embalse cubrirá un área de 2900 Ha.

La cortina es del tipo de enrocamiento, con corazón impermeable de arcilla compacta y filtros de grava y arena, tiene 12 M., de ancho de corona, 450 M., de longitud y 130 M. de altura, en su sección máxima, siendo su cubicación total de 6 millones de M<sup>3</sup>.

Para la formación del vaso fué necesario cerrar 3 puertos mediante diques de sección semejante a la cortina, con una cubicación total de 1.7 millones de M<sup>3</sup>, de material.

### OBRA DE DESVIO

Para la construcción de la cortina se desvió el río a través de 5 grandes túneles de 14 M de diámetro, excavados en roca a través de las laderas, que una vez terminadas su función como obra de desvío, se destinarán dos de la margen derecha en su parte final para desfoque de la planta Hidroeléctrica.

El control de avenidas se hará por medio de dos vertedores con compuertas, localizadas en la margen izquierda. Uno de los vertedores trabajará normalmente para control de avenidas y los 2 en conjunto, en caso de que llegara a presentar una avenida con gasto de 20000 m<sup>3</sup>/seg, descargando un gasto de 16400 m<sup>3</sup>/seg, que es el gasto a que se regularizaría dicha avenida.

### CASA DE MAQUINAS :

Queda localizada en la margen derecha del río, será del tipo sub-

terráneo que alojará 6 unidades, 4 en la primera etapa y 2 en la segunda etapa, la capacidad por unidad será de 225 MVA. El volumen total de excavación subterránea en casa de máquinas será de aproximadamente 130000 M3.

#### SUBESTACION ELEVADORA

Se hará en 2 plataformas situadas a las elevaciones 192 y 280 M., por ello se hará una excavación de aproximadamente de 250000 M3, Se instalarán 13 transformadores monofásicos con una capacidad de 75 MVA, cada uno, con una relación de Transformación de 15/400 KV.

#### Líneas de transmisión

Al terminarse el proyecto de la planta Mal-Paso, quedará interconectada con la Ciudad de México por medio de 2 líneas de 640 Km, trabajando a un voltaje de transmisión de 400 KV. pasando por las ciudades de Minatitlán Ver. y Puebla. Se construirá un total de 1280 Km. considerando los dos circuitos con un tonelaje de acero de 29200 . Además se construirán una línea al Estado de Tabasco de 110 KV y una longitud de 120 Km y otra línea a Tuxtla Gutiérrez, Chis., a 110 Kv, con una longitud de 90 Km.

Conductor A C S R 1113 M C M, 2 por pase en la línea Mal-Paso México, habiéndose fabricado por Aluminium Limited Sales 100 Km, sin grasa, compañías del Canadá y Japón respectivamente.

Habiéndose efectuado una breve lista de las principales características de esta Planta que quedará comprendida entre el grupo de las más grandes del mundo, se observa que la carencia de energía eléctrica en la Zona Sur se limita al tiempo comprendido entre los años 1967 y fines del año de 1969 en el que posiblemente, entrará a operar.

La solución que se presenta, aumento de la capacidad de la Planta Eléctrica de la "Venta", cubre el déficit de energía eléctrica en este lapso de tiempo y asegura la continuidad de la operación de las instalaciones.

## CAPITULO V

Justificación económica de las dos soluciones y conclusiones.

Todo proyecto de ingeniería tiene como base la economía, ya sea en forma directa o indirecta, ya para llevarse a cabo requiere compra de equipo, transporte, mano de obra mantenimiento y operación.

En este estudio se considerará el aspecto económica únicamente en lo que concierne al equipo principal y auxiliar por instalarse y los costos por mano de obra.

Se hace notar que el costo del equipo en la línea de transmisiones fue obtenido por comparación con otras instalaciones de las mismas características y que actualmente se encuentran en servicio .

### Planta eléctrica

Turbina - alternador - Brown - Boveri de 14 MW equipada con su silenciador filtro de aire, compresor de aire de combustión base de acero estructural.

Sistema de aceite para su lubricación y control, dispositivos de seguridad, ductos, interías de aire, aislamiento térmico, sistema de combustión de gas ductos y silenciador del escape, de la turbina a la atmósfera, tableros de control e instrumentos térmicos y radiador de enfriamientos del aceite de lubricación.

Generador con su excitatriz que se usa también como motor de arranque, regulador de voltaje tipo amplificador magnético, la unidad. Tendrá su tablero de potencia, conteniendo una celda con interruptores para el generador.

Equipo puesta a tierra tres celdas con interruptor para amarras las barras de las dos unidades de la venta, instrumentos medidores, reles equipo de sincronización alumbrado esto. Equipo eléctrico auxiliar incluyendo un acumulador de capacidad adecuada con carga, tablero para arranque equipo de control para motores de C.A. y CC. y todos los cables tubos conduit, registradores de la temperatura de el generador y de la turbina.

Refacciones.- Todas las chumaceras para la flecha de la turbina, compresor generador, excitador, motor de arranque, anillos para las chumaceras, parte inferior del quemador, detectores de temperatura y termómetros, cojinetes, embolos, husillo membranas asientos para las diversas válvulas, dispositivos de control, porta escobillas para quemador y excitatriz.

Un generador diesel con sus accesorios para la turbina.

Una grua de 30 toneladas montada sobre llantas neumáticas para su mantenimiento.

Costo de la unidad aproximadamente	17,146,250
Considerando un 30 % en instalación	5,143,875
TOTAL:	\$ 22,290,125

Estos datos fueron suministrados por el personal técnico de la - -  
C.F.E. en forma aproximada.

#### Costo aproximado de la línea

Para la elaboración del presupuesto estamos considerando las ya mencionadas 130 torres de las cuales 114 son de suspensión y 16 de tensión o deflexión, considerando entre ellos, 2 con doble cadena de un solo lado para cruces de vías ferreas. Las cadenas en cada uno de los anteriores casos quedarán formadas como se indica.

#### Cadenas de suspensión.

Una clema de suspensión en la que apoya el conductor previamente reforzado con varillas protectoras, una calavera y ojo que une la clema con la cadena de aisladores, un anillo bola al finalizar la cadena y un grillete para fijación de la cadena a la torre.

#### Cadenas de Tensión

Una cadena de tensión en la que queda sujetado el conductor al que previamente se le colocó su remate preformado una calavera y ojo para fijación de la clema a la cadena, un anillo bola al finalizar la cadena y un grillete para fijación de la misma a la torre.

Doble cadena de tensión, un eslabón que une la clema al yugo --

inferior, un yugo 2 calaveras y ojo que unen el yugo inferior a las cadenas de aisladores, 2 anillo bola que unen las cadenas al yugo superior, un yugo, un eslabón y finalmente para fijación a la torre un grillete.

Se consideran 43 claros con amortiguadores.

El cable de guarda se considera sujeto en la forma siguiente.

En las torres de deflexión se usaran horquillas que fijadas a la estructura, a estas horquillas se adapta la clema de tensión y en esa se fija el conductor al que previamente se le adapta su remate preformado, se utiliza cable flexible de acero para puntear un extremo al otro del cable de guarda utilizando conectores en la unión.

En las torres de suspensión, se utiliza un simple conector de cable a solera.

Luego la relación de materiales y costo aproximado queda en la forma siguiente:

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo	Total \$
m.	129780	Cable ACSR de 266.8 MCM "Avestruz" considerando 3 % de más por flechas y desperdicios.	4.00	519,120.
m.	43050	Cable de acero y galvanizado de 9.5 mm de diametro, considerando 2.5 % de más por flechas y desperdicios.	1.17	50,368.50
Pza	3120	Aislador de porcelana tipo suspensión de 5 3/4" x 10"	28.12	87,744.40

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo	Total \$
Pza.	342	Clema de suspensión para cable AC SR de 266.8 MCM	89.	30,438
Pza	432	Calavera y ojo de fierro galvanizado.	12.	5,184
Pza	438	Anillo bola de fierro galvanizado	6.50	2,808
Pza	432	Grillete de fierro galvanizado	8.00	3,456
Pza	90	Clema de tensión para cable ACSR de 266.7 MCM	150.	13,500
Pza	6	Eslabon revirado de fierro galvanizado.	7.50	45
Pza	12	Yugo de fierro galvanizado	7.5	90
Pza	6	Eslabón sencillo de fierro galvanizado.	6.	36
Pza	96	Remate preformado para cable ACSR de 266.8 MCM.	24.50	2,352
Pza	135	Empalme preformado para cable ACSR de 260.8 MCM	70.50	9,517.5
Pza	294	Amortiguador de vibración "Stoc Kbridge"	36.70	9,889.80
Pza	32	Clema preformada para sujeción del cable de guarda	28.10	899.20
Pza	32	Remate preformado 3/8"	11.30	361.60
Pza	32	Horquilla de tensión	37.40	1,196.80
M	96	Calbe flexible de acero dulce galvanizado de 3/8"	2.10	201.6
Pza	64	Conductor de cable (3/8")	1.95	124.80

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo	Total \$
Pza.	114	Conector de cable G sobra	6.40	729.6
Pza.	50	Empalme prefomado 3/8"	5.95	797.50
Pza.	8	Varillas para tierra coperwel de 5/8"	53.00	424
Kg.	40	Alambre apperwel No. 2	16.50	660
Pza.	8	Conector para varilla de tierra	6.40	51.20
Pza.	8	Conector de alambre copperweld o solera	6.95	55.60
Kg.	221000	Acero estructural galvanizado para las torres (1.7 Tons/torre)	3.10	985,100

#### MANO DE OBRA

Km.	45	Apertura de brecha	460.00	20,700
M3	850	Relleno y apizonado de excavaciones.	8.	6,800
Torre	130	Vestido torres	150	19,500
Km.	130	Instalación de conductores	750	97,500
Km	.094	42 Instalación cable de guarda	450	18,900

#### COSTO TOTAL

2,113,744

NOTA: No incluye el derecho de vía, localización, imprevistos, etc. por lo que este valor puede doblarse o triplicarse.

SUBESTACION ELEVADORA

Capacidad	30,000 KVA
Transformadores	2 de 15,000 KVA
Relación de transformación	13.8/110 KV
Costo aproximado	\$ 2,498,317
Subestación reductora capacidad	30,000 KVA
Transformadores	2 de 15,000 KVA
Relación de Transformación	110/34.5 KV
Costo aproximado	\$ 2,443,190
INVERSION TOTAL APROX.	<u>\$ 11,280,000</u>

Como ya se dijo, actualmente la planta eléctrica de "Pajaritos" no tiene capacidad suficiente para cubrir la demanda del complejo pajaritos que se presentará. Se estima que para fines del año de 1969 probablemente, se tendrá energía de la planta Hidroeléctrica de Mal Paso. Esta planta se enlazará a la de "Pajaritos" y a partir de esta fecha no habrá problemas en lo que se refiere a capacidad de generación.

Resumiendo tenemos:

Se ha pretendido en las páginas anteriores establecer los siguientes hechos que resumen lo expuesto.

1.- El estudio que abarca un lapso de 7 años establece que la demanda eléctrica del sistema para el año de 1967 - 1969 será de 18,553 KW y para el año 1971 una demanda de 21,353 KW.

2.- El centro de carga del sistema es la venta distrito de agua dulce.

3.- La Subestación de "Pajaritos" a Los Cocos así como las líneas de transmisión del sistema, son insuficientes para el caso de tener que alimentar el total de la carga por la subestación de Los Cocos.

4.- Lo importancia de que no haya interrupciones en la venta es muy grande, constituirse en base de la operación del complejo de "Pajaritos".

5.- La demanda máxima para el complejo de "Pajaritos" de 21,640 KW para fines de 1967 y de 33,740 KW para fines de 1968, cubren la capacidad de la Planta Eléctrica de "Pajaritos" de 26 KW.

6.- Se concluye que es necesario alimentar al sistema por la venta ofreciendo dos alternativas; instalando un generador adicional en la venta de 14,000 KW y costo aproximado de \$ 22,290,000.

b) Tender una línea de Transmisión de 110 Kvolts, de - - -

18,000 KW de capacidad y un costo aproximado de \$ 11 millones

Esto último contando con garantía de la C.F.E. de tener suficiente capacidad en sus sistema.

## CONCLUSION

En la discusión de las dos alternativas que se presentan, podemos considerar, que la alimentación de energía al sistema a través de la línea de transmisión de "Pajaritos" a la venta, según la alternativa no num. 2 es posible siempre y cuando C.F.F. garantice el suministro ya que como quedó anotado el sistema oriente se encuentra trabajando a su máxima capacidad y los riesgos de interrupciones por faltas de líneas no se eliminan, como nos lo demuestran las fallas frecuentes de las líneas del sistema así como la de Temazcal a Pajaritos de 110 KV y la de Minatitlán a Los Cocos de 66 KV.

Cuando la importancia económica así lo exige es criterio general en todas las industrias de tener plantas eléctricas con capacidad suficientes para abastecer las propias instalaciones, como ejemplo de esto podemos citar a los ingenios:

Independencia, Potrero, San Cristóbal, San Pedro, San Francisco, Naranjal, etc. Las fábricas de papel: San Rafael, Easton y Papel Kimberly Clack, Tuxtepec; Acerías como Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, Altos Hornos de México, etc. ; Fábricas de telas, etc. Todas las anteriores instalaciones con placitas eléctricas propias.

Fijadas las bases del importante papel que desempeña la planta de "absorción" de la venta para cubrir las necesidades ya próximas que no pueden esperar la expansión de la C.F.E. y aún cuando esta tenga su

máxima capacidad se propone instalar un generador adicional de 14,000 KW según los datos presentados en la alternativa número 1, capaz de garantizar la operación continua de la Planta.

## BIBLIOGRAFIA

STANDARD HANBROOK

FOR ELECTRICAL ENGENNEERS

ARCHER-E-KNOWLTON

LINES OF TRANSMISSION AND

REFERENCE BOOK

WESTING HOUSE

CIRCUITOS ELECTRICOS

HUGH HILDRETH SKILLING

GRAFICAS Y TABLA PARA EL

CALCULO DE LINEAS DE

TRANSMISION Y SUBESTACIONES

<sup>DAVID</sup>  
ING. ~~DAVID~~ BARRIOS MORALES  
ING. JACINTO VIQUEIRA

CALCULO ELECTRICO DE LAS

LINEAS Y REDES DE TRANSMI-

SION (Apuntes)

ING. JACINTO VIQUEIRA

T E S I S

ING. RAMOS CHAZARO APARICIO