



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

FABRICACION DE TURBOMAQUINARIA
EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

JUAN JOSE ALCO CER VARELA ✓

VICTOR MANUEL NAVA CARBELLIDO ✓

GUILLERMO HERNANDEZ LUGO ✓

ADOLFO RAFAEL ORTIZ LANZAGORTA ✓

ERNESTO SANTOVEÑA DIAZ ✓

MARCO ANTONIO CARRASCO OROZCO

ROGELIO OROPEZA BECERRIL

Director: Ing. Manuel Viejo Zubicaray

MEXICO, D. F.

1985



4
2 Bena



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
I. Estructura	3
II. Problemática Energética	5
III. Problemática Económica	35
IV. Plan Nacional de Energéticos 1984-1988	43
 CAPITULO I: TURBINAS HIDRAULICAS	 53
I. Turbinas Pelton	58
II. Turbinas Francis	64
III. Turbinas Kaplan	71
IV. Monografía de Turbinas y Equipos Industriales, S.A.	78
 CAPITULO II: VALVULAS	 93
I. Descripción General de Válvulas	95
II. Proyectos que involucran Válvulas de --- Gran Tamaño	102
III. Fabricación de Válvulas en México	109

CAPITULO III: COMPUERTAS	112
I. Funciones	114
II. Tipos de Compuertas	117
III. Fabricación	123
CAPITULO IV: TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW	128
I. Empleo de las Turbinas hasta 110 Mw	130
II. Construcción de las Turbinas de Vapor hasta 110 Mw	133
III. Perspectivas para la Fabricación de Turbinas de Vapor hasta 110 Mw en México	160
CAPITULO V: TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW	165
I. Empleo de Turbinas de Vapor hasta 350 Mw	167
II. Construcción de las Turbinas de Vapor hasta 350 Mw	175
III. Perspectivas para la Fabricación de las Turbinas de Vapor hasta 350 Mw	181
CAPITULO VI: GENERADORES DE 350 MW	204
I. Aspectos Generales	206

II. Fabricación de Generadores en México	208
III. Monografía del Grupo Industrial NKS, S.A. de C.V.	216
IV. Monografía de Turbinas y Alternadores Mexicanos, S.A.	222
 CAPITULO VII: HIDROGENERADORES	 225
I. Aspectos Generales	227
II. Construcción	234
III. Factibilidad de Fabricación en México	238
IV. Banco de Pruebas para Generadores	241
 CAPITULO VIII: TURBINAS DE GAS	 244
I. Descripción y Aplicaciones	246
II. Fabricación	249
III. Demanda en el País de las Turbinas de Gas	252
 CAPITULO IX: TURBINAS INDUSTRIALES	 254
I. Información General	256
II. Turbinas Industriales	258

III. Aplicación de las Turbinas Industriales en México	268
IV. Fabricación de Turbinas Industriales en México	275
V. Perspectivas de Exportación	278
VI. Conclusiones	279
CAPITULO X: TURBINAS GEOTERMICAS	281
I. Descripción y Funcionamiento de las Turbinas Geotérmicas	283
II. Plantas Geotérmicas Mexicanas	291
III. Perspectivas para la Fabricación de Turbinas Geotérmicas en México	298
CONCLUSIONES	299
BIBLIOGRAFIA	320

INTRODUCCION

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

I. ESTRUCTURA.

II. PROBLEMATICA ENERGETICA.

III. PROBLEMATICA ECONOMICA.

IV. PLAN NACIONAL DE ENERGETICOS 1984-88.

I. ESTRUCTURA

El presente trabajo se identifica con la crónica de los últimos resultados (1983, 1984) referentes a la promoción de la fabricación de - turbomáquinas que se ha dado en México, no está abocado a dar noticia de cada uno de los miembros de esta enorme familia de máquinas, sino de establecer la relación de su ausencia con la problemática energética y consecuentemente eco nómica; con esta tendencia figuran como personajes aquellos miembros de las - turbomáquinas íntimamente ligados a la generación de energía en proporciones notables; turbinas hidráulicas, de vapor, de gas y geotérmicas así como otros dispositivos que se hermanan a éstos por ver la luz en las mismas fábricas y estar ligadas a ellas en las mismas instalaciones a la hora de funcionar válvulas, compuertas y generadores.

La asimilación de la problemática económica que abate al país en este período, ha tomado forma en el incipiente estímulo a la proliferación de los bienes de capital; la generación de energía se convierte en el tema de toda la estrategia dados los recursos con que se cuenta, lo cual infiere cambios que van desde la administración del Estado hasta el surgimiento de nuevas clases de trabajadores en pro de las nuevas actividades tecnológicas.

El clima en que surge la turbomaquinaria mexicana se caracteriza por tener ya allanado el mercado internacional y explotada la cultura tecno lógica del campo, por contar con enormes empresas internacionales que manejan la dualidad de únicos proveedores de transferencia tecnológica y ser gigantes

de la competencia comercial; asimismo, el endeudamiento del momento, único en la historia, le proporciona presiones exteriores de orígenes muy complejos que racionan constantes cambios en las injerencias políticas de oferta dentro de la imprescindible parte de la ayuda externa.

En un cuadro global se contemplan planes de enorme cuidado que el Estado Mexicano tiene que seguir asumiendo afrontando la responsabilidad de un problema económico a resolver con alternativas en el manejo de sus recursos energéticos.

Este trabajo cita en su parte introductoria los parámetros globales de la Fabricación de Turbomaquinaria en México, desarrolla en 10 capítulos los casos particulares más prominentes y concluye con un diagnóstico y posibles soluciones de la problemática en general.

El problema de la Fabricación de la Turbomaquinaria en México no es un problema de diseño de equipos mecánicos, más bien responde a una problemática de interacción tecnológica de intereses internacionales - en materia financiera y de comercio de energía, por tanto este trabajo hará caso omiso de características del detalle de diseño y, en cambio, visitará las plantas mexicanas que tienen o tendrán este cometido.

II. PROBLEMATICA ENERGETICA.

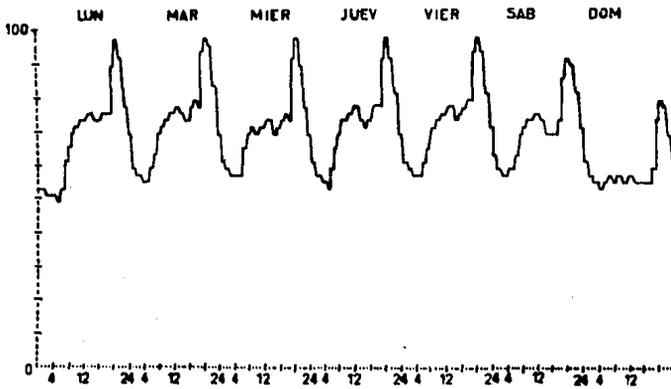
En México, el sector eléctrico se ha caracterizado por su rápido crecimiento, por la considerable dimensión absoluta del sistema interconectado y por depender cada vez más de combustibles derivados del petróleo.

En contraste, el consumo de electricidad por persona y por unidad de PIB es particularmente bajo, como lo demuestra el hecho de que el 61% de la población total del país consume el 98% de la energía para su uso doméstico.

El hecho de que la energía eléctrica no puede almacenarse en cantidades significativas, obliga a desarrollar un sistema de generación capaz de adaptarse en cada instante a la demanda de los usuarios; esta demanda está modulada por las actividades humanas y presenta variaciones muy amplias, siguiendo los ritmos de trabajo diarios, semanales y anuales, así como la influencia de los cambios estacionales.

En la siguiente figura se muestran las curvas características diarias de demanda de un sistema eléctrico, correspondiente a una semana típica expresada en por ciento de la demanda máxima.

La forma de la curva de carga es una característica exclusiva de los sistemas eléctricos y ésta obliga a tener un parque de generación diversificado.



CURVAS DIARIAS DE DEMANDA ELECTRICA

Se requieren unidades generadoras para suministrar la energía para la base de la curva de carga y que en consecuencia operen a plena carga en forma casi continua, unidades que suministren la energía para los picos de la demanda y que en consecuencia, operarán durante muy pocas horas al día y unidades para cubrir la energía correspondiente a la parte media del área bajo la curva de carga, que deberán tener características intermedias entre las dos antes mencionadas.

En la actualidad para cubrir la demanda se cuenta con la siguiente capacidad instalada:

CAPACIDAD INSTALADA EN OPERACION (1981)

<u>TIPO</u>	<u>CAPACIDAD (MW)</u>	<u>GENERACION BRUTA ANUAL (GWH)</u>
Hidroeléctrica	6,550	24,446
Termoeléctricas		
Vapor	7,786	35,560
Ciclo Combinado	1,223	3,456
Turbogas	1,539	3,202
Geotérmica	180	964
Combustión Interna	118	251
TOTAL	17,396	67,879

Puede verse que los hidrocarburos representan el 66% y la energía hidroeléctrica el 32.8%.

Debido a lo anterior y a que en el balance energético nacio-

nal en 1981 los hidrocarburos constituyen el 90% de la oferta de energía primaria para consumo interno: es por tanto imperioso y urgente diversificar la oferta energética, sustituyendo gradualmente los hidrocarburos por otras fuentes de energía primaria. El sector eléctrico puede jugar un papel importante en esta diversificación.

Para poder plantear una estrategia energética, es necesario partir del conocimiento actual de los recursos energéticos de México, en la siguiente tabla se presenta en forma resumida la información disponible sobre los recursos energéticos renovables y no renovables.

A. Recursos No Renovables (Cantidades recuperables)				
<u>Recurso</u>	<u>Tipo de Información</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Contenido Energético 10 Joules</u>	<u>Producción 10 Joules</u>
Petróleo Crudo y Líquido del Gas	Reservas Probadas	4,175 MTon.	189,545	2,825
	Recursos Adicionales	12,878 MTon.	584,661	
Gas Natural	Reservas Probadas	1,669 TM	65,759	1,216
	Recursos Adicionales	1,740 TM	68,556	
Carbón	Reservas Probadas	1,584 MTon.	43,936	102
	Recursos Adicionales	1,800 MTon.	49,517	
Uranio	Reservas Probadas	8,300 Ton.	5,229	0
	Recursos Adicionales	2,400 Ton.	1,512	
Geotermia	Recursos Potenciales	411860 GWH	4,932	11

B. Recursos Renovables				
Hidroelectricidad	Potencial Identificado	171.866TWH	2,058/año	204

En la tabla no se incluye información sobre fuentes de energía no convencionales debido a que comprenden una variedad de conceptos, que tienen como común denominador un desarrollo tecnológico aún incompleto para suministrar energía económicamente, en la forma intensiva que lo demanda un país con industria.

En esta situación se encuentran la energía solar, la biomasa, la de las mareas, la energía térmica de los océanos, de las olas, de las corrientes marinas, etc. Capítulo aparte lo constituye la energía de fusión, que es otro tipo de energía nuclear que puede llegar a desplazar en el próximo siglo a casi todas las demás,

En general se cree que en lo que resta del siglo todas estas energías desempeñarán un papel muy marginal, si es que lo desempeñan en el balance del mundo y en particular de México. La energía solar, por medio de calentadores de agua y calefactores, difícilmente logrará suministrar un 1% del balance energético del año 2,000.

Además de conocer los recursos energéticos, es necesario establecer los criterios para la expansión del sector eléctrico.

Un objetivo de primera importancia es disminuir el uso de hidrocarburos para la generación eléctrica.

La minimización del costo del programa de expansión del sistema eléctrico debe ser también un objetivo principal.

Por último, las distintas opciones para la expansión deben juzgarse también en función de las posibilidades mayores o menores que presenten para desarrollar en México la fabricación de la maquinaria y los equipos correspondientes y disminuir la dependencia tecnológica del extranjero. El sector eléctrico, que es uno de los mayores importadores de bienes de capital (10,100 millones de dólares, 47.7% del total de importaciones. Equivalente al 73% de las exportaciones de petróleo, superior 2.7 veces al déficit comercial del país, y el 80.5% del déficit de la balanza de pagos.) Puede convertirse en un promotor de su fabricación en México, contribuyendo en esa forma a crear fuentes de empleo y disminuir la dependencia tecnológica del extranjero, evitando así la salida de divisas que son tan necesarias para México en la realidad social actual.

Hablemos ahora de la posible demanda del año 2000 para que con esto se vea qué tan necesario sería aumentar la capacidad del sector eléctrico.

De acuerdo con la CFE, se prevee una tasa de crecimiento del orden del 11% anual hasta fines del siglo, lo que conduce a pronosticar una generación de 550 TWH para el año 2000, o sea ocho veces mayor que la generación de energía eléctrica producida en 1981. Otro pronóstico de la CFE, basado en la extrapolación de las tendencias históricas, nos revela que la ge-

neración necesaria para el año 2000 será de 374 TWH que aún parece demasiado elevado. Un método de pronóstico de la demanda futura desarrollado por el Dr. Aoki, se basa en la correlación observada en numerosos países entre el crecimiento del PNB por habitante, lo cual nos conduce a pronosticar que para un PNB anual del 6% y de un crecimiento anual de la población del 2.5%, se requerirán 320 TWH en el año 2000, lo que corresponde a una tasa anual de crecimiento del 3.5%, la tasa de crecimiento será seguramente más alta en los años próximos e irá disminuyendo hasta alcanzar valores inferiores en los últimos años del siglo.

A continuación se proporciona información referente a las posibilidades de diversificación de la oferta energética en la expansión del sector eléctrico.

GENERACION HIDROELECTRICA.

La energía hidráulica es un recurso renovable debido a la energía solar, pues es la que produce el ciclo hidráulico. Su uso para generar electricidad permite ahorrar el consumo de recursos no renovables y prolongar así la disponibilidad de éstos. Sin embargo, los métodos de evaluación usualmente utilizados no toman en cuenta el hecho de que se trata de un recurso que no se agota y dura indefinidamente. Al hacer la comparación con una planta generadora que utilice un recurso no renovable se limitan a comparar los costos de inversión y de operación, incluyendo el costo del combustible en el segundo caso. En realidad se puede considerar que el potencial hidroeléctrico no utilizado significa un desperdicio de -

energía parecido a la quema de gas natural en la atmósfera.

La larga vida de las instalaciones hidroeléctricas y los bajos costos de operación hacen que el costo de la energía generada sea menos afectada por la inflación, cosa que no ocurre con las plantas termoeléctricas, donde el aumento del precio de los combustibles afecta directamente el costo de la energía generada.

Los desarrollos hidroeléctricos constituyen frecuentemente una parte de un aprovechamiento hidráulico de usos múltiples, en cuyo caso los costos deben prorratearse entre los diferentes usos. Esto es importante con las condiciones hidrometeorológicas que se tienen en el territorio nacional, caracterizadas por una temporada de lluvias y una temporada de estiaje muy marcadas. Ya que en un desarrollo hidroeléctrico con capacidad de almacenamiento anual permite regular el gasto del río y obtener beneficios adicionales para la agricultura, mediante el riego y control de avenidas.

Las plantas hidroeléctricas no son contaminantes, a diferencia de las termoeléctricas, y en general tienen una influencia positiva en la ecología de la región. Contribuyen a mejorar la infraestructura de la zona, mediante la apertura de vías de comunicación, centros de población, y en ocasiones, desarrollos turísticos.

La componente nacional en el costo de las plantas hidroeléctri

cas es actualmente de más del 70%, mientras que las termoeléctricas es del orden del 55%. Un punto de mucha importancia es que, debido a la falta de divisas, tanto la ingeniería y el diseño, como la construcción y el montaje de estas plantas se realizan con recursos y tecnologías nacionales, la componente nacional del costo podría elevarse en breve plazo a prácticamente - el 100% si se desarrollan la fabricación en México de las turbinas hidráulicas y los generadores eléctricos correspondientes. Además, dado que el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar en Latinoamérica es aún considerable, éste podría ser un campo propicio para la exportación de ingeniería y tecnología mexicanas.

La energía hidráulica es aquella que libera el agua al fluir de lugares altos a lugares bajos. Gran parte de nuestro país se encuentra a una altura muy elevada con respecto al nivel del mar, la altiplanicie sin embargo, pocos ríos la atraviesan, por lo que el potencial hidráulico es relativamente pequeño, y casi todo se encuentra en el sureste y no en los bordes de la altiplanicie como era de esperarse.

Durante muchos años la industria eléctrica basó su desarrollo en la hidroelectricidad y los hidrocarburos en partes aproximadamente iguales; sin embargo, en los últimos años a medida que se agotan los sitios más económicos para instalar las plantas hidroeléctricas, su participación ha venido perdiendo terreno ante los hidrocarburos.

Los estudios que han realizado diferentes organismos del estado, indican que es posible aprovechar entre tres y cuatro veces más el equivalente a lo que ya hay como capacidad hidroeléctrica instalada. Debido a las características específicas de nuestro país, se pueden hacer las siguientes observaciones:

1.- Las cuencas con potencial hidroeléctrico, aún sin aprovechar o en proceso de desarrollo, se encuentran en el sureste del país, particularmente en la cuenca del Río Usumacinta. Esto significa que la energía hidroeléctrica que ahí se genere deberá transportarse a una distancia del orden de 800 Kms. si se destina a la región industrial del Valle de México, a 1,300 Kms. si va a la de Guadalajara y a 1,500 Kms. si se envía a la de Monterrey. Al aumentar la distancia entre los sitios donde se genera la energía y los centros de consumo, se incrementen los costos de distribución, las probabilidades de falla y las pérdidas intrínsecas a ella.

2.- El factor de planta de las hidroeléctricas es bajo, (0.3 según la CFE).

3.- Los problemas asociados a una planta de este tipo no son despreciables como popularmente se cree. En primer lugar

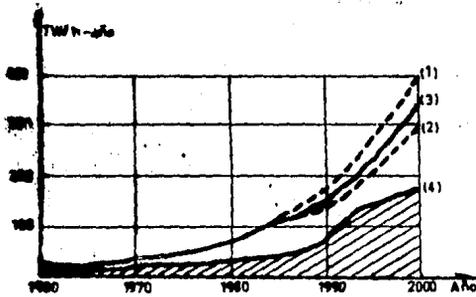
se inundan grandes áreas que generalmente son de cultivo, se cambia el habitat de la región considerablemente, trayendo consigo parásitos que antes se desconocían en la región.

La participación hidroeléctrica hacia el año 2000, según estudios recientes de la evolución de la demanda eléctrica a nivel nacional, variará en un rango de 400 a 500 miles de millones de KWH/año en el año 2000.

Tomando en cuenta la hipótesis media del crecimiento de la demanda, con la que al año 2000 serían necesarios 450,000 GWH, la máxima participación hidroeléctrica al finalizar el siglo, equivalente al 38% de la generación, si fuese factible, técnica, económica y socialmente explotar la totalidad del potencial identificado.

El potencial identificado es aquel que se obtiene al identificar en gabinete y/o en campo un prospecto de aprovechamiento. La estimación de este potencial se realiza mediante el conocimiento del gasto medio de una carga hidráulica aprovechable y de un porcentaje de aprovechamiento - hidráulico del esquema en estudio. Este potencial no considera la factibilidad técnica, social y económica de los proyectos.

La siguiente gráfica muestra la probable evolución de la demanda eléctrica a nivel nacional.



(1) HIPOTESIS ALTA

(2) HIPOTESIS BAJA

(3) HIPOTESIS MEDIA

(4) GENERACION HIDROELECTRICA

EXPLOTANDO TODO EL POTENCIAL IDENTIFICADO

(171.8 TW/h)

En el análisis elaborado por la Subgerencia de Estudios Eléctricos, se ha considerado que para surtir la demanda eléctrica en el período 1983-2000, en principio sería necesario construir y operar alrededor de 70 plantas hidroeléctricas adicionales, de las que 48 estarían destinadas a surtir las demandas del sistema interconectado sur, 20 al sistema -- norte, y el resto al sistema Falcón-Monterrey. De ese total de 70 plantas hidroeléctricas, únicamente 26 tienen estudios de gran visión o prefactibilidad. La generación media de estos proyectos sólo equivale al 33% del total hidroeléctrico demandado, lo que implica que será necesario generar -- los estudios de ingeniería básica que permitan seleccionar adecuadamente -- los mejores proyectos para realizar las mejores obras que representan el 67% de la demanda de los próximos 25 años, las cuales aún no han sido estudiadas.

En la siguiente lámina se muestra la distribución espacial del potencial hidroeléctrico identificado, según cuencas hidrográficas, -- donde se observa que del total del potencial identificado, el 33% se encuentra en los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz.

HIDROCARBUROS

En México, debido a sus amplias reservas de petróleo el -- problema de cubrir cualquier demanda energética se ha resuelto tradicionalmente con el uso de hidrocarburos. En el balance nacional, los hidrocar---



DISTRIBUCION ESPACIAL DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO
IDENTIFICADO SEGUN CUENCAS HIDROGRAFICAS

buros constituyen actualmente el 90% de la oferta de energía primaria para el consumo interno.

En el sector eléctrico se vió reflejado este hecho, a partir de los años 60, cuando el número de proyectos hidroeléctricos se fue reduciendo y se le dió preferencia a las plantas termoeléctricas que utilizan como combustible combustóleo o gas natural, dadas las ventajas de menor inversión requeridas y tiempos de construcción más cortos.

El consumo de hidrocarburos ha crecido en años recientes a una tasa anual del 11%. Si esta tendencia se continúa en el futuro y la exportación de petróleo se mantiene a nivel de 1.5 millones de barriles diarios, las reservas actualmente probadas de hidrocarburos que son de 72,000 millones de barriles se agotarían en 23 años, de acuerdo al siguiente cálculo:

$$72,000 = 569.4 \times N + 645.7 \times \left(\frac{(1.11)^N - 1}{\ln 1.11} \right)$$

$$\text{Exportación anual} = 569.4 \times 10^6 \text{ BPCC}$$

$$\text{Consumo Interno} = 645.7 \times 10^6 \text{ BPCC}$$

Además, los estudios más serios que se han hecho sobre la oferta y demanda de hidrocarburos a nivel mundial, indican que la demanda sobrepasará a la oferta dentro de muy pocos años, habiendo consistencia en que esto ocurrirá por el año 2000. En consecuencia, los precios de los hidro

carburos que aumentaron vertiginosamente a partir de 1973, crecerán aún - mucho más cuando comiencen a sentirse los síntomas de que la demanda está a punto de superar a la oferta. Por lo que para estos años los países que cuenten con reservas de hidrocarburos considerables, se encontrarán en una coyuntura económica muy favorable; todo esto aunado a la delicada situación por la que pasa México actualmente, en que las exportaciones de petróleo representan más del 75% de la entrada de divisas al país.

Es por tanto necesario adoptar una metodología en los estudios de expansión de la diversificación de la generación eléctrica, de manera de que sea posible valorar en forma adecuada las fuentes renovables respecto a las no renovables y las posibilidades que presente cada alternativa para desarrollar en México la fabricación de la maquinaria y equipos correspondientes.

Sin embargo, la utilización de hidrocarburos en la generación de energía eléctrica seguirá jugando un papel significativo en lo que resta del presente siglo y su sustitución se llevará a cabo mediante un proceso --- gradual y prolongado. En los próximos años será necesario utilizar las cantidades crecientes de combustóleo, producto residual de la producción nacional de gasolina, que irán aumentando en los próximos años debido al aumento de - consumo de gasolina, que en el período de 1971 a 1980 creció a una tasa anual del 8.9%, y debido también al procesamiento del petróleo pesado tipo maya, estimándose que por cada barril de gasolina se obtendrán 0.9 barriles de combus-

toleo, que por sus características no podrá venderse en el mercado de exportación de Estados Unidos.

Pero la utilización de este combustóleo por su contenido de vanadio involucra graves problemas de corrosión e incrustamiento en los generadores de vapor, afectando desfavorablemente los costos de operación.

También se dispondrá en el futuro de importantes cantidades de gas natural asociado, que actualmente se quema en la atmósfera por falta de las instalaciones requeridas para aprovecharlo. PEMEX dió a conocer que en 1981 se enviaron a la atmósfera 110,412.5 millones de pies cúbicos de gas natural -- que corresponden al 16.4% de la producción total de gas natural en el período -- indicado.

CARBON

Por las características que ha tenido el desarrollo del sector energético en México, se ha explorado poco para localizar carbón no coquizable o tipo llama larga que es el utilizado en la generación de energía eléctrica.

Actualmente es en el estado de Coahuila donde se encuentran dos regiones carboníferas de gran importancia por sus reservas y recursos. Siendo la distinción entre estos dos términos, en que un recurso se define como "La concentración natural de material sólido, líquido o gaseoso, dentro

o sobre la corteza terrestre, cuya extracción se puede realizar actualmente o en el futuro"; mientras que la reserva se define como "La porción de un recurso identificado que puede ser explotado con rendimiento económico al tiempo de su clasificación".

La primera de estas regiones está en Sabinas y se extiende -- hasta Monclova donde se divide en numerosas subcuencas. Aquí el carbón es, en su mayor parte, de tipo coquizable y, por lo tanto, se reserva para satisfacer las necesidades de la industria siderúrgica del norte del país. La segunda región es la de Fuentes-Río Escondido, con una extensión que se cree va -- desde Piedras Negras hasta la zona de San Ignacio, en el estado de Tamaulipas, con unas reservas probadas de carbón no coquizable que alcanzan 643 millones de toneladas, reservas que garantizan la satisfacción de la demanda de carbón durante 30 años para plantas carboeléctricas cuya capacidad instalada sería de 4,000 MW.

Se estima que para los años 90, estos 4,000 MW contribuirían con el 11% de la generación bruta de electricidad y permitirían sustituir cerca de 120,000 barriles diarios de combustóleo.

De esta manera, para formarse una idea del potencial carbonífero la CFE dió a conocer los siguientes datos sobre reservas y recursos estimados de carbón no coquizable en el país:

MILLONES DE TONELADAS

RESERVAS PROBADAS	643
RESERVAS PROBABLES	244
RESERVAS POSIBLES	515
RECURSOS ADICIONALES	<u>1,750</u>
TOTAL	<u>3,152</u>

Por lo que es recomendable, de llevarse a cabo un programa carboeléctrico a corto plazo, continuar con los programas de exploración - por un período que abarque de 1983 a 1994. Si se tiene éxito puede esperarse que el potencial carboeléctrico de la región noroeste sea de 12,000 MW.

Actualmente el país cuenta con una termoeléctrica que opera a base de carbón, que alcanza a fines de 1982 los 1,200 MW, y se prevee la construcción de dos plantas más de 1,400 MW cada una.

Por otra parte, la generación de energía eléctrica mediante el uso del carbón tiene el grave inconveniente de causar la mayor contaminación.

La emisión de gases de las carboeléctricas contienen cantidades muy apreciables de compuestos de azufre, que son muy dañinos para la ecología. Aunque ya se han utilizado precipitadores electrostáticos para eliminarlos, no han dado resultados satisfactorios.

GEOTERMIA

La Geotermia es una fuente relativamente reciente en México. En el año de 1953 se empezó con la construcción de la primera unidad experimental en Pathe Hidalgo, quedando lista en 1959.

Actualmente se han obtenido resultados en el proyecto geotérmico de Cerro Prieto teniéndose en operación cuatro unidades de 37.5 MW, dos nuevas unidades de 110 MW con turbogeneradores de 55 MW cada una y una unidad de 30 MW, totalizando una capacidad de 400 MW.

La CFE lleva a cabo la exploración y explotación de campos -- geotérmicos, así como la construcción y operación de plantas generadoras.

Entre los nuevos desarrollos geotérmicos se cuenta en el Norte la ampliación del Cerro Prieto con dos unidades más de 110 MW para alcanzar una capacidad de 620 MW para finales de 1984 y se continúa explorando a lo largo de la falla de Cerro Prieto y en diversas áreas del Valle de Mexicali, entre las cuales se encuentra Tulicheck. En el centro del país se tienen en exploración diversas áreas con alteración hidrotermal entre la que se encuentra la provincia geotérmica Jalisco con una área del orden de 5,000 KMS., en ese lugar está ubicado el campo geotérmico de La Primavera, a 15 KMS. de Guadalajara, presumiblemente localizado en una caldera con múltiples domos volcánicos en el cual se tiene una gran cantidad de fumarolas. A la fecha se han --

perforado 5 pozos que proporcionan vapor sobrecalentado. Se tiene programada la instalación de pequeñas plantas portátiles de 5 MW, que no son muy eficientes pero económicamente son rentables.

En Michoacán se tiene actualmente en desarrollo el campo geotérmico de Los Azufres en el cual se han perforado 43 pozos, obteniéndose buenos resultados en varios sitios, se tienen instaladas 5 plantas de 5 MW y se tiene programado instalar una primera planta de 55 MW.

Al oriente del país se encuentra la zona de los Humeros cerca de la frontera entre Puebla y Veracruz, en la cual se efectúan estudios y se ha realizado la perforación de 5 pozos, pero que proporcionan vapor con mucho gas.

Existen otras zonas en el país con posibilidad de explotación geotérmica, habiéndose clasificado a la fecha más de 300 focos termales de los cuales se considera que como mínimo 100 son económicamente explotables.

Las reservas probadas son de 1,000 MW aproximadamente, de las cuales 750 MW corresponden a la central de Cerro Prieto, Baja California Norte, 160 MW a la zona de Los Azufres, Michoacán y 160 MW a Los Humeros. Las reservas probables están concentradas en el centro del país, en la zona del Eje Volcánico y también en Baja California Norte, la cifra es-

timada es de 4,600 MW. Con respecto a las reservas posibles serían de -- 6,000 MW; por lo que hasta el año 2000 la máxima participación de la energía geotérmica sería de un 3.8% a un 4% de la capacidad instalada del país. Respecto a la eficiencia, las centrales geotérmicas tienen un factor de planta de 0.8 a 0.95.

Existen apreciables problemas asociados a las plantas geotermoelectricas como son: que la evaluación de los potenciales geotérmicos aún no se puede determinar con una certeza que permita evaluar el riesgo de la inversión de su desarrollo con precisión, ya que cada pozo perforado cuesta de 200 a 300 millones de pesos. La tecnología para perforación y desarrollo está todavía en proceso con costos muy elevados. El vapor que se obtiene de los pozos viene acompañado de cantidades importantes de gases contaminantes que deben ser controlados.

En Cerro Prieto, se estudia la factibilidad de separar el potasio y sodio del agua proveniente de los pozos para aprovecharlos en la fabricación de fertilizantes y textiles respectivamente.

URANIO

Las reservas de uranio que se han logrado identificar son pequeñas comparadas con las que demandaría un programa nucleoelectrico importante; sin embargo, todos los indicadores geológicos y la prospección que

se ha realizado indican que el potencial es muy grande. Los geólogos que trabajan en esta área estiman que tan sólo en el Estado de Chihuahua puede haber más de 100,000 toneladas económicamente explotables.

A diferencia de los hidrocarburos, el uranio no tiene otro uso importante en nuestro país, más que la generación eléctrica; sin embargo, el uranio aún no genera electricidad en México, ya que se esperaba que para 1983 comenzaran a operar las dos primeras unidades de la nucleoelectrica de Laguna Verde, pero el proyecto está avanzando lentamente, presentándose infinidad de problemas para proseguir su realización.

Día con día se presentan dificultades políticas, tecnológicas, sociales y económicas para seguir pensando que la energía nuclear será la solución a la creciente demanda eléctrica del país.

Por su relación con la bomba atómica, la transferencia de tecnología nuclear encuentra muchos obstáculos, sobre todo en lo relacionado con el enriquecimiento del uranio y el reprocesamiento de combustibles irradiados, además la energía nuclear sufre ataques, generalmente infundados, producto de prejuicios y falta de información por parte de muchos grupos de oposición. Los problemas reales, como el almacenamiento de desechos radioactivos se encuentra en proceso de perfeccionamiento.

COSTO DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

En la siguiente tabla se muestran los costos estimados de la generación de energía eléctrica en sus distintos tipos.

Costos estimados de Generación Eléctrica para Nuevas Plantas (pesos/KWH)

	<u>Geotérmica</u>	<u>Carbo-Eléctrica</u>	<u>Hidro-Eléctrica</u>	<u>Nucleo-Eléctrica</u>	<u>Termo-Eléctrica (c/com-bustóleo)</u>
Total	0.37	0.47	0.48	0.52	0.69
Costo de Inversión	0.25	0.18	0.44	0.32	0.12
Costo de Explotación	0.12	0.07	0.04	0.05	0.04
Costo de Combustible	-	0.22	-	0.15	0.53

Como se puede ver en la tabla, la opción de generar electricidad en una planta nucleoelectrica es más costosa que generarla en una planta hidroeléctrica, carboeléctrica o geotermoelectrica y sólo es superada por la planta termoelectrica convencional que utilice combustóleo a precio internacional.

También se puede observar que el costo de inversión en una planta hidroeléctrica es el más alto de todos, pero tiene una importante diferencia a favor sobre los costos de inversión de los demás tipos de plantas, y ella radica en que la mayor parte de los insumos necesarios para su instala

ción son producidos en el país, y en que por lo tanto la inversión sería en moneda nacional.

Si atendemos ahora el costo del combustible, se verá que la opción geotérmica y la hidroeléctrica tienen costos obviamente nulos; lo que significa que el costo de generación eléctrica en estas plantas no se verá afectado por la inflación futura. En las otras formas de generación el aumento futuro en el precio del carbón, uranio y combustóleo sí incidirá en el costo futuro de generación.

La información anterior puede complementarse con la de la figura mostrada en la siguiente página, en donde se presentan en forma gráfica los gastos anuales totales de distintos tipos de unidades generadoras, en función de la duración de funcionamiento anual. De la figura se observa lo siguiente:

- a) La generación obtenida en turbinas de gas (que utilizan -- gas natural o diesel como combustible) es la más económica para proporcionar los picos de la curva de carga, operando con un factor de planta de 0,1 (876 horas de operación anual) o menor.
- b) La generación obtenida en una planta termoeléctrica que utilice combustóleo al precio nacional, es la más económica pa

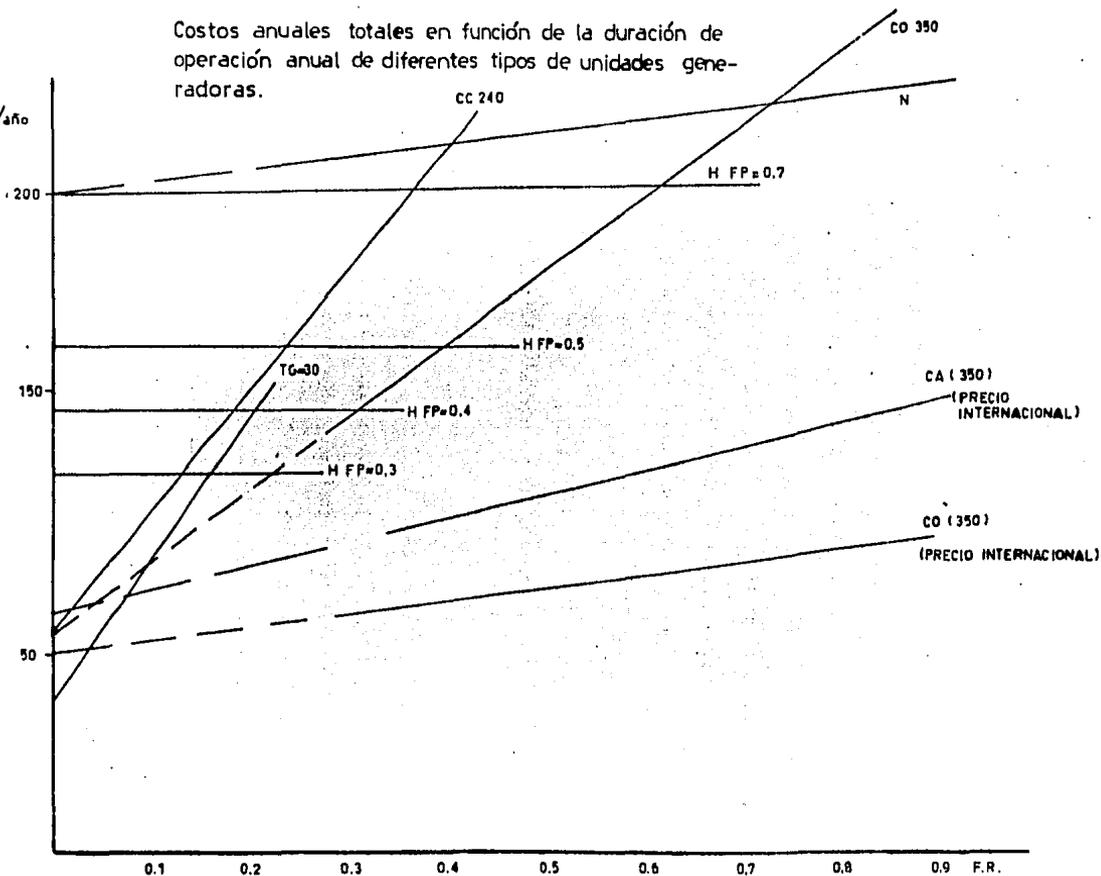
ra factores medios o altos de planta, lo que muestra la conveniencia de utilizar para la generación de energía eléctrica el combustóleo que no puede exportarse. Le sigue la economía una termoeléctrica que utilice carbón a precio nacional, para el mismo rango de operación anual.

- c) Por razones tecnológicas las plantas de vapor no se presentan a paros y arranques frecuentes ni a variaciones rápidas de carga, por lo que no es conveniente su operación a factores de planta bajos. Para duraciones de operación anual -- correspondientes a factores de planta bajos. Para duraciones de operación anual correspondientes a factores de planta comprendidos entre 0.1 y 0.3, las mejores opciones son las plantas de ciclo combinado (cuyas turbinas de gas utilizan gas natural o diesel) y las plantas hidroeléctricas sobre-equipadas, siempre que la energía eléctrica generada no tenga que transmitirse a grandes distancias, lo que añadiría un costo adicional en línea de transmisión y en pérdidas de energía, que podría eliminar el interés económico del sobre-equipo de la planta hidroeléctrica.

Comparando las distintas opciones y considerando exclusivamente precios internacionales de los combustibles, la mejor opción para duraciones de operación anual correspondientes a factores de planta comprendidos

Costos anuales totales en función de la duración de operación anual de diferentes tipos de unidades generadoras.

Doll/kw/año



TG = TURBINA DE GAS
 CC = CICLO COMBINADO
 CA = CARBON

CO = COMBUSTOLEO
 H = HIDROELECTRICA
 N = NUCLEAR

entre 0.3 y 0.7 son las plantas hidroeléctricas y después las termoeléctricas a base de combustóleo en las que se utilizarán unidades de 350 MW, hasta factores de planta de 0.6. Para factores de planta superiores a 0.6, o sea para proporcionar generación para la base de la curva de carga, las plantas nucleares resultan más económicas que las térmicas a base de combustóleo a precio internacional, pero para esto se requiere utilizar unidades muy grandes, de 900 MW, lo que introduce problemas adicionales en la operación del sistema y puede hacer necesaria una reserva de generación mayor.

DEPENDENCIA TECNOLÓGICA DEL EXTRANJERO Y POSIBILIDADES DE FABRICACION DEL EQUIPO EN MEXICO.

En el caso de las plantas hidroeléctricas, es relativamente fácil aumentar considerablemente la participación nacional mediante la fabricación en México de turbinas hidráulicas y generadores. En el caso de las termoeléctricas, se fabrica ya parte de las calderas y podría iniciarse la fabricación de turbogeneradores con capacidades hasta de 350 MW. Por otra parte, será mucho más difícil y costoso fabricar equipo nuclear o los grandes turbogeneradores (600 MW) utilizados en las plantas nucleoeeléctricas. Pero la dependencia más peligrosa se produciría en el ciclo de combustible para las plantas nucleoeeléctricas, en caso de realizar un programa nuclear importante. Un país como México que no cuenta con tecnología nuclear tendría que depender indefinidamente de los países que la controlan para poder mantener en funcionamiento las plantas.

Por fortuna, el país cuenta con otras soluciones energéticas a corto y mediano plazo, es decir, más allá del año 2000 la energía nuclear puede ser-

una de las soluciones, por lo que se considera prudente que México desarrolle un programa nucleoelectrico mínimo, que podría consistir en la instalación de otra nucleoelectrica similar en tamaño a la de Laguna Verde y que entrara en servicio para 1990.

En la siguiente tabla se puede observar la dependencia tecnológica de México en plantas termoelectricas y plantas hidroelectricas. La dependencia en cuanto a ingeniería y diseño, equipos y materiales, construcción y montaje de una termoelectrica es mayor y debe recalcarse que el diseño y la ingeniería de ambas clases de plantas son casi totalmente nacionales, lo que hace que estos dos tipos de plantas sean más factibles de desarrollo que los demás.

INTEGRACION DEL COSTO DE LAS OBRAS (VALORES MEDIOS)

<u>Conceptos</u>		<u>Plantas Termo-</u>	<u>Plantas Hidro-</u>	<u>Líneas de</u>
		<u>eléctricas con</u>	<u>eléctricas con</u>	<u>Trasmisión</u>
		<u>subestación</u>	<u>subestación</u>	<u>Alta Tensión</u>
		<u>%</u>	<u>%</u>	<u>%</u>
Equipos y Materiales -	Nacional	15	10	60
	Importación	40	25	10
Ingeniería y Diseño -	Nacional	2.5	1.95	1
	Importación	0.5	0.05	0
Construcción Y Montaje -	Nacional	37	60	28
	Importación	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>1</u>
		100	100	100

- En esta distribución se han incluido los costos directos, no comprende los indirectos como oficinas nacionales, ni los intereses durante la construcción.

III. PROBLEMATICA ECONOMICA

En los últimos meses la crisis ha evolucionado y modificado su forma de expresión; de la faceta en la que predominaron los disturbios monetarios y financieros, la economía ha transitado a un nuevo momento en el que lo importante son las severas caídas de la inversión, la producción y la demanda solvente en la mayor parte de las actividades económicas.

Por otra parte, la inflación sigue creciendo, y al mismo tiempo algunos de los síntomas importantes de los disturbios monetarios y financieros, los cuales durante 1982 se manifestaron en sucesivas oleadas de gravedad progresiva atenuaron su fuerza, al menos temporalmente. En ese año, México experimentó una aguda crisis económica y de balanza de pagos. Se observó una fuerte contracción de la actividad económica, un descenso del empleo, tasas de inflación interna sin precedente y una caída en las reservas internacionales del país de proporciones tales que nos condujo a una virtual suspensión de los pagos internacionales.

El programa inmediato de reordenación económica adoptado a fines del 82, está orientado a restablecer la confianza mediante la corrección de los principales desequilibrios surgidos en la economía mexicana. Dicho programa hace hincapié en el fortalecimiento de las finanzas públicas y del ahorro interno a fin de corregir el desequilibrio externo y abatir la inflación. Para lograr estos objetivos, se requería una drástica reducción del déficit del

sector público; mediante el fortalecimiento de las finanzas públicas, se buscó disminuir las presiones sobre los precios internos y la balanza de pagos, así como reducir la dependencia del financiamiento externo. Se elevaron las tasas de interés para promover el crecimiento financiero. Se racionalizaron los controles de precios, tomando en cuenta su impacto sobre el poder de compra de los grupos de menores ingresos y sobre la producción. Se adoptó una política cambiaria que restaurara la competitividad de la economía y aumentara la disponibilidad de divisas y se eliminaron los subsidios cambiarios.

El primer reto de la política financiera citada fue la eliminación de obstáculos fundamentales para un desarrollo sano y sostenido. Se trataba de restablecer tasas de interés que estimularan el ahorro en el sistema bancario; generar una política cambiaria que promoviera exportaciones y turismo, y que se resolviera el problema de la falta crítica de divisas, lo cual implicaba establecer las condiciones básicas de reestructuración de la deuda externa que pudieran permitir obtener recursos frescos.

Veamos ahora lo obtenido mediante esta política a partir de 1983:

Los resultados de 1983 son críticos desde muchos aspectos para los trabajadores mexicanos del campo y la ciudad, así como para la soberanía económica nacional. No obstante la caída sin precedente del poder adquisitivo del salario real (-46% en 1983) y del empleo (del 8 al 13% el desempleo

abierto) y de la fuerte contracción en el gasto público y en el circulante monetario, la inflación no fue inferior al 85% en el año. Se pone de manifiesto así, la absoluta inoperancia de aquellas tesis económico-políticas que hacen depender el nivel del crecimiento inflacionario del comportamiento de los salarios. Para los trabajadores, al concluir 1983 quedó la certeza de que el sacrificio salarial y la política de austeridad en su conjunto han sido en parte inútiles para contener la inflación, la carestía y el desempleo.

Un problema crítico que hubo que superar, fue el de la seria escasez de divisas, que realmente no se resolvió en sus aspectos más elementales sino hasta que ingresaron en el mes de abril de 83, mil setecientos millones de dólares a cuenta del crédito de 5,000 millones que se obtuvo a través de la banca extranjera; ésto, aunado a un gran esfuerzo de PEMEX, que elevó su nivel de exportaciones de 600,000 a 1.6 millones de barriles diarios de febrero a abril. No hay nada más efectivo para reducir rápidamente las importaciones y promover la sustitución de importaciones que la falta total de divisas, como la que se experimentó en los primeros meses del año de 83, junto con los efectos de una devaluación del 500%.

Sin embargo, las exportaciones de bienes y servicios nacionales han demostrado una muy baja o nula capacidad de respuesta a las devaluaciones del peso mexicano frente al dólar. Es así que mientras el dólar norteamericano multiplicó su capacidad de compra frente al peso en seis veces entre diciembre de 81 y noviembre de 83, el valor de las exportaciones de mercancías en enero-septiembre de 83 sólo creció respectivamente, en 3.1% y 5.9% en rela-

ción con iguales períodos de 1982 y 1981. Los ingresos de dólares por transacciones fronterizas son -20% inferiores en enero-agosto del 83 respecto a similar lapso del 82. Los ingresos de divisas por maquiladoras son: en enero-agosto de 83 inferiores en -19.6% respecto a los ocho primeros meses de 1982 y -24% comparado con igual período de 1981. No obstante, los saldos entre ingresos y egresos de divisas por concepto de exportación de bienes y servicios han mejorado notablemente en los principales renglones como resultado de las drásticas caídas de los gastos de nacionales en el extranjero; la balanza comercial ascendió a nueve mil seiscientos millones de dólares entre enero y septiembre de --- 1983, cifra superior en 267.3% a la registrada en período comparable en 1982. En los mismos meses, el saldo de la balanza turística es de 807.2 millones de dólares, cantidad 95% superior a la de 82. En cambio, el saldo positivo de la balanza de las transacciones fronterizas se redujo en -49.4% respecto a 1982, debido seguramente al acelerado encarecimiento y al desabasto de los productos que se venden al extranjero en la frontera norte del país.

Otro efecto no despreciable de las devaluaciones del peso frente al dólar lo constituye el severo deterioro de los llamados términos de intercambio: el problema estriba sencillamente en que hay que entregar más a cambio de menos, con excepción de aquellas mercancías que se cotizan y sus transacciones se realizan en dólares, como es el caso del petróleo crudo. Lo ocurrido -- con el turismo ilustra una tendencia que seguramente se extiende a otras exportaciones no petroleras. Mientras entre enero y agosto de 1983 viajan al país 24.5% más turistas que en igual período de 1982, ingresan sólo 2.3% más de divisas.

Muy importante y creciente es el peso de pago a la deuda externa como componente de la deuda pública total y como destino final de las divisas obtenidas por la exportación de bienes y servicios. Una estimación gruesa permite concluir que el peso relativo del servicio de la deuda pública externa representó el 24% del servicio de la deuda pública total durante la primera mitad de 1982, mientras que, en el mismo período de 1983 el porcentaje aumentó -- hasta el 42.5%. Por otro lado, las relaciones entre el servicio de la deuda externa y los ingresos de divisas al país por concepto de exportación de bienes y servicios ha evolucionado así: en 1982 de cada 100 dólares ingresados, 32 se destinaron al pago del servicio de la deuda; en el primer semestre de 83, la relación ascendió a 43 de cada 100 dólares. La porción destinada a pago de intereses y gasto de la deuda externa ascendió a 20.2 dólares por cada 100 ingresados en 82, a 26.3 en la primera mitad de 1983.

Se puede afirmar con todo fundamento que la economía mexicana se ha convertido en una economía tributaria del capital financiero internacional.

Para cubrir los requerimientos de dinero "fresco" del país durante 1984, el 20 de diciembre de 1983, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público informó que el Gobierno de México y el Grupo Asesor de Bancos Internacionales llegaron a un acuerdo sobre el otorgamiento de un crédito de 3,800 millones de dólares a pagar en 10 años y con un período de gracia de casi 6 años, ya que los pagos se iniciarán en 1989. La cantidad citada se entregará en cuatro pagos trimestrales en el presente año (1984) y las condiciones del préstamo re-

flejan un mejoramiento sustancial respecto de los de otros préstamos anteriores.

EL DESLIZAMIENTO DEL PESO

El 22 de septiembre de 1983 el tipo de cambio de moneda libre inició un proceso de deslizamiento de trece centavos diarios, condicionando ese ritmo devaluatorio al avance de los precios. Con esta medida el tipo de -- cambio libre -que ya no es fijado por la oferta y la demanda- pasa a ser realmente importante para la economía y todas las expectativas se tendrán que ajustar a él. Por otra parte, el tope devaluatorio del tipo de cambio controlado se desplaza en el tiempo y aumenta los costos del pago de la deuda. En el frente financiero, con el deslizamiento de 13 centavos diarios, la deuda crece aproximadamente 10 mil millones de pesos diarios.

Pese a la confianza gubernamental sobre un menor deslizamiento diario de nuestra moneda frente al dólar, en el último trimestre de 1984 el -- ritmo de resbalamiento puede aumentar entre 22 y 25 centavos diarios, según estiman los economistas de Consultores Internacionales, quienes sostienen que el actual ritmo no podrá mantenerse durante todo el año de 1984, basándose en las siguientes razones: la brecha inflacionaria entre México y Estados Unidos, el posible aumento de la tasa de interés en Estados Unidos fortalecerá al dólar, no es previsible que el Banco de México ofrezca dólares para mantener su valor y las autoridades mexicanas mantendrán el peso subvaluado a efectos de evitar presiones especulativas.

Dichos especialistas calculan que al tipo de cambio libre podrá situarse entre 225 y 235 pesos por dólar al finalizar el año. También señalan que dentro de la política cambiaria no se incluyen cambios a corto plazo en cuanto a su modalidad de doble paridad y, de acuerdo con las autoridades, se mantendrá por lo menos por un par de años, argumentando que México no cuenta aún con las reservas de divisas para establecer una paridad única.

Entre los inconvenientes de mantener el sistema dual de cambios puede señalarse que provoca la subfactorización de divisas en la venta al exterior; castiga al exportador, pagando sus divisas al tipo de cambio más bajo (tipo de cambio controlado); propicia un mayor endeudamiento externo, al ser el camino más rápido y factible para allegarse divisas; las divisas captadas se orientan básicamente al pago del servicio de la deuda pública y de las importaciones del sector público, dejando un nivel insuficiente para que el sector privado pueda hacer frente a sus requerimientos y lo más grave de todo, se premia a la importación y se castiga a la exportación.

MEXICO FUERA DE PROBLEMA DE LIQUIDEZ

A principios del mes de febrero de 1984, cuando el país por medio del Secretario de Hacienda y Crédito Público se encontraba negociando el préstamo de 3,800 millones de dólares del que ya se habían reunido 2,750, el City Bank por medio de su vicepresidente y representante en -

México, aseguró que el problema de liquidez en divisas estaba prácticamente resuelto, y pronosticó que para 1985 ya no iba a ser necesario dinero fresco de la banca internacional. Se informó que los nuevos recursos estarán disponibles en el transcurso de marzo, pero se explicó que en realidad esas divisas ya no son urgentes para el país, porque éste ha evolucionado de una manera sorprendentemente favorable. Se dijo que la operación por 3,800 millones de dólares se está haciendo, no porque el país lo necesite como necesitó de divisas en 82 y 83, sino fundamentalmente para reforzar las reservas del Banco de México (este año deberán crecer en unos 2,000 millones de dólares) y para apoyar el programa de importaciones para el año en curso, las cuales deberán crecer en alrededor del 50%. Además, se agregó que la operación podría ser la última que se realice por medio del llamado Comité de Bancos Asesores, integrado por 13 bancos importantes de Estados Unidos, Europa y Japón, liderado por el City Bank que invitó a 1,300 bancos en la operación; y que para 1985 el país, con la fortaleza que haya adquirido, ya podrá regresar al mercado libre en condiciones normales.

IV. PROGRAMA NACIONAL DE ENERGETICOS 1984-1988

Entre los logros que se pretenden cubrir en una manera global, se pueden citar los siguientes:

- Serán satisfechos los requerimientos internos de energía durante el período y se mantendrá una plataforma de exportación de petróleo en torno a 1.5 millones de barriles diarios, la que podría moverse en función de las circunstancias internacionales, pero siempre en congruencia con los intereses de la Nación. Para ello, la producción nacional de energía se incrementará a una tasa media anual de entre 2.8% y 3.8%.
- Como resultado de las acciones emprendidas en materia de ahorro y uso eficiente de la energía, se estima que su consumo interno en el período 1984-1988 registrará una tasa media -- anual de crecimiento de entre 5% y 5.5%, inferior a su tasa histórica; ello determinará que la elasticidad ingreso del consumo de energía disminuya a 1.2 en 1988. Para finales del siglo se prevee que esta relación se reduzca entre 0.9 y 1.0. Así, se estima alcanzar un ahorro, en relación con la tendencia, de entre 7% y 9% para 1988 y entre 18% y 22% para el año 2000.
- En materia de diversificación, los resultados se harán paten-

tes a más largo plazo debido a los largos periodos de maduración. Para 1988, la capacidad de generación eléctrica está prácticamente determinada por las obras en proceso. La participación de las termoeléctricas a base de hidrocarburos dentro de esta capacidad total pasará de apenas 61% en 1983 a 59% en 1988, pero se habrán sentado las bases de un esfuerzo de largo alcance. Así, al año 2000, la participación de las termoeléctricas convencionales se ubicará por debajo del 50%.

- Como parte de los esfuerzos de productividad, para 1988 el sector habrá superado los principales estrangulamientos y --desfases operativos que registra actualmente. En este mismo contexto, el sector reducirá su participación dentro del consumo interno de energía de casi 47% actual a 40%-42% en 1988.
- Se buscará aumentar o cuando menos mantener el nivel actual - de reservas probadas de hidrocarburos.
- Se consolidará el proceso de saneamiento financiero de la rama eléctrica, sustentado en acciones de productividad, de --precios y tarifas y de capitalización.
- La capacidad instalada de electricidad aumentará en más de - 7,000 MW entre 1983 y 1988; por su parte, la capacidad de --

destilación primaria lo hará en 400 mil barriles diarios.

- Durante el período de vigencia del Programa, se dotará de electricidad a 5 mil localidades más y a 10 millones más de habitantes.
- En términos de los apoyos al resto de la economía, durante el lapso de referencia el sector energético aportará un volumen neto acumulado de divisas de alrededor de 68 mil millones de dólares; 8.8 billones de pesos concepto de impuestos directos; y realizará un gasto de inversión acumulado de 4.5 billones de pesos.

En sus lineamientos de acción, extraemos textualmente lo referente a hidrocarburos , electricidad y diversificación energética.

RAMA DE HIDROCARBUROS

- Asegurar una disponibilidad adecuada de infraestructura para la recolección, manejo y proceso de los hidrocarburos en los campos, así como para su distribución a grandes centros de consumo.
- Continuar los estudios detallados de factibilidad para el empleo de métodos de recuperación secundaria, seleccionando --

las técnicas con mejores posibilidades.

- Ampliar la capacidad de refinación primaria y de procesos secundarios, haciendo hincapié en un mejor aprovechamiento de crudos pesados. Para la recolección y tratamiento del gas - se programarán oportunamente las instalaciones necesarias en los campos cuyo desarrollo se inicie.
- Incrementar la capacidad de almacenamiento y continuar la instalación de ductos para transportar a través de ellos un mayor volumen de productos y liberar más unidades de transporte terrestre.

RAMA DE ELECTRICIDAD

- Ampliar la capacidad instalada para satisfacer la demanda interna y garantizar una reserva adecuada de potencia y energía.
- Ajustar la estructura de generación eléctrica, buscando utilizar de manera más eficiente la dotación de recursos.
- Incrementar la capacidad de transformación de subestaciones y redes de transmisión y distribución, de acuerdo con el crecimiento de la capacidad, procurando una mayor flexibilidad en el sistema interconectado.
- Reforzar los programas de mantenimiento de las centrales generadoras, subestaciones y líneas de transmisión, ampliando

la disponibilidad de energía eléctrica para venta y disminuyendo los usos propios y las pérdidas.

- Llevar a cabo acciones continuas de mantenimiento de las plantas termoeléctricas de mayor tamaño, con el propósito de incrementar el índice de disponibilidad del sistema eléctrico.
- Establecer microsistemas de generación en zonas apartadas en donde resulte rentable el aprovechamiento de fuentes no convencionales. Igualmente se promoverá el aprovechamiento del calor de proceso en el sector industrial.

Aparte de las acciones ya mencionadas para cada una de las ramas específicamente, en ambas deberán realizarse las siguientes acciones generales en apoyo del mejoramiento de la productividad:

- Realizar programas permanentes de adiestramiento y capacitación para los trabajadores.
- Reforzar las acciones tendientes a normalizar los equipos que se utilizan en las actividades productivas con el propósito de reducir costos, facilitar su operación y mantenimiento y hacer más eficiente el manejo de inventarios.

Con el propósito de sistematizar y dar continuidad a las acciones de productividad, cada entidad del sector estará obligada a realizar un programa específico en esta materia, dirigido a aprovechar cabalmente los recursos humanos, materiales y tecnológicos de que disponen, mejorar la calidad de sus productos, -

modernizarse y brindar el mejor servicio posible a usuarios y consumidores.

HIDROENERGIA

- Continuar con los proyectos en desarrollo, entre los que destacan el de Peñitas y el de Caracol, que contribuirán a la diversificación en el período 1986-1988.
- Definir proyectos adicionales que permitan maximizar el uso del potencial aprovechable mediante grandes embalses e incrementar el esfuerzo de cuantificación y utilización de la capacidad de los embalses medios.
- Aprovechar estos proyectos con un criterio de desarrollo integral, para dar lugar a la ejecución de proyectos paralelos de desarrollo regional.

CARBON

- Proseguir la construcción de la central carboeléctrica Río Escondido y continuar con el desarrollo de la central Carbón II. Asimismo, realizar los estudios para nuevos proyectos a largo plazo.
- Mejorar el manejo del carbón, a efecto de contar con un com-

bustible más homogéneo y de mayor poder calórico; y, continuar con los trabajos de manejo y aprovechamiento de los re siduos del carbón y reforzar el control de la contaminación ambiental que resulta de su quema.

- Establecer selectivamente proyectos de coparticipación para la explotación del potencial carbonífero de otros países, que resulten convenientes para el desarrollo de la carboelec tricidad en el país.

NUCLEOELECTRICIDAD

- Mejorar la eficiencia y productividad de las actividades pa ra la determinación de las reservas de uranio del país y con tinuar con el programa de construcción de las dos unidades - de Laguna Verde.
- Realizar los estudios de factibilidad necesarios para la cons trucción de nuevas unidades, reforzando la participación tec nológica e industrial nacional.
- Reforzar la formación de recursos humanos especializados y - las actividades de investigación y desarrollo en ciencia y tecnologías de reactores, así como en las diversas etapas del ciclo del combustible.

- Fortalecer el sistema nacional de seguridad nuclear y salvaguardias, concluir los programas de prevención de deterioros ambientales y de contingencias y desarrollar la infraestructura para resguardar los desechos radioactivos que resulten de la quema del combustible.

GEOTERMIA

- Continuar los proyectos en desarrollo en el área de Cerro Prieto, programados para el mediano plazo y concluir los estudios de factibilidad para la instalación de unidades adicionales a largo plazo tanto en la zona de Cerro Prieto y los Azufres como en otros sitios que presenten condiciones apropiadas.
- Elevar la capacidad de asimilación y desarrollo de tecnologías de exploración de yacimientos, para optimizar su aprovechamiento y preservar sus características y la energía contenida en ellos.
- Incrementar la capacidad nacional de diseño y fabricación de centrales geotérmicas de pequeña capacidad.
- Continuar la investigación y el desarrollo de la tecnología para el aprovechamiento de yacimientos de baja temperatura relativa.

Asimismo, extraemos del Plan de su parte de Metas, lo referente a los programas básicos.

HIDROELECTRICAS

Se deberán concluir en el periodo las 5 centrales hidroeléctricas en ejecución: Bacurato, El Caracol, La Amistad, Peñitas y Comedero. Se continuarán los proyectos en proceso de Agua Prieta e Itzantum, que entrarán en operación hacia 1990, y se iniciarán los de Aguamiipa, Temazcal II, Tepoa, Huites y Cajones.

GEOTERMoeLECTRICAS

Durante el periodo se concluirán las plantas Cerro Prieto II (2 unidades) y Cerro Prieto III (2 unidades) y se iniciarán, entre otros, el proyecto de Los Azufres I y el de Tejamaniles.

CARBOELECTRICAS

Se deberán concluir las unidades tercera y cuarta del proyecto Río Escondido, se continuará con el proyecto de Carbón II y se iniciará una nueva central hacia finales del periodo.

NUCLEOELECTRICAS

Se concluirán las dos unidades de la central de Laguna Verde y

se iniciará, durante el lapso de referencia, la construcción de una nueva central.

TERMoeLECTRICAS

Entre los principales proyectos que se concluirán durante el período destacan el de Manzanillo, La Libertad, Ciudad Juárez y San Luis Potosí, así como los de ciclo combinado de Tula y Huinalá. Por otra parte, se continuará con los proyectos de Topolobampo, Punta Prieta y Tuxpan, y se iniciará la construcción de la 3a. y 4a. unidades de la Central Mérida II, la primera y segunda de la Central Peninsular y la primera de Meoqui.

DUALES

Se continuará con el proyecto Lázaro Cárdenas, cuyas primeras dos unidades entrarán en operación hacia 1990.

CAPITULO I

TURBINAS HIDRAULICAS

CAPITULO I

TURBINAS HIDRAULICAS

- I. TURBINAS PELTON.
- II. TURBINAS FRANCIS.
- III. TURBINAS KAPLAN.
- IV. MONOGRAFIA DE TURBINAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES, S.A.

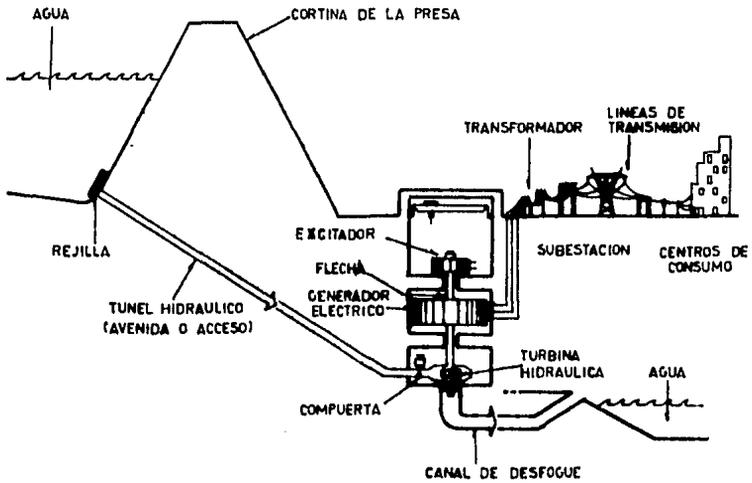


Figura 1.1. Esquema de una presa hidráulica.

TURBINAS HIDRAULICAS

Las turbinas hidráulicas que se fabrican en la actualidad en el mundo son de tres tipos: Pelton, Francis y Kaplan.

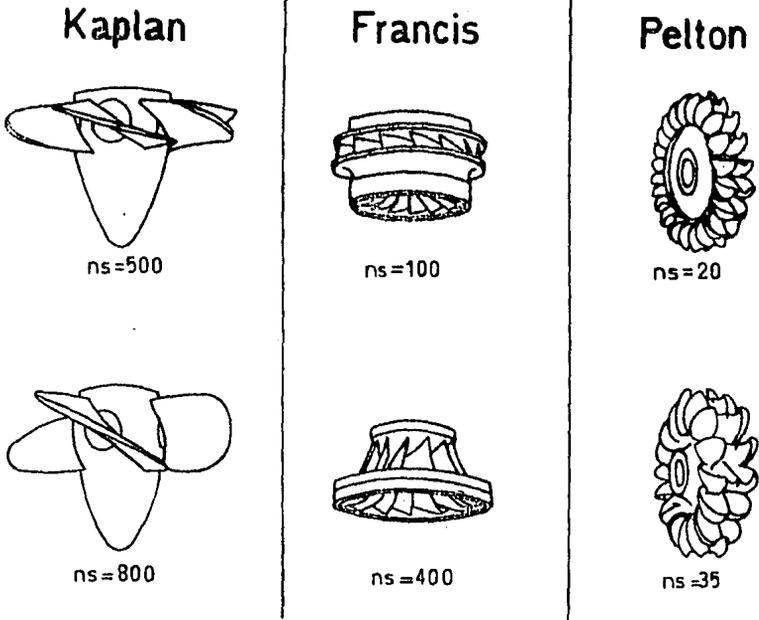


Figura 1.2. Diferentes tipos de rodets de turbinas y sus correspondientes velocidades específicas.

I. TURBINAS PELTON

Las turbinas Pelton tienen una rueda hidráulica con paletas curvas colocadas en su periferia, con la ayuda de un chiflón, se lanza el agua en un chorro a alta velocidad contra los cangilones montados separada o íntegramente en un rodete el cual comunica un par mecánico que es a provechado en la flecha del rodete.

Las turbinas que operan bajo este principio son llamadas "Turbinas de Impulso", pueden estar provistas de uno o varios chiflones.

La mejora esencial introducida por Pelton fue la adopción de cangilones dobles, simétricamente colocados en relación con un plano vertical. La costilla central divide el chorro en dos venas iguales, que se deflecan hacia los lados.

La parte extrema del cangilón es cortada cuidadosamente en forma semicircular, con objeto de que el chorro incida en él con eficiencia máxima, sin interferir con el siguiente cangilón, evitando que el líquido dé en la parte posterior de un cangilón que ya trabajó.

La cantidad de agua es regulada por una aguja que se introduce en el chiflón y que puede ser ajustada durante la operación.

El agua después de incidir en los cangilones se reúne en una

carcasa y es desalojada por una cámara especial llamada colector. Entre el nivel aguas abajo de esta cámara y el rodete existe un cierto espacio que evita salpicaduras.

A diferencia de las Turbinas Francis y Kaplan, que utilizan -- parte de la carga de la línea de centros del rodete hacia abajo, en las Turbinas Pelton sólo se emplea la carga hasta la línea de centros del chiflón.

Para obtener una eficiencia alta es esencial que el chiflón - esté bien diseñado en forma y tamaño.

Las Turbinas Pelton trabajan bajo cargas altas y gastos pequeños. Debido a que las cargas son altas y a los chiflones la velocidad se incrementa acelerando a su vez los rodetes; consecuentemente, la generación es a menor costo. El diámetro del rodete deberá guardar cierta relación con el diámetro del chiflón.

Los cangilones pueden ir montados en el rodete, o bien estar fundidos íntegramente con él. Se recomienda esta segunda forma que ahorra costos muy altos de maquinado y ensamble. Antiguamente los cangilones eran reemplazables. Sin embargo, como el desgaste ocurre parejo, cambiar cangilones equivale a cambiar toda la rueda.

En las Turbinas Pelton el principal elemento que merece aten-

ción en cuanto a la resistencia son los cangilones. La erosión en ellos es -- muy fuerte, debido a la velocidad del agua, a la arena que contiene, así como a la corrosión. Es imprescindible que la forma sea conveniente y el material adecuado, para que los cangilones sean durables.

El agua fluye al chiflón a través de la tubería de entrada cu ya pendiente desciende ligeramente hasta hacerse paralela al eje de la aguja.

Anterior a la sección de entrada se encuentra un tramo con su base anclada y un tubo para su derivación del líquido aguas abajo. Este tramo entrará en funciones cuando se quiera evitar que el agua pase al rodete y toda vía no se haya cerrado la válvula principal.

El chiflón está unido por bridas a la tubería. El chiflón es de hierro para cargas bajas y de acero para cargas altas. Tiene la parte del asiento perfectamente pulida y el acero es forjado.

Los insertos para turbinas que operan bajo cargas altas o cuando el agua contiene bastante arena son de acero inoxidable forjado. Se pueden reemplazar dejando el rodete intacto. Las guías son de bronce, de maquinación cuidadosa.

La flecha del aguja es de acero tipo siemens martin, y está -- soportada en varios puntos. La fricción se reduce con una camisa de bronce - que hay dentro.

El pistón de balanceo, el cual sirve de guía, también es de bronce, o de acero inoxidable cuando hay arena. Asegura el balanceo hidráulico de las fuerzas ejercidas sobre la aguja y sirve como estopero para la flecha de la aguja.

Cuando ha habido un desgaste de la aguja o del asiento se puede volver a ajustar éste moviendo el pistón con el resorte.

El volante que hay al extremo de la flecha de la aguja sirve para arrancar la turbina.

Cuando una carga se rechaza bruscamente, el deflector del chorro intercepta éste y evita que golpee el rodete.

En las Turbinas Pelton, la carcasa sólo guía el agua de los cangilones al colector. En algunos casos son robustas y de hierro para que no ocurran vibraciones en la operación. En turbinas horizontales, la tubería de entrada va unida con brida a la carcasa y los baleros de la turbina descansan en la carcasa. Por razones de ensamble, la carcasa tiene al menos 2 partes. La parte superior cubre el rodete, previniendo cualquier perturbación por acción del aire. La parte inferior aporta el conjunto de tubería y chiflón, a la vez que guía el agua al colector.

El desviador recoge el agua que escurre de los cangilones superiores y la desvía abajo, sin que toque el rodete.

Las cámaras laterales recogen el agua que se adhiere a las flechas, y es desviada por un anillo desviador; el flujo que resulta es guiado por los canales.

Hay una placa de acero opuesta al chiflón que previene que el concreto se humedezca con la acción del agua y además hace que el agua desviada del chiflón golpee directamente contra el concreto. Esas placas no son necesarias para cargas pequeñas. También en las paredes del colector hay serpentes para enfriar el aceite del gobernador y de las chumaceras con el agua de descarga.

Las bobinas para enfriar el aceite del gobernador y de las chumaceras se ponen en los lados del pozo de la turbina debajo de la carcaza.

La flecha de la turbina es soportada por dos chumaceras, las cuales a su vez descansan en la base. En el caso de turbinas muy grandes, el precio puede ser reducido eliminando la chumacera y haciendo que sea la chumacera del gobernador la que absorba esta carga.

El diseño simétrico de los cangilones hace que no exista esfuerzo axial apreciable.

Para seguridad, en una de las chumaceras se pone un collarín que impide cualquier desplazamiento de la flecha.

Los bujes de la chumacera constan de dos partes de metal -- blanco y son fácilmente removibles. Para turbinas de alta velocidad o alta potencia se enfría el aceite.

Si el agua disponible se distribuye entre varios chiflones se podrán obtener velocidades más altas y consecuentemente generadores de menor - precio.

Sin embargo, puesto que los chorros tienen que golpear la rueda tan lejos como sea necesario, para no crear interferencias, se necesita mayor espacio, lo cual incrementa por otro lado el costo de la turbina.

Con turbinas horizontales, el máximo de chiflones es de dos, mientras que en las verticales se han usado dos cada 180 grados, cuatro cada 90 grados y hasta seis cada 60 grados.

La chumacera guía de la flecha de la turbina es soportada ya - sea inmediatamente por la carcasa, o bien en el piso del generador. Cuando -- los chiflones están dispuestos simétricamente, la carga radial teóricamente -- queda balanceada.

La chumacera guía, la mayoría de las veces se lubrica con acei te a presión. Esta chumacera es elemento importantísimo. La carga se transmi te a través del estator del generador, a la cimentación.

II. TURBINAS FRANCIS

Las Turbinas Francis se usan para cargas medianas, aproximadamente entre 300 y 400 metros, y gastos bastante grandes, aún cuando también -- se usan para gastos menores. Según sea la carga, se pueden elegir entre varios tipos de rodetes, es decir, lentos, normales, rápidos y extrarápidos, denominación que se basa en la velocidad específica y no en la velocidad angular; además, los rodetes se diferencian entre sí por su forma.

El tubo normal tiene un rodete en el cual el diámetro de entrada es ligeramente mayor que el tubo de desfogue. El agua atraviesa el rodete, desviándose de la dirección radial a la axial con la cual entra al tubo de aspiración. En los rodetes Francis lentos la diferencia entre el tubo de desfogue, el diámetro de entrada y el cambio de dirección son mucho más pronunciadas.

Con los rodetes rápidos se obtienen velocidades de operación -- más altas para el mismo salto.

Las características de los rodetes Francis lentos son las siguientes:

- La sección de entrada es estrecha.
- El diámetro de salida es chico mientras que la entrada es grande.
- El flujo es radial-axial.
- Se utilizan en caídas grandes.

Mientras que los rodetes Francis, rápidos se distinguen por:

- El entrehierro es grande.
- El diámetro de entrada es chico y el de salida es grande.
- El flujo es casi axial.
- Se utilizan en caídas pequeñas.

El agua procedente de la tubería forzada entra en la cámara espiral, después en el distribuidor y finalmente en la rueda motriz donde transforma su energía hidráulica en energía mecánica, transmitiéndola por el eje de la turbina. El agua sale por el tubo de desfogue al canal aguas abajo.

La carcasa muchas veces llamada voluta, tiene una forma de espiral y convierte la energía de presión en energía de velocidad, debido a un cambio gradual de áreas.

Además, tiene por objeto alimentar uniformemente toda la periferia del rodete.

A diferencia de la carcasa de las turbinas Pelton, la carcasa de las turbinas Francis efectúa un trabajo y está sujeta a presión, razón por la cual debe tener una resistencia mecánica mucho mayor.

Los materiales usados son hierro para saltos pequeños y acero fundido o lámina de acero para saltos grandes. Los espesores son mucho mayores

que en las Pelton. La sección de entrada está provista de una brida para conectarla a la tubería que contiene la válvula de entrada.

La tubería de desfogue también irá unida a la carcasa. El asiento de la carcasa está constituido por pies fundidos con la misma carcasa, o bien soldados a ella. La carcasa se puede hacer en una o varias partes, según las posibilidades de transporte y montaje.

El distribuidor es una corona con álabes, ya sean fijos o móviles, dispuestos a lo largo de toda la periferia del rodete, entre ésta y la espiral.

Las funciones del distribuidor son las siguientes:

- a) Guiar el agua en dirección más conveniente a los álabes del rodete, para obtener la óptima eficiencia.
- b) Regular el gasto que penetra al rodete.
- c) En caso de emergencia puede servir como válvula. Para ello, el perfil de los álabes directrices es hidrodinámico y su superficie es lo más lisa posible. Con el fin de regular el caudal, se imprime a los álabes un movimiento giratorio durante el servicio. Los álabes por ambos lados descansan en soportes; tienen pernos que giran en unos casquillos de bronce, lubricados por grasa, todos ellos montados sobre anillos.

Con el fin de reducir al mínimo las fugas de agua, se limita el juego entre distribuidor y rodete al mínimo permitido. Cuando se tienen grandes saltos y siendo el agua arenosa, es decir, siempre que se tengan desgastes importantes, las dos tapas del distribuidor irán provistas de anillos cambiables de protección.

El movimiento giratorio de los alabes directrices se efectúa por medio de las bielas y de las palancas.

El mecanismo de regulación se encuentra por lo tanto completamente fuera del agua, evitándose así un desgaste excesivo.

Los perfiles de los alabes son de importancia primordial para el rendimiento de una turbina Francis.

La rueda es de una sola pieza de fundición, de hierro, acero, acero aleado o acero inoxidable para rodetes grandes y donde puede existir cavitación.

Las turbinas Francis se diversifican en dos grandes familias: Las horizontales y las verticales.

Las características de las primaras son:

- La flecha es de acero siemens martin, y está provista de un tope, el cual transmite al soporte la presión axial. Los co

jinetes están revestidos de material antifricción de la mejor calidad, son fácilmente reemplazados. Soportan carga axial y radial.

- El tubo de desfogue en las turbinas horizontales consta únicamente de un codo, seguido de un tubo rectilíneo, vertical u oblicuo. Debe ser fácilmente desmontado para fines de inspección.

Los principales elementos de las turbinas verticales se ejecutan siguiendo los mismos principios que en las horizontales, con las siguientes características adicionales:

- La cámara espiral queda hormigonada, parcial o totalmente, manteniéndose así sólidamente anclada.
- El mecanismo de regulación y el soporte guía van montados sobre la tapa del distribuidor.
- El rodete está atornillado a un plato del eje, transmitiéndose el momento de torsión por medio de una chaveta transversal.
- El prensaestopa con anillos de carbón o empaquetadura blanda, asegura al soporte guía contra infiltraciones provenientes de la turbina.
- La tubería de descarga sirve para disminuir la presión axial de la rueda y descarga del prensaestopas.
- La fuerza de regulación de los álabes del distribuidor es suministrada por servomotores de presión de aceite.

- El tubo de desfogue puede ser de chapa, montado verticalmente hacia abajo, o bien de concreto armado en forma de codo, que conduce el agua al canal aguas abajo, en dirección horizontal.

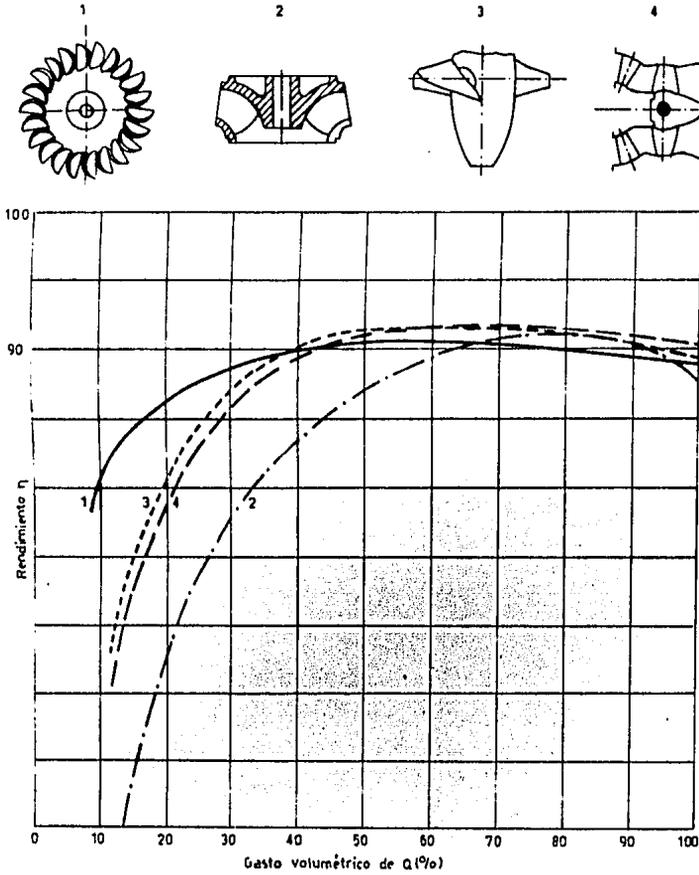


Figura 1.3. Curvas de rendimiento en función de las cuatro turbinas 1) Pelton, 2) Francis, 3) Kaplan, 4) Tubular.

III. TURBINAS KAPLAN

La Turbina Kaplan es una turbina de reacción y su flujo es completamente axial.

La turbina Kaplan es una turbina de hélice con alabes móviles, que es la modificación introducida por el profesor Kaplan.

La turbina Kaplan se usa para grandes caudales con saltos pequeños, y algunas veces medianos. Las tres características esenciales que la han hecho insustituible para tales casos son:

- a) Dimensiones reducidas.
- b) Velocidad relativamente elevada.
- c) Rendimiento alto con cargas variables.
- d) Notable capacidad para sobrecargas.

El rodete cuenta sólomente con pocos alabes, dispuestos en sentido radial y sin corona exterior, y el agua lo atraviesa en sentido axial.

Los alabes tiene un perfil hidrodinámico con poca curva, que amengua las pérdidas e imprime mayor velocidad del agua. Ello permite reducir los diámetros del rodete, alcanzándose por consiguiente mayores velocidades que sobrepasan el doble de las que conseguían en turbinas Francis de carga baja.

Esto reduce el tamaño y costo de los generadores. Consecuencia de la movilidad de los álabes son los elevados rendimientos a cargas parciales

y la posibilidad de sobrecargar la turbina. Los álabes pueden girar sobre el cubo de la rueda.

El rodete va precedido del distribuidor, cuyos álabes directrices son generalmente móviles.

Estos álabes directores del distribuidor y los del rodete se pueden regular simultáneamente durante la marcha, a fin de obtener el rendimiento máximo.

La turbina Kaplan presenta así una característica de rendimiento, que es el conjunto de los puntos máximos de una infinidad de características de las turbinas de hélice. Esto explica porque los rendimientos con carga parcial son tan elevados.

En saltos pequeños, la entrada del agua a la turbina se efectúa a través de una cámara abierta o bajo presión. En éste último caso, la cámara se construye de concreto.

Para saltos más elevados, la carcasa se hace de chapa de acero, en forma similar a las carcasas Francis. Estas carcasas se revisten luego, total o parcialmente, con cemento.

El paso de la carcasa al distribuidor tiene lugar a través del

anillo distribuidor fijo, que se halla empotrado en el concreto.

El generador está montado en la parte superior de la turbina, con frecuencia a una cota superior a la de las crecidas máximas, con el fin de protegerlo. Sobre la cruceta del generador se coloca casi siempre, además de la excitatriz, el cojinete de la suspensión, el cual debe soportar la carga axial de todas las partes móviles, incluyendo el empuje hidráulico.

Las flechas de la turbina Kaplan y del generador deben ser huecos, para poder alojar todos los elementos de regulación que accionarán los álabes del rodete situados en el cubo de la turbina.

Cuando el agua deja el rodete, tiene todavía una velocidad muy elevada, y por consiguiente alta energía cinética, que si se perdiera reduciría considerablemente la eficiencia.

Para recuperar la mayor parte de dicha energía se hace uso de un tubo de aspiración o desfogue, cuidadosamente estudiado, cuyo objetivo podemos resumir como sigue:

- a) Convierte la energía de velocidad con que el agua abandona el rodete en energía de presión.
- b) Permite obtener una presión menor (vacío) que la atmosférica, que ayudará al flujo y aumentará la carga con que trabaja la turbina.
- c) Evita que el agua salga directamente a la atmósfera, regulan

do la salida y permitiendo que se instale la turbina a un nivel más alto que el nivel aguas abajo.

La forma más apropiada para ese tubo es la de un codo de sección variable, casi siempre construido de metal o de concreto que, además, por su poca altura ofrece la ventaja de reducir los trabajos de excavación de la central.

Los álabes de la rueda relativamente poco numerosos, van montados móvilmente en el cubo, que presenta una forma apropiada para reducir al mínimo el juego entre los álabes y el cubo. Los álabes deben ser perfectamente lisos, tanto así que cuando se trate de turbinas grandes son maquinados en una fresadora.

El cubo de la rueda es relativamente grande, a fin de que pueda contener en su interior los dos soportes para cada uno de los gorriones de los álabes. Además, se encuentran las palancas de mano, bielas, cruceta y todo el varillaje de regulación.

El cubo se llena completamente de aceite. Para que no existan fugas del mismo, se colocan juntas que reducen las fugas al mínimo. El aceite deberá estar a una presión mayor que el agua para que ésta no se introduzca en el cubo.

El varillaje de regulación es accesible por debajo, quitando la tapa. Con el fin de que los tornillos de fijación no dificulten la afluencia

del agua en operación, éstos van colocados en pequeños huecos que luego se rellenan con plomo.

Para mover los álabes del rodete se ejerce una fuerza axial sobre la varilla de mando, que actúa sobre el émbolo del servomotor que gira con el eje. Como cilindro del servomotor se utiliza el agrandamiento cilíndrico -- del extremo superior del eje de la turbina, sirviendo como tapa la brida inferior del eje del alternador. El émbolo se ajusta al cilindro del servomotor lo más exactamente posible, de manera que las pérdidas de aceite sean reducidas al mínimo. Este émbolo se mantiene centrado por la varilla de mando, la cual a su vez se desliza sobre dos guías. Una de estas guías está situada en el cubo sobre la cruceta; la otra en el eje hueco, debajo del servomotor. Esta varilla de mando va provista también de anillos de junta que evitan pérdidas excesivas de aceite.

El distribuidor tiene el mismo objetivo y funciones que el de las turbinas Francis.

La diferencia esencial es que el distribuidor se encuentra en un plano superior al del rodete, para que el flujo sea precisamente axial.

El eje hueco de la turbina se construye de acero siemens martin. con una brida inferior para la unión a la rueda motriz, y una brida superior de acoplamiento con el alternador. El eje está generalmente guiado por un sólo cojinete, montado cerca de la rueda en la prolongación de la tapa del distribuidor.

El cojinete está lubricado generalmente con aceite a presión.

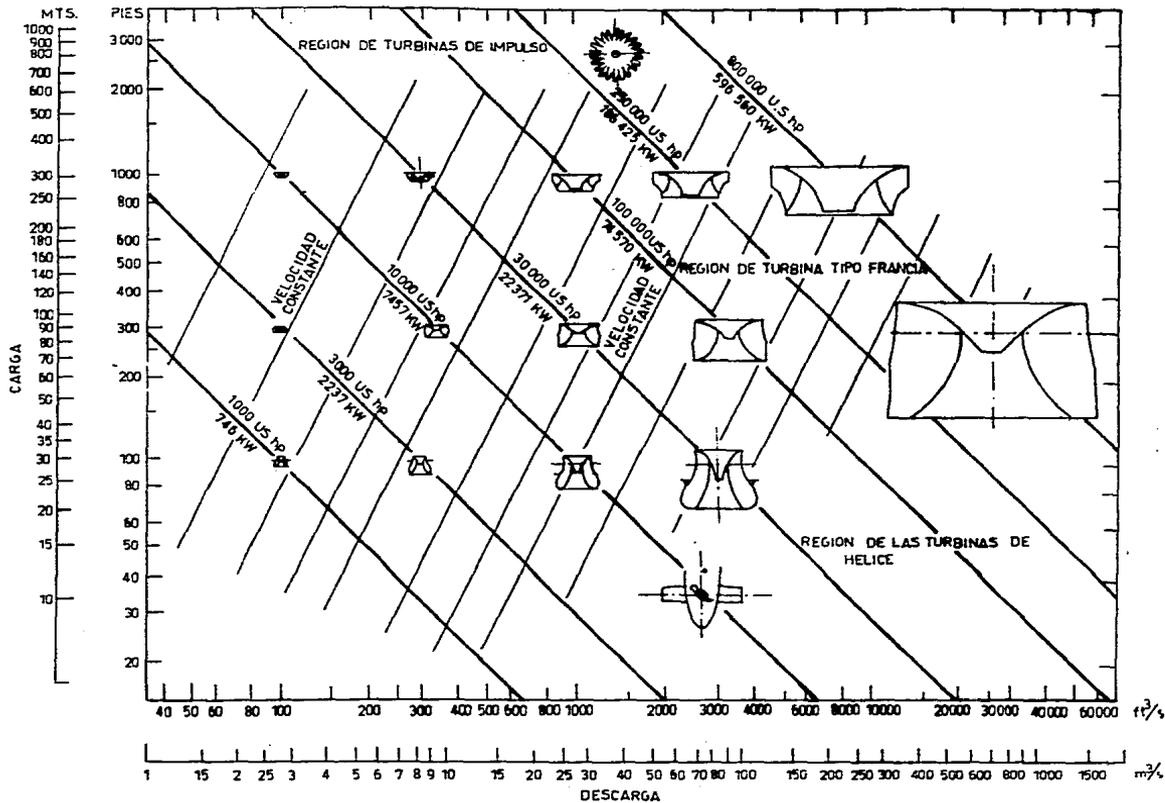
El prensaestopas se coloca siempre debajo del cojinete guía. De esa forma, el agua y sus impurezas no pueden oxidar y descargar el cojinete del eje.

En la mayoría de los casos, el prensaestopas está constituido por anillos de carbono, apretados en sentido radial por resortes anulares y en sentido axial por hojas elásticas, obteniéndose de esta manera un cierre hermético confiable.

El eje está revestido a lo largo del prensaestopas con un forro bipartido de bronce.

Para evitar accidentes personales, el eje va envuelto en un tubo de protección por palancas de mano, por si revoluciona a gran velocidad.

Figura 1. 4. SELECCION DE TURBINAS HIDROELECTRICAS DE REACCION



IV. TURBINAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES, S. A.

MONOGRAFIA

IMPORTANCIA ESTRATEGICA

En nuestro país, el monto de las importaciones en el sector eléctrico representan el 47.7% del total nacional, esta dependencia origina problemas para satisfacer las demandas de la CFE y llevar a cabo el mantenimiento de los equipos. El proyecto conjunto para la fabricación de turbinas en México que comprende la constitución de NKS, TEISA y TURALMEX, tiene como objetivo satisfacer la demanda interna con un 50% de integración nacional.

La importancia estratégica de este proyecto está íntimamente relacionada con la problemática energética del país tratada en el Capítulo I.

PRODUCTOS A FABRICAR

El programa de fabricación de la empresa está encaminado a la producción de turbinas hidráulicas, teniendo como productos adicionales los siguientes:

- Válvulas de mariposa.
- Válvulas esféricas.
- Tubería de presión.

- Compuertas para obras hidráulicas.
- Grúas pórtico y puente.
- Bombas centrífugas.
- Componentes para turbinas de vapor.
- Componentes para motores diesel de gran potencia.
- Componentes de generadores eléctricos.
- Componentes para centrales geotérmicas.
- Componentes para centrales nucleoelectricas.
- Recipientes a presión.
- Tanques de almacenamiento.
- Reactores.
- Torres de destilación.
- Equipo de proceso.
- Componentes para la industria azucarera y papelera.
- Reparación y mantenimiento de maquinaria pesada industrial.

Todos estos productos son factibles de fabricarse debido a la versatilidad del moderno equipo con que se cuenta, con lo cual se podrá apoyar a diferentes sectores industriales del territorio nacional.

MERCADO

México se caracteriza por tener una demanda modelo en turbinas hidráulicas, mayor a la que varios países europeos. TEISA tiene como primer objetivo satisfacer la demanda nacional y lograr la sustitución de importaciones.

El desarrollo hidroeléctrico de México se inició en 1886 con el Proyecto Necaxa, entrando la primera planta en operación en 1898 (Portezuelo). La Compañía de Luz y Fuerza construyó desde 1898 hasta 1957 cuarenta y seis plantas hidroeléctricas con una capacidad total de 507,709 KW.

Hasta 1937 toda la tecnología hidroeléctrica era importada --

desde la concepción hasta la operación de cada proyecto. Para 1939, dos años - después de la creación de la CFE, se logró diseñar y construir en el país las plantas hidroeléctricas de Ixtapantongo y Santa Bárbara, con un alto porcentaje de tecnología nacional y que ahora operan en el Sistema Miguel Alemán.

La CFE construyó, de 1939 a 1978, 49 plantas con una capacidad instalada de 4,737,412 KW. Para 1982 cuenta con una potencia instalada de 6,550 MW con una generación de 24,446 GWH/año, aportando el 32.8% de la generación total.

En el siguiente cuadro se puede observar el crecimiento promedio de las capacidades instaladas del total del sector y de las hidroeléctricas desde 1951 hasta 1981:

PERIODO	CRECIMIENTO PROMEDIO	CRECIMIENTO PROMEDIO	PORCENTAJE
	TOTAL	DE HIDROELECTRICAS	
	(MW/AÑO)	(MW/AÑO)	%
1951-1955	160	40	25
1956-1960	350	81	23
1961-1965	420	312	74.2
1966-1970	460	152	33
1971-1975	540	168	31.1
1976-1981	1,187	401.8	33.8

Si bien los incrementos en la capacidad instalada de las plantas hidroeléctricas y en la capacidad total del sector han sido significativos, existe una diferencia acentuada en cuanto a la forma de integrar la potencia hidroeléctrica relativa a cada período; esto constituye una peculiaridad del desarrollo hidroeléctrico nacional respecto al de otros países.

Dentro del desarrollo hidroeléctrico de México se pueden observar períodos bien definidos.

En el primero, de 1940 a 1964, se construyeron 41 plantas con una potencia instalada total de 1,302 MW, es decir, un promedio por planta de 31.7MW, mientras que en el período de 1965-1977 se construyeron 8 plantas con una capacidad promedio de 339.4MW, cifra casi 11 veces superior a la del lapso anterior, conservándose en la actualidad la tendencia a la construcción de mediana y gran potencia instalada.

Por otra parte, en el uso de las cargas estáticas de las plantas hidroeléctricas, se ha buscado que los proyectos tengan capacidad para cubrir por un tiempo suficiente la demanda provocada por la fase de industrialización iniciada en los años sesentas, que corresponde a un período de crecimiento del producto interno bruto del 7% anual. Esto motivó que la demanda de energía eléctrica creciera a una tasa de 8.8% anual, consecuentemente se incrementara más rápido de -- como lo hizo en la década de los cincuentas. Por lo que se explica la construcción de grandes proyectos a partir de 1965.

Además existen economías de escala que favorecen la realización de proyectos de gran magnitud, razón que puede ser suficiente para explicar un cambio brusco en la selección del tipo de plantas hidroeléctricas.

Estudios recientes elaborados por la CFE indican que hacia el año 2000 la demanda total de energía eléctrica en el país estará ubicada dentro del rango de los 400 a 500 GWH/año. De acuerdo con el potencial hidrológico identificado se considera que su participación en la demanda total será aproximadamente del 40%.

Como puede apreciarse en estas cifras, las posibilidades que existen en el campo hidroeléctrico son amplias.

Para el cálculo de la demanda de turbinas hidráulicas se toman en cuenta tres segmentos del mercado: la demanda de grandes centrales hidroeléctricas (turbinas hidráulicas grandes), la demanda de centrales hidroeléctricas

medianas (turbinas medianas) y la demanda de productos adicionales.

DEMANDA DE GRANDES CENTRALES HIDROELECTRICAS

La estimación de la demanda de turbinas que generará este tipo de plantas se sustenta en el programa de obras e inversiones del sector eléctrico (POISE) y en el programa de expansión del sector eléctrico al año 2000 (PESE 2000), formulado por la Comisión Federal de Electricidad. Con información de dicha fuente se puede decir que los requerimientos de turbinas hidráulicas para los próximos años serán del orden de 59 turbinas que van de 45 a 310 MW, encontrándose la mayor población entre los 100 y 200 MW.

Además, la mayoría de las instalaciones serán equipadas con -- turbinas tipo Francis.

Para el cálculo de la demanda de turbinas se tomó como base - la productividad para fabricar cada uno de los equipos en los rangos de capacidad señalados. Se consideró que cada turbina requiera de 550 horas/hombre de producción año por MW.

DEMANDA DE CENTRALES HIDROELECTRICAS MEDIANAS

Por lo que se refiere al segundo segmento de mercado considerado a la fecha, no se contemplan proyectos hidroeléctricos de tamaño medio. Sin embargo, de acuerdo con el potencial hidroeléctrico nacional, existen alrededor de 320 cuencas hidrológicas con posibilidades para construir en los - próximos 29 años centrales hidroeléctricas medianas con una capacidad de generación del orden de 4,000 MW.

Por la complejidad que representa el estudio de las 320 cuencas con posibilidades, aún no han sido analizadas detalladamente en algunos -

casos constituyen sólo alternativas. A fin de contar con una determinación de la demanda potencial de este tipo de centrales, a continuación se presenta el siguiente análisis:

Sobre la base de un aumento en la capacidad de generación eléctrica empleando centrales hidroeléctricas de tamaño medio para cubrir una generación total del orden de 4,000 Mw durante el período 1980-2000, y teniendo en consideración un factor de planta de 0.3, se requerirá instalar con centrales de tamaño pequeño aproximadamente 15,000 Mw; si se considera que sólo el 25% de ese total se instale, la demanda de turbinas para centrales medianas sería de 3,250 Mw, para producir turbinas de este tipo se necesitan 800 horas/hombre de producción año, que significa en promedio 118,000 por año.

FABRICACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS A CORTO PLAZO.

Actualmente TEISA desarrolla los siguientes proyectos de turbinas hidráulicas para CFE.

Planta Hidroeléctrica Bacurato, Sín.

Datos técnicos:

2 turbinas tipo Francis de eje vertical.

Caída neta de diseño: 102 m.

Gasto de operación: $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Potencia nominal: 46.64 Mw.

A la fecha se han suministrado y estan en proceso de fabricación las piezas y equipo correspondiente a la parte nacional de las turbinas requeridas. Algunas de las partes importantes que se fabrican en TEISA, podemos mencionar:

- Tubo de succión
- Carcasa espiral
- Antedistribuidor
- Blindaje y carcasa de flecha de turbina
- Blindaje foso de turbina

Con estas partes se podrá obtener un 24.6% de integración nacional respecto al precio de venta.

Planta Hidroeléctrica Comedero, Sin.

Datos técnicos.

2 turbinas tipo Francis de eje vertical

Caída neta de diseño: 85 m

Gasto máximo de operación: 65 m³/s

Potencia nominal: 50.75 Mw.

En TEISA se desarrolla la ingeniería y el proceso de fabricación para las partes y equipos de turbina que se fabricarán en México como son entre otros:

- Tubo de succión
- Carcasa y antidistribuidor
- Tapa superior e inferior de turbina
- Tapa de chumacera de carga
- Anillo de regulación

Con todas las partes fabricadas se cumplirá un 48.1% de integración nacional en turbinas completas.

OTROS PROYECTOS EN PROCESO QUE DEMANDARAN TURBINAS HIDRAULICAS A CORTO PLAZO

Proyecto Hidroeléctrico Agua Prieta, Jal.

Este proyecto utilizará las aguas residuales de la Ciudad de Guadalajara para generación de energía. Se aprovechará una caída neta de 510 m con 2 turbinas Pelton de 120 Mw en su primera etapa y en una segunda etapa se planea instalar 2 unidades más, también de 120 Mw cada una.

CFE se encuentra por encargar a TEISA la fabricación de estas turbinas y se estima lograr un 51.5% en horas de fabricación de integración nacional para las turbinas.

Sin embargo se estudia la posibilidad de que uno de los primeros dos rodetes sea fabricado en México en la planta de NKS y se tiene -- considerado la fundición de los rodetes número 3 y 4 en esta planta.

Planta Hidroeléctrica Agua Milpa, Nayarit.

La Planta Hidroeléctrica se encuentra en construcción y se planea que la unidad entre en operación en 1990, la planta estará integrada por tres unidades de 320 Mw con turbinas tipo Francis. Por lo que para lograr la ejecución del proyecto en el tiempo planeado CFE deberá colocar la orden por las turbinas en un corto plazo.

Planta Hidroeléctrica Itztantún Chis.

El proyecto Itztantún contará con dos unidades de 220 Mw - con turbinas tipo Francis en una primera etapa que se planea iniciará su operación en 1990.

Hasta aquí mencionamos únicamente la incursión nacional en proyectos hidroeléctricos en construcción en donde se ha participado en - la fabricación de turbinas para completar la lista de proyectos vigentes - cabe citar al de Peñitas en Chiapas y El Caracol en Guerrero, los cuales - no contendrán suministro nacional alguno en materia de turbomaquinaria.

OTROS PRODUCTOS A FABRICAR EN TEISA

Se fabrican actualmente 8 compuertas para el desfogue del proyecto hidroeléctrico de Peñitas, una gran polea para la industria pape-lera de 2.5 m de diámetro y refacciones para las turbinas de la planta hidroeléctrica de Malpaso.

SELECCION DEL SOCIO TECNOLOGISTA

La selección del socio tecnólogo se llevó a cabo tomando en cuenta que las principales importaciones que demanda la CFE provienen de los siguientes países: Suiza, República Federal Alemana, Francia, - Japón y E.E.U.U.

Los principales proveedores de turbinas hidráulicas son: Escher

WYSS del Grupo Sulzer Brothers Ltd., que tiene plantas en Suiza y la República Federal de Alemania; Neyrpic de Francia, Mitsubishi y Hitachi de Japón; y -- Allis-Chalmers de E.U.A.

El proveedor de tecnología seleccionado fue Escher WYSS Ltd., considerado a nivel internacional como una empresa líder en la fabricación de turbinas hidráulicas, que tiene una de las mayores influencias en el mercado mundial.

Un factor determinante en esta elección es la experiencia adquirida por la empresa a lo largo de 200 años como fabricante de equipo hidráulico reconocida mundialmente. Además, en el mercado mexicano Escher WYSS cuenta con una amplia aceptación por parte de la CFE.

CAPACIDAD DE LA PLANTA

Tomando como base la demanda promedio anual de turbinas y productos adicionales que se calculó anteriormente, fue posible definir la capacidad de la planta que sería del orden de las 380,000 horas/hombre de producción anual, cifra conservadora puesto que representa el 56.4% de la demanda promedio calculada.

La mezcla de producción estará determinada por las condiciones del mercado, definidas principalmente por la CFE, por lo que, en el caso de que la demanda para grandes centrales hidroeléctricas no tenga variaciones, la capacidad total de la planta podría satisfacer el 85% de la demanda. La planta estaría orientada a producir fundamentalmente turbinas hidráulicas tipo Francis.

Sin embargo, para los propósitos de este estudio se considera que la mezcla típica de producción en horas/hombre/año será aproximadamente la que sigue:

.HORAS/HOMBRE/AÑO

Turbinas para centrales hidroeléctricas grandes	230,000
Turbinas para centrales hidroeléctricas medianas	52,000
Otros productos de pailería	98,000

Considerando la demanda estimada de turbinas, la producción - que se obtendrá con la capacidad mencionada permitirá cubrir el 51% de la demanda de turbinas grandes, 44% de la correspondiente a turbinas medianas, y 82% de la demanda de otros productos de pailería.

Cabe destacar que la elaboración de productos adicionales en - la planta puede representar alrededor de 3,000 toneladas de productos termina- dos.

De lo anteriormente expuesto, se deduce que el margen de segu- ridad para el proyecto es amplio y permitirá absorber las variaciones de merca- do originadas por posibles cambios de programación en las inversiones de la CFE, debido a la flexibilidad en la mezcla de producción; en caso necesario podría -- incrementarse la fabricación de turbinas y de otros productos para lo cual la -- planta estará ampliamente capacitada.

POSIBILIDADES DE EXPORTACION Y EXPANSION

El mercado internacional factible es Latinoamérica. En Lati- noamérica sólo existen dos países fabricantes de turbomaquinaria. Las compa- ñas Voith y Vilares conjuntamente en Brasil (con capital Alemán); las compa- ñas Pescamona y La Industria Naval, en Argentina. Estos países no logran aún exportar, sólo atienden su demanda interna.

La incursión tardía de estas empresas a la producción de tur- bomaquinaria, se da en un panorama mundial ya saturado de productores exporta- dores. Esto nos hace concluir que ambicionar mercados externos no es factible ni recomendable.

CARACTERISTICAS TECNICAS

La planta cuenta con dos naves: Pailera y Maquinado pesado.

Pailera cuenta con la siguiente maquinaria:

Maquinaria de Oxicorte

Longitud total	11 M
Ancho total	7 M
Espesor máximo de corte	3 M
Sistema de control	Numérico y fotoeléctrico.

Es una máquina que puede operarse de 3 maneras:

Control numérico por medio de cintas perforadas; control por coordenadas; control por seguidor fotoeléctrico en base a una plantilla homotética a la configuración de corte. Puede realizar tres cortes simultáneos y hacer biselados en un proceso continuo. La flama es obtenida con gas natural y oxígeno.

Roladora

Ancho máximo de placa a rolar	3 M
Espesor máximo de placa a rolar	0.1 M
Número de rodillos	4

La roladora puede hacer trabajos en frío o en caliente y tiene la característica de que puede formar conos.

Plataforma para soldar

Capacidad	10 Ton/M ²
-----------	-----------------------

Posicionadores Giratorios

Diámetro	10 M
Rotación	360 grados
Capacidad	75 toneladas

Tiene dos grados de libertad que permiten rotar la mesa 360 grados y girarla con respecto al eje vertical hasta 90 grados. También se cuenta con dos posicionadores de menor capacidad, 50 y 10 toneladas respectivamente, con las mismas características que el de 75 toneladas.

Mastil para soldar

Carrera de carro	19 M
Altura máxima del brazo	5.55 M
Longitud máxima del brazo	4.5' M
Giro de la columna	360 grados
Tipo de soldadura	Arco sumergido

Debido a su carrera se puede soldar tanto en la plataforma como en la mesa del posicionador giratorio de 75 toneladas.

Horno para relevado de esfuerzos

Ancho	7 M
Altura	7 M
Profundidad	12 M
Capacidad térmica	3,978,000 KCAL/HR
Temperatura Máxima	900 grados centígrados
Capacidad de carro	80 Ton.

Mandriladora

Recorrido máximo	10 M
Altura máxima de maquinado	4.5 M
Alcance máximo horizontal	2.8 M
Diámetro de husillo	0.22 M
Sistema de control	Numérico
Plataforma giratoria	80 Ton. (capacidad)
Plataforma fija	250 Ton.

Esta es la máquina herramienta más versátil con que cuenta la nave de maquinado.

Taladro radial sobre riel

Radio	3 M
Translación de la columna	4 M
Diámetro del husillo	0.08 M

Esta máquina complementa las posibles operaciones de la mandriladora.

Taladro radial fijo

Radio	1.6 M
Diámetro del husillo	0.06 M

MATERIAS PRIMAS

Las materias primas que requerirá la planta para la fabricación de turbinas son, principalmente, partes de fundición y forja, placa de acero y placa de acero inoxidable. Se ha considerado que casi todas las partes de fundición podrán ser abastecidas por la industria nacional, así como los ejes forjados, que pueden ser adquiridos en México. Se prevee que la ad-

quisición de algunas materias primas como aleaciones especiales de acero - tendrá que ser de importación.

Más específicamente podemos citar estos materiales de fabricación de turbinas:

- Placa de acero ASTM A 283 grado C
- Placa de acero ASTM A 455
- Fundición de hierro gris ASTM A 48
- Tubería con diámetro promedio de 100 mm; presión 10 Kg/cm²
- Fundición de acero
- Piezas forjadas
- Placa de acero inoxidable ASTM 296 grado CAGNM

Las partes fundidas en acero deben tener propiedades adecuadas para el soldado sin tratamiento especial, se refieren sin aleación o en grado medio, con un mínimo esfuerzo a la tensión de 50 Kg/mm².

Cuando los aceros sin aleación no soportan las cargas, dependiendo del esfuerzo se requieren aceros de baja aleación principalmente con 1.5% de manganeso o 2% de níquel.

En caso de que las propiedades de estos dos grados de acero no fuesen suficientes, se utilizan aceros fundidos al cromo-molibdeno - con o sin níquel, o con algún porcentaje de vanadio; sin embargo, esto aumenta los riesgos de fractura durante el vaciado o tratamiento térmico, -- principalmente en el caso de los rodetes y otras partes complicadas.

Se emplean aceros de alta aleación cuando se requiere gran resistencia a los ataques de la cavitación e impactos, a la corrosión y -- oxidación, así como para aumentar la resistencia al desgaste causada por -- la erosión con arena. Los materiales usados en estos casos son aceros fundidos

con 12 al 14% de cromo con o sin níquel hasta en un 4.5%.

En el caso de forja, la principal pieza forjada es la flecha, que es de grandes dimensiones y hueca. Se espera que la empresa Grupo Industrial NKS puede proporcionar las piezas fundidas y forjadas que esta planta requiere. Cabe indicar que la empresa que proveerá la tecnología para la fundición y forja tiene amplia experiencia en la fabricación de componentes para turbinas hidráulicas.

CAPITULO II

VALVULAS

CAPITULO II

VALVULAS

I. DESCRIPCION GENERAL DE VALVULAS.

II. PROYECTOS QUE INVOLUCRAN VALVULAS DE GRAN TAMANO.

III. FABRICACION DE VALVULAS EN MEXICO.

I. DESCRIPCION GENERAL DE VALVULAS.

Las válvulas son elementos utilizados para controlar el -- flujo en las tuberías. En general, estos elementos deben tener un funcionamiento seguro, cierre rápido y hermético.

TIPOS DE VALVULAS. Según el uso que se les da a las válvulas, las podemos situar en la siguiente forma:

- a) Válvula de entrada a la tubería de presión.
- b) Válvula de la tubería de presión, inmediata a una turbina o después del tanque de oscilación.
- c) Válvula de admisión, generalmente instalada en la entrada de la tubería.
- d) Válvula de descarga o alivio.

Desde el punto de vista de su construcción las más comunes son:

- a) Válvulas de chorro hueco, cónico o divergente.

Este tipo de válvulas están provistas de una estructura -- dispersadora del chorro de agua, que consiste en un cono de cierre accionado mediante una compuerta cilíndrica. Una característica de este tipo de -- válvulas es dispersar el chorro de agua para evitar que caiga concentrado en un cierto lugar. A veces hay que evitar la dispersión del chorro para -- que las instalaciones anexas no se oxiden.

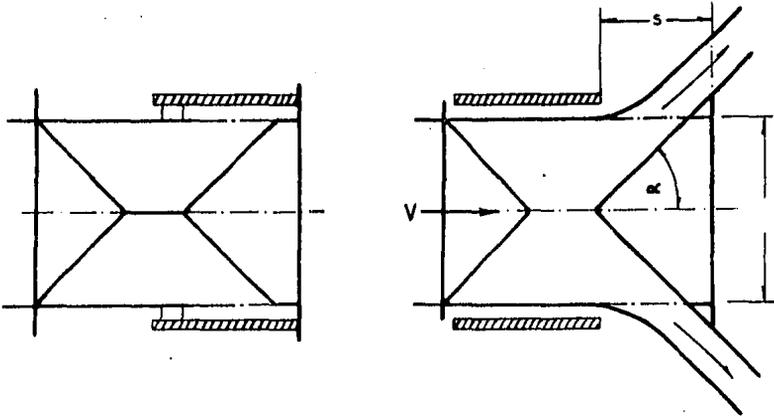


Figura 2.1. Válvula de chorro cónico

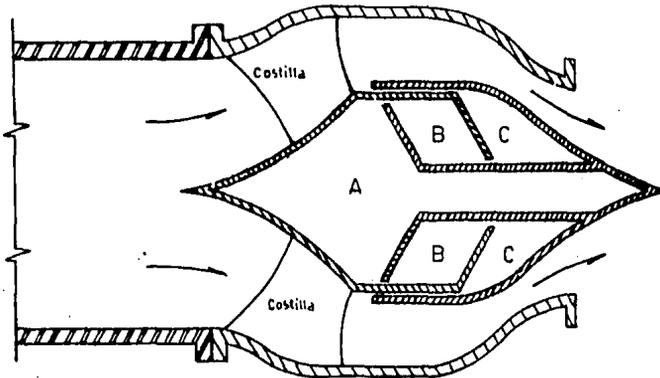


Figura 2.2. Válvula de aguja

b) Válvulas de chorro convergente (válvulas de aguja).

Son usadas como válvulas de servicio y para control de gas to, en tuberías de gran diámetro en puntos intermedios o en el extremo final del conducto.

Una válvula de aguja diferencial interna consta de tres cá maras llenas de agua, en las cuales se puede variar la presión hidráulica. Las cámaras A y C van interconectadas, para que su presión sea la misma. - La válvula se abre aumentando la presión en la cámara B liberándola en las cámaras A y C con lo que se empuja a la aguja hacia la izquierda. Para cerrar la válvula, la cámara B se vacía a la atmósfera, mientras que la presión aumenta en las cámaras A y C.

El diámetro de las válvula de aguja más comunes varía desde 101.6 mm hasta 2,667 mm.

c) Válvula de tubo.

Se abren y cierran por medios mecánicos más que por pre--- sión hidráulica. Un vástago de tornillo envuelto en un baño de aceite es - accionado por un engrane para impulsar a la válvula de cilindro (o tubo) hacia o desde el asiento de la válvula.

Generalmente son más cortas, más ligeras en peso y más eco nómicas de construir, que las válvulas de aguja. Debido a la cavitación, - no deberán ahogarse y operarse con escurrimientos abajo del 35 % de su capacidad.

d) Válvula de mariposa o lenteja.

Consiste en un disco balanceado en forma de lenteja, monta do sobre una flecha vertical u horizontal, dispositivo que está contenido

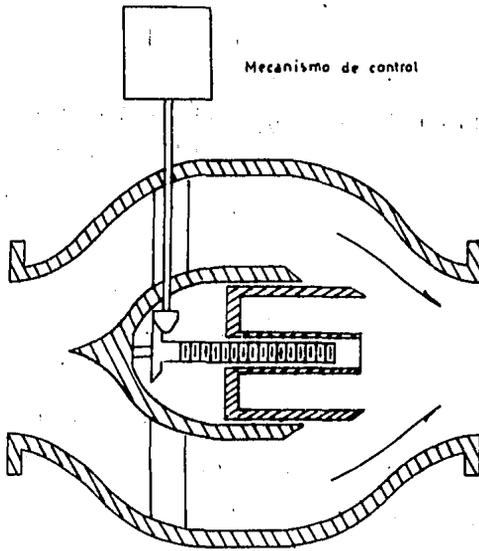


Figura 2.3. Válvula de tubo

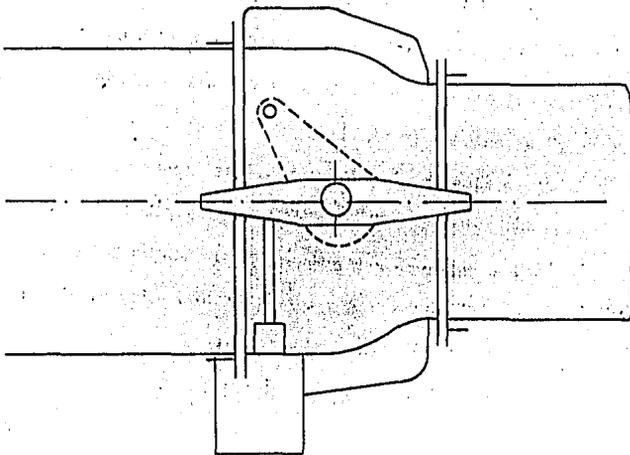


Figura 2.4. Válvula de mariposa

dentro de un cuerpo de forma esférica. El paso del flujo se controla girando la lenteja. Este tipo de válvula es eficiente, económico y su aplicación principal es la regulación a la entrada de la turbina o como válvula de emergencia. Una dificultad es el poder asegurar un cierre hermético.

e) Válvula de compuerta o guillotina.

Consta de una placa o compuerta que se desliza sobre un orificio. Se utilizan principalmente en plantas hidroeléctricas de caídas altas. Pueden ser operadas eléctrica hidráulica o manualmente.

f) Válvula esférica.

Está formada por una esfera exterior hueca, la cual tiene en su interior otra esfera. Para operar las esferas se utilizan mecanismos eléctricos mecánicos o manuales. La esfera interior tiene un hueco de forma cilíndrica y cuando éste queda alineado con la tubería, permite el paso del flujo a través de la esfera. Se utilizan para operar turbinas o donde se requieren válvulas normalmente abiertas.

g) Válvulas de retención o de paso (check).

Como su nombre lo indica la válvula solamente permite el paso del flujo en un sólo sentido.

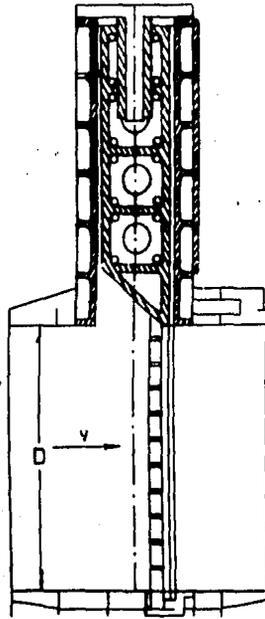


Figura 2.5. Válvula de compuerta

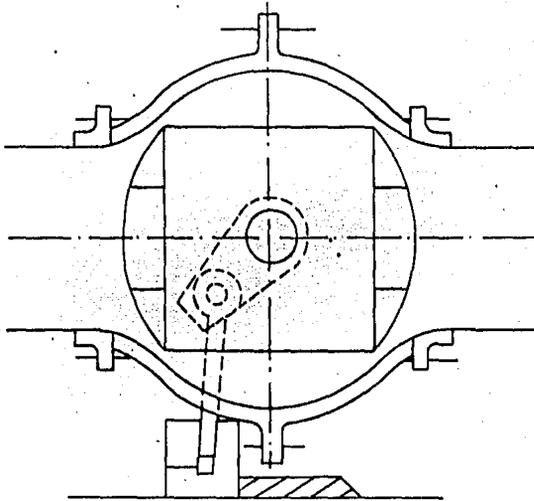


Figura 2.6. Válvula esférica

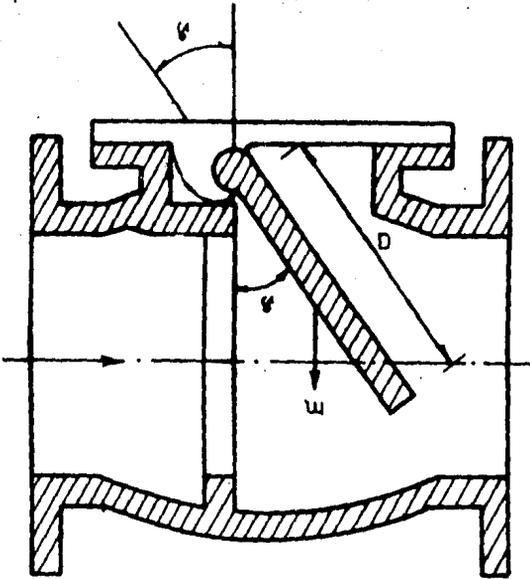


Figura 2.7. Válvula de retención o de paso

II. PROYECTOS QUE INVOLUCRAN VALVULAS DE GRAN TAMANO.

SISTEMA CUTZAMALA. Ante la creciente demanda de agua del área metropolitana de la Ciudad de México y debido a que la sobreexplotación de los acuíferos de los Valles México y Lerma, actuales abastecedores de agua para esta conurbación, ha provocado problemas de hundimiento y grietas, es necesario recurrir a otras fuentes, tales como las aguas superficiales de los ríos, que deben ser potabilizadas, las aguas residuales que deben ser tratadas - para usos no domésticos, como riego de parques y jardines y algunos procesos industriales que no requieren agua potable.

Los estudios de posibles abastecimientos de cuencas vecinas al Valle de México han considerado factores como la lejanía, que influye en los costos de manera directa, y los usos locales, presentes y futuros, de las cuencas que son susceptibles de convertirse en abastecedoras. De ese modo se utilizarán sólo los caudales excedentes de tres cuencas vecinas al Valle de México.

La Comisión de Aguas del Valle de México ha realizado varias obras dentro del Valle de México como parte del plan de abastecimiento para cubrir las demandas inmediatas del área metropolitana, por lo que se han construido sistemas de pozos en la zona sur del Distrito Federal y en zonas rurales de los Estados de México e Hidalgo.

Adicionalmente se llevan a cabo obras de tratamiento de aguas negras, que cubrirán los usos industriales de las zonas cercanas a estas plantas.

Paralelamente a estas obras, tras minuciosos análisis de posibilidades de abastecimiento de agua potable, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos seleccionó entre 15 cuencas vecinas al Valle de México, las de los ríos Cutzamala, Amacuzac, Tecolutla, Tula (Taxhimay), Oriental y Libres, para cubrir las demandas del área metropolitana entre los años 1982 y 2000. Los caudales posibles de obtener son, respectivamente, 19, 11, 15, 2.5 y 7 m³/s, con lo que se abastecerá a la población creciente y se reducirá la sobreexplotación de los acuíferos del Lerma y del Valle de México.

El proyecto Cutzamala captará 19 m³/s de agua de las presas Villa Victoria, Valle de Bravo, Colorines, Chilesdo, El Bosque, Tuxpan e Ixtapan del Oro. El caudal será conducido hasta el área metropolitana de la Ciudad de México mediante seis plantas de bombeo, dos acueductos paralelos de 100 Km cada uno, dos túneles de longitud total de 19 Km y un canal de 7.5 Km de longitud.

El agua será purificada en una planta potabilizadora que se ubica antes de la última planta de bombeo, compuesta por 6 módulos con capacidad de 4 m³/s cada uno.

El agua será elevada desde la captación más baja hasta la cima de la sierra que divide las cuencas de Cutzamala y Lerma, una altura total de 1,100 m (aproximadamente 7 veces la altura de la torre latinoamericana) de donde el agua escurrirá por gravedad durante el resto del trayecto.

VALVULAS REQUERIDAS. Para el diseño, fabricación y suministro de válvulas,

cooles y piezas especiales para la línea de conducción entre el sitio de El Durazno y la planta potabilizadora Los Berros, se convocó a un concurso con carácter internacional el cual ganó la empresa TEISA.

Las especificaciones de las válvulas requeridas son las siguientes: válvula de seccionamiento tipo mariposa, para manejar agua sin arenas, con cuerpo y disco de acero al carbono, asiento del disco, flechas, pernos y retén del asiento del disco en acero inoxidable y bujes de bronce bajo normas AWWA con operador de engranes por volante; se harán 21 válvulas de 99" de diámetro interior para una presión de 10.5 Kg/cm^2 , adicionalmente se requerirán 5 válvulas más y algunas pequeñas compuertas que TEISA cotizará. Estas válvulas son tipo mariposa biplanas, diseño desarrollado por el socio tecnólogo.

El diseño de estas válvulas considera bajas pérdidas de presión y una utilización óptima de material particularmente cuando se utilizan grandes diámetros; básicamente consiste de un plato plano circular que permite una óptima sección transversal, en cuyo costado está provista de un miembro de tensión extendido sobre dos almas, su vista seccional muestra dos placas planas situadas una encima de la otra a semejanza del arreglo biplano de alas en aviación.

ACUEDUCTO CHAPALA GUADALAJARA. El suministro actual de agua a la Ciudad de Guadalajara es de $9 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales 6.2 provienen del canal de Atequiza (Las Pintas, Cerro de Cuatro) y el resto de manantiales y pozos. El canal de Atequiza presenta problemas para el suministro de agua debido a la cantidad de lodos que arrastra y a la necesidad de tratamiento previo a su

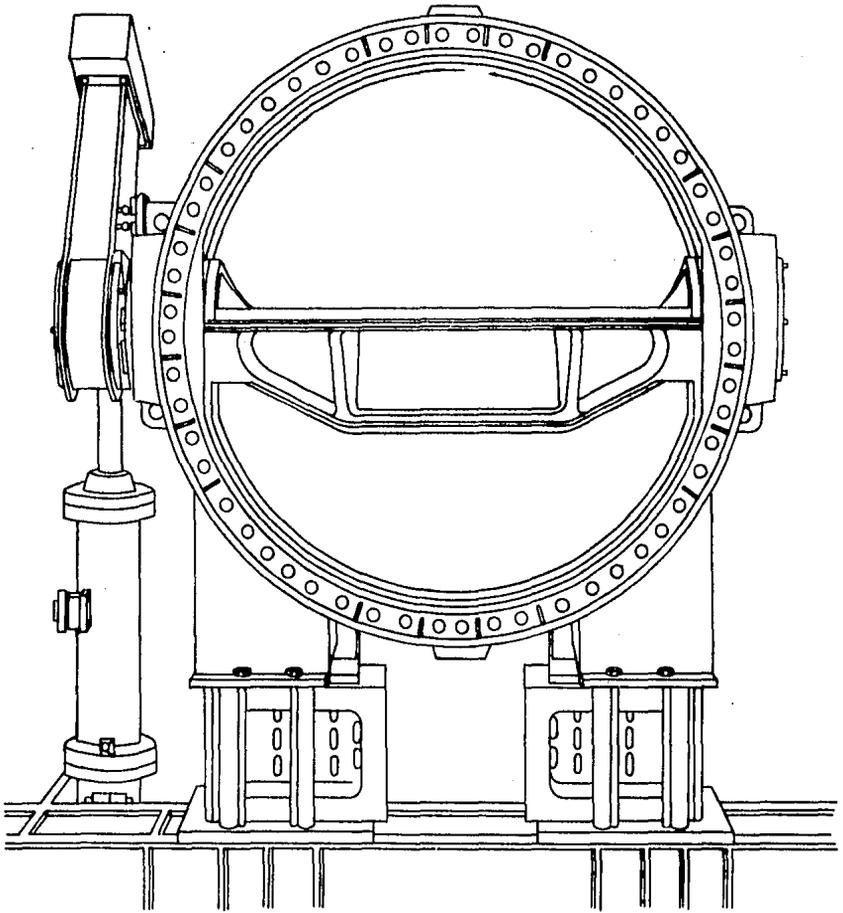


Figura 2.8. Váltvula de mariposa biplana

distribución; además de las grandes pérdidas en su caudal, acarrea problemas intersectoriales por ser controlada por la CFE.

El proyecto "Acueducto de Chapala - Guadalajara" sustituye este abastecimiento doblando su caudal, dejando al antiguo canal en libertad de ser usado para fines agrícolas y de riego, abaratando el costo del suministro.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Población	2'635,200 hab.
Dotación de proyecto	400 l/hab/día
Gasto máximo	15 m ³ /s
Gasto medio	12.2 m ³ /s
Longitud del acueducto	42.3 Km
Longitud del canal de llamada	3 Km

PLANTA DE BOMBEO

6 bombas de tipo vertical

Gasto de diseño por bomba	2.5 m ³ /s
Potencia	3,500 HP
Velocidad angular	710 rpm
Carga de diseño	136 m

6 válvulas de mariposa

Presión de descarga	300 psig
Diámetro	36 "

6 válvulas de compuerta

Diámetro 8 "

6 válvulas check

Diámetro 36 "

LINEA DE CONDUCCION, DEMANDA DE VALVULAS

	Válvula de retención	Válvula de seccionamiento	Válvula de seccionamiento	Válvula de altitud
Tipo	Disco basculante	Mariposa	Mariposa	Simple acción
Diámetro	1,067 mm	300 mm	1,067 mm	305 mm
Accionamiento	manual con engranes	manual con engranes	manual con engranes	control automático
Presión máx. de trabajo	8.8 Kg/cm ²	10.5 Kg/cm ²	10.5 Kg/cm ²	8.8 Kg/cm ²
Fluido	agua limpia	agua limpia	agua limpia	agua limpia
Extremos	bridados	bridados	bridados	bridados
Número	10	8	20	4
Servicio	continuo	continuo	continuo	intermitente

En el presente año el proyecto se ejecutará en una primera etapa que cubrirá un caudal de 7.5 m³/s con 4 bombas, debido a la renuencia de los habitantes de la región quienes no aceptan la explotación total del proyecto (15 m³/s).

Para efecto de la adquisición del equipo de la planta de bombeo, se someterá a concurso nacional a los posibles proveedores.

PLANTAS HIDROELECTRICAS. De los proyectos hidroeléctricos que se están ejecutando en la actualidad y que fueron descritos en el Capítulo I, citaremos a continuación la demanda de válvulas correspondiente.

En Bacurato, Sin., se requieren válvulas de admisión tipo mariposa con diámetro nominal de 2,600 mm, diseñadas para cerrar contra un gasto de 125% del caudal máximo que pudiera presentarse, dicha válvula operará como órgano de cierre, tanto en paro de emergencia como en su operación normal. Cabe mencionar que el porcentaje de integración nacional en valor de la válvula es de aproximadamente un 30% a cargo de TEISA, el avance de fabricación es del orden del 70%.

En Comedero, Sin., TEISA suministrará las dos válvulas de admisión tipo mariposa biplana con diámetro nominal de 3,150 mm para operar a semejanza de las de Bacurato, en este caso, la parte de integración nacional es de 74.2% y sólo se fabricarán en el extranjero (Sulzer Escher Wyss), el tornillo de carcasa, los apoyos del disco, el sello principal, el anillo del sello y el servomotor.

En Agua Prieta, Jal., se utilizarán dos válvulas esféricas con un diámetro de 1,700 mm para una presión de diseño de 650 m, fabricándose también en TEISA con un 73.8% de participación nacional.

III. FABRICACION DE VALVULAS EN MEXICO.

PROCESO DE FABRICACION DE VALVULAS DE MARIPOSA BIPLANAS EN TEISA.

- 1) Habilitación del material: Recepción de placa A-36 en espesores desde 8 mm hasta 36 mm y de las partes de fundición del mismo material. Pasa a control de calidad de materia prima en donde se les hace la prueba de ultrasonido.
- 2) Las partes de fundición pasan a maquinado y se hacen -- los biselados para efectuar la soldadura de las placas con lo que se formará la carcasa de la válvula y el disco bi-- plano.
- 3) Las placas pasan a oxicorte donde se hacen los cortes y biselados requeridos por medio de control numérico.
- 4) Las piezas obtenidas pasan a pailería donde se rolan y se hace el prearmado, posteriormente se sueldan checando -- totalmente por ultrasonido y líquidos penetrantes. Estas -- piezas se conducen al tratamiento térmico de relevado de -- esfuerzos, checándose posteriormente con partículas magné-- ticas para detectar cualquier grieta que pudiese surgir en el tratamiento térmico.
- 5) Las piezas pasan a un granallado, se pintan con óxido -- de zinc y se pasan a maquinado final. Se verifican dimensio-- nes, se procede al ensamble de ejes y discos para finalmen-- te dar la pintura de acabado.

6) Prueba hidrostática. En esta prueba se somete a la válvula a una presión de 1.5 a 2 veces la presión de diseño durante un determinado tiempo sin que deba presentar fugas.

PERSPECTIVAS DE FABRICACION. El requerimiento de válvulas para la planta de bombeo del proyecto Acueducto Chapala - Guadalajara va acompañado del correspondiente requerimiento de bombas en la solicitud de concurso, teniendo como posibles participantes a las compañías especializadas en la fabricación de bombas: Sulzer, Byron-Jackson, Worthington, etc.

De acuerdo con el POISE, se pondrá a concurso con los proyectos hidroeléctricos de Agua Milpa, Iztantún y Temascalca en un corto plazo.

La SARH en su programa de obras requiere de la fabricación de grandes válvulas, y la reparación y mantenimiento de las ya existentes; es de particular importancia el proyecto de Chilatlán, Mich., en el que se requerirán válvulas de mariposa con diámetros estimados en 6,000 mm y grandes válvulas de chorro, abriéndose una perspectiva interesante en la fabricación de válvulas en México.

Para concluir con este capítulo debemos subrayar el papel doble que da lugar el fabricar grandes válvulas: por un lado mantiene fábricas de grandes maquinados como lo deben ser las productoras de grandes turbinas, y por otra parte produce en sí partes de sistemas turbogenerado-

res. En el caso particular del desarrollo en México, contemplamos las últimas actividades de TEISA y concluimos que su carga de trabajo es completa y asegurada para un futuro lapso de tiempo suficiente para mantenerse equilibrada económicamente hasta el momento de lograr la cooperación de otras fábricas que constituirán el equipo nacional para formalizar una producción de turbomáquinas. Con ésto el país comienza a vivir los efectos multiplicadores que da al mercado de trabajo la manufactura de bienes de capital.

CAPITULO III

COMPUERTAS

CAPITULO III

COMPUERTAS

I. FUNCIONES.

II. TIPOS DE COMPUERTAS.

III. FABRICACION.

I.- F U N C I O N E S .

Son dispositivos utilizados para controlar grandes cantidades de flujo. Su principal aplicación se encuentra en el sistema de operación - de las grandes presas.

Se utiliza tanto en la obra de construcción como en la operación de las mismas, desempeñando principalmente las siguientes funciones:

- Compuertas de desvío (cierres de la obra de desvío).
- Desagüe (control de llenado del embalse).
- Obra de toma (entrada a las tuberías de presión).
- Desfogue (vertedores para el control de nivel o de excedencias).

COMPUERTAS DE DESVIO.

El primer paso en la construcción de la cortina de una presa, consiste esencialmente en preparar las condiciones que permitan llevar a cabo la cimentación de la cortina. Estas condiciones se obtienen provocando una cierta obstrucción en el cauce del río. Al conjunto de obras que van encaminadas a lograr este propósito se le conoce como "obra de desvío".

En estas obras se utilizan 2 compuertas deslizantes. Estas -

compuertas se destinan a soportar la carga de la primera etapa de llenado, hasta la conclusión de un tapón de concreto.

COMPUERTAS DE DESAGUE.

Para controlar la elevación del nivel del agua durante el llenado del embalse se prevén dos descargas.

- a) Una descarga inferior, provisional, localizada en el cuerpo de la cortina, que destina el control de llenado en la parte inferior de la presa. Esta descarga ya deberá de operar hasta la conclusión del tapón de concreto en el túnel de desvío, enseguida cerrada y taponada.
- b) Una descarga superior permanente y suele estar en alguna de las laderas. Esta descarga deberá controlar el llenado en la parte superior del embalse, además podrá ser usada para mantener el vaso a una cota deseada.

Cada una de las descargas suele estar equipada con dos compuertas y con rejillas de protección.

OBRA DE TOMA.

La obra de toma suele encontrarse en la ladera opuesta a la com

puerta de desagüe. En ocasiones, la obra se divide en dos tomas adyacentes, cada una alimenta a una tubería.

Debido a las altas cargas de operación, cada toma suele estar dividida en dos partes por un pilar intermedio y de esta manera reducir el ancho de las compuertas.

Suelen estar equipadas desde aguas arriba con rejillas fijas, 2 compuertas de emergencia y 2 compuertas de servicio.

Después de la toma, se encuentran las tuberías de alta presión que terminan en la sala de máquinas.

OBRAS DE EXCEDENCIA.

Consisten en dos vertedores, que a diferencia de las compuertas anteriores no se encuentran sumergidas en su totalidad y suelen ser compuertas radiales.

II.- TIPOS DE COMPUERTAS .

En las obras de toma, de desvío y desagüe las compuertas son casi siempre verticales.

El funcionamiento de estas compuertas consiste en que el cuerpo de las mismas es izado por acción de un servomotor.

Las compuertas simples de acero que deslizan por guías verticales de las pilas, se utilizan para pequeñas instalaciones. En este tipo de compuertas existe alta fuerza de fricción desarrollada en las guías, debido a la fuerza hidrostática que actúa sobre la compuerta por lo cual su tamaño queda limitado.

Colocando rodillos cilíndricos entre las superficies de sostenimiento de la compuerta y guías especiales, se puede reducir la fricción. Una compuerta de este tipo es la Stoney, la cual tiene rodillos que son independientes de la compuerta o de las guías, con lo que se elimina la fricción de los ejes.

Debido a que el tren de rodillos independiente de la compuerta Stoney es difícil de diseñar y de construir, también se utiliza la compuerta de rueda fija, aprovechando el desarrollo de los soportes para rodillos de baja fricción. Esta compuerta de rueda fija tiene ruedas unidas a la misma y accionamiento por rieles, colocados en los lados de agujas abajo de la guía de la compuerta.

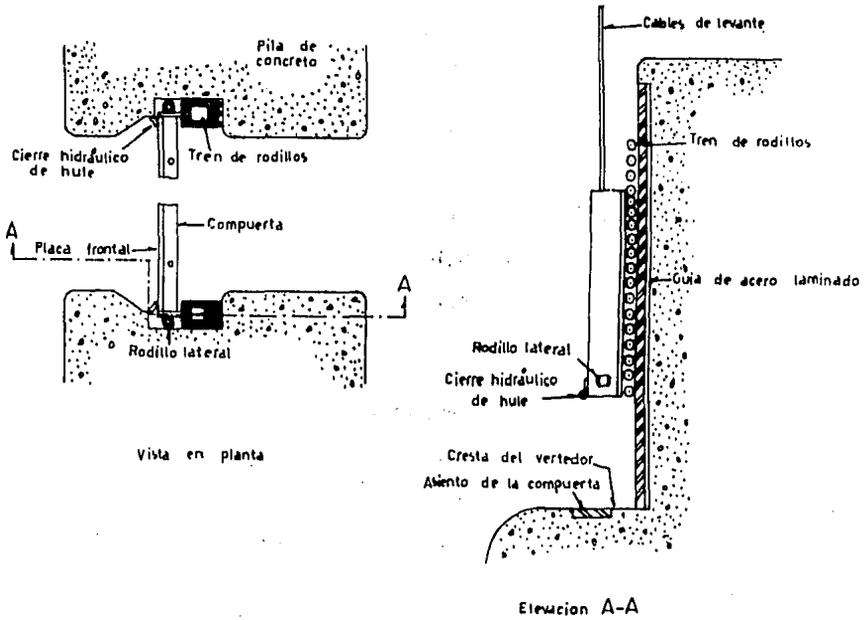


Figura 3.1. Disposición de una compuerta vertical.

Este tipo de compuerta suele estar dividida en dos partes para que en el momento de izarla sea menos carga para el servomotor y no sea tan robusta.

Aparte de las compuertas verticales existen otros tipos, que se citan a continuación:

- Compuertas radiales.
- Compuertas de rodillo.
- Compuertas de tambor.

COMPUERTAS RADIALES.

La cara de la compuerta es un segmento cilíndrico, apoyado en un marco de acero que pivotea sobre muñones fijos en la parte de agujas abajo de las pilas sobre la cresta del vertedor. Los cables del mecanismo de elevación se unen a la compuerta y conducen los montacargas sobre la plataforma - que existe arriba de las mismas.

En este tipo de compuertas, la fricción se encuentra en el pivote y generalmente es mucho menor que para las compuertas verticales con deslizamiento del mismo tamaño.

COMPUERTAS DE RODILLO.

Esta compuerta consta de un cilindro de acero que clarea entre las pilas. Cada pila tiene un bastidor inclinado que engancha mecanismos den-

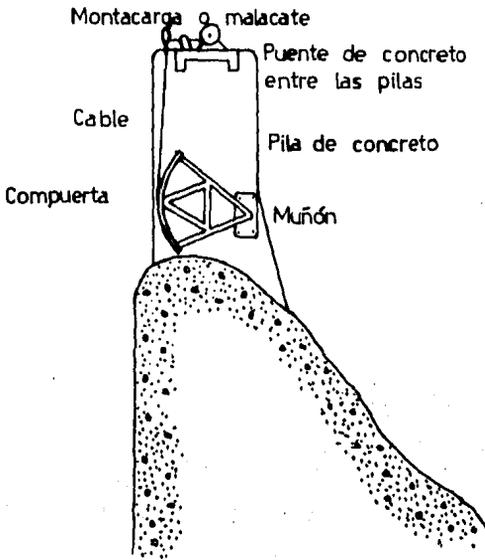


Figura 3.2. Disposición de una compuerta radial

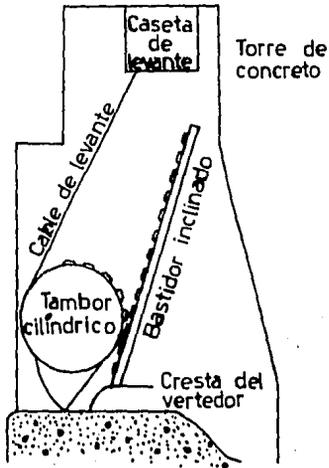


Figura 3.3. Ilustración de una compuerta de rodillos

tados, los cuales rodean los extremos del cilindro. Cuando se jala el cable, la compuerta sube al bastidor. La parte inferior de la compuerta consta de un segmento cilíndrico que hace contacto con la cresta del vertedor y aumenta la altura de la compuerta. Este tipo de compuerta se adapta a los claros largos de altura moderada.

COMPUERTAS DE TAMBOR.

Esta compuerta consiste de un segmento cilíndrico, que en la posición abierta o baja, se ajusta a un hueco hecho a la parte superior externa del vertedor. Cuando se admite el agua en este hueco, el tambor vacío de la compuerta es forzado hacia arriba para que tome la posición de cierre.

En la figura se aprecia una compuerta completamente cerrada, articulada en la arista de aguas arriba, en forma tal que las fuerzas de flotación auxilien a levantarla. También se puede ver un tipo de compuerta que no tiene hoja de fondo y se levanta únicamente por la presión del agua.

Estas compuertas se adaptan en claros de gran longitud y a la operación automática. No se adaptan a presas pequeñas, debido al largo hueco que necesitan las compuertas.

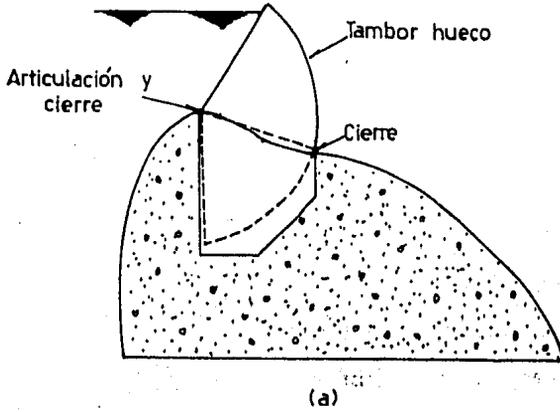
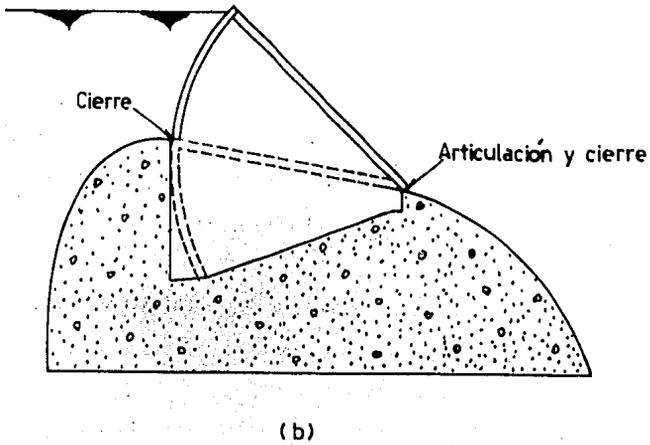


Figura 3.4. Ilustración de una compuerta de tambor



III.- FABRICACION .

Las compuertas juegan un papel muy importante en la operación de las plantas hidroeléctricas.

Tomando en cuenta las crecientes necesidades que tiene nuestro país, tanto en obras de irrigación como hidroeléctricas, así como la gran magnitud de estas obras, podemos afirmar que el diseño y la fabricación de -- compuertas son factores importantes para el desarrollo nacional y, por lo tan to, deben ser satisfechos mediante el empleo de una tecnología nacional.

Los primeros intentos para realizar su fabricación en México, se remontan a la época en que Manuel Moreno Torres era Subdirector de CFE. Estas compuertas no tenían una alta calidad, pero marcaron el inicio de su fa bricación en México.

Actualmente, gracias a la amplia experiencia que se ha tenido en obras hidráulicas, se cuenta con los recursos necesarios para desarrollar el 100% de la ingeniería requerida en el Diseño de Compuertas,

Por otra parte, la capacidad de la Industria Metal-Mecánica - resulta por demás suficiente para realizar la manufactura de las mismas.

Además, los principales materiales para la fabricación de compuertas (acero estructural, acero inoxidable, acero especial, bronce y hule -

de sellos) pueden ser provistos por la Planta Siderúrgica Mexicana a excepción de algunos componentes menores que son de importación.

Todo lo anterior ha dado como resultado que sea un hecho la fabricación de compuertas en México. Como ejemplo se tiene que se encuentran en proceso de fabricación las compuertas para los complejos hidroeléctricos - de Caracoles y Peñitas.

Dicha fabricación se esta realizando en las empresas siguientes: Makrotek, S. A. y TEISA, fabricando la primera las de toma y la segunda las de desagüe, con una integración nacional de aproximadamente 87%, representando un gran ahorro en compras al extranjero, teniendo como ejemplo que el costo de -- las compuertas de desagüe para Peñitas asciende a 70 millones de pesos aproximadamente, además de proporcionar empleo a obreros mexicanos.

De las empresas mencionadas, Makrotek es el resultado de una - sociedad entre el Grupo Industrial Alfa, S. A. (México) y Duro Felguera, S.A. (España) y marca la incursión de la Industria Privada en la construcción de Bienes de Capital.

Makrotek fue constituida en Marzo de 1980 y comenzó a trabajar en 1982 extendiéndose en una superficie de 200,000 m², de los cuales 30,000 son área cubierta por instalaciones industriales y está localizada a 26 kms. al oeste de la ciudad de Monterrey, N. L., obviamente, en esta ciudad se encuentran la mayoría de las industrias de este Grupo Industrial.

Makrotek cuenta con la maquinaria y equipo para maquinados ligeros y de gran magnitud, como es el caso de un torno vertical con un diámetro máximo de maquinado de 5m, y un torno horizontal de 20m de distancia entre centros con un diámetro máximo de torneado de 7m, así como taladros, tornos verticales y paralelos medianos, mandrinadoras, fresadoras, -- rectificadoras, sierras, curvadoras, máquina de oxicorte y horno de tratamientos térmicos.

Makrotek cuenta con los medios de producción adecuados para satisfacer la demanda de una gran cantidad de productos, entre los que se -- encuentran:

Productos para centrales hidroeléctricas.

Productos para centrales termoeléctricas.

Productos químicos, petroquímicos, refinerías.

Productos para centrales nucleoelectricas.

Productos para siderurgia y metalurgia.

Productos para laminación.

Productos para papel y celulosa.

Productos para almacenamiento de líquidos.

Productos para cemento, cal y minerales.

Productos para movimiento de materiales.

Se puede observar que los productos son muy similares a los -- que podría fabricar TEISA, pero difieren en los componentes de Centrales

Nucleoeléctricas y la construcción de grandes gruas viajeras.

Lamentablemente, Makrotek no ha llegado al nivel de eficiencia adecuado, debido a que se ha encontrado con un sinnúmero de problemas, - entre los que destacan: mucha de su maquinaria fue comprada usada y no se ha podido poner a funcionar, tal es el caso del torno vertical más grande y del torno paralelo que tiene una distancia entre centros de 20 metros. Además, cuentan con serios problemas de clima, ya que tienen que hacer maquinados de precisión con temperaturas que en ocasiones llegan a los 40°C.

Por otra parte, la capacitación que representó un gran porcentaje del capital invertido ha desaparecido, ya que la mayoría del personal capacitado ha pasado a formar parte de otras empresas.

El Grupo Alfa atraviesa por una crisis económica y se teme por su desaparición, dejando la expectativa de la ayuda del gobierno federal.

En lo general la demanda de compuertas depende de las centrales hidroeléctricas que se encuentran en proceso de construcción, así como las que se proyectan.

Esta demanda deberá ser satisfecha no sólo por los proveedores mencionados, sino que se tendrán concursos nacionales en los que participarán todos los proveedores que cuentan con la capacidad necesaria para llevar a cabo estos trabajos.

Entre los proyectos que se están realizando se encuentran:
Bacurato, Comedero, Peñitas y Caracol.

CAPITULO IV

TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW

CAPITULO IV

TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW

- I. EMPLEO DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW.
- II. CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW.
- III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE TURBINAS DE VAPOR EN EL RANGO DE HASTA 110 MW EN MEXICO.

I. EMPLEO DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW.

La prehistoria de la turbina de vapor se remonta hasta el año 175 a.C. en que Herón de Alejandría realiza la descripción de la primera turbina de vapor conocida. Este fué el primer dispositivo que se conoce en que se encuentra implícito el principio que rige y define a las turbomáquinas térmicas motoras; a saber, aquellas en las cuales un flujo de fluido compresible (o cuya compresibilidad no es despreciable) cede energía a un elemento giratorio (rodete) provocando el movimiento del mismo y de partes acopladas a él (eje), transformándose así la energía del flujo en energía mecánica rotacional.

Fue a fines del siglo pasado cuando el hombre realizó las primeras aplicaciones de valor de la turbina de vapor; muchos investigadores contribuyeron a su desarrollo y de ellos mencionaremos a los dos principales, -- que fueron los creadores de las turbinas de vapor modernas.

El primero es el genial inventor sueco De Laval (1845-1913), que creó como producto de su desnatador centrifugo impulsado por la necesidad de encontrar un accionamiento de gran velocidad para el mismo, la turbina de vapor de acción, de un solo escalonamiento, llamada turbina de De Laval. De Laval desarrolló para su turbina la tobera convergente-divergente con velocidad supersónica de salida de vapor y el eje flexible cuya velocidad crítica quedaba por debajo de la velocidad de giro de la turbina, 30,000 rpm.

El segundo es el inglés Parsons (1854-1931), quien en busca de un motor marino apropiado, desarrolló la turbina de vapor de reacción de varios escalonamientos. El "Turbinia", primer barco equipado con turbina de vapor, fue fletado en 1895. Parsons resolvió el problema de la marcha atrás mediante un doble rodete, y consiguió mejores rendimientos que con las máquinas alternativas de vapor que se utilizaban en aquel entonces.

Es conveniente señalar que una turbina de acción es aquella en la que la expansión del vapor se realiza únicamente en la corona fija de la misma, mientras que una turbina de reacción es aquella en la cual parte de la expansión se realiza en la corona fija y parte en la corona móvil de ella.

En la actualidad, las turbinas de vapor en el rango de hasta - 110 Mw, también conocidas como de pequeña y media capacidad, tienen muy diversas aplicaciones y de ellas podemos citar como principales:

- La generación de corriente eléctrica.
- En la industria petroquímica y de refinación.
- En la industria química.
- En la industria del papel.
- En la desalinización del agua de mar.
- En la industria azucarera.
- En la incineración de basura.
- En plantas geotérmicas.
- En plataformas marinas.
- En la industria siderúrgica.
- En la industria cervecera.
- En la industria de fertilizantes.
- En la industria de fibras sintéticas.
- En la industria en general, en ciclos combinados o de co-generación.

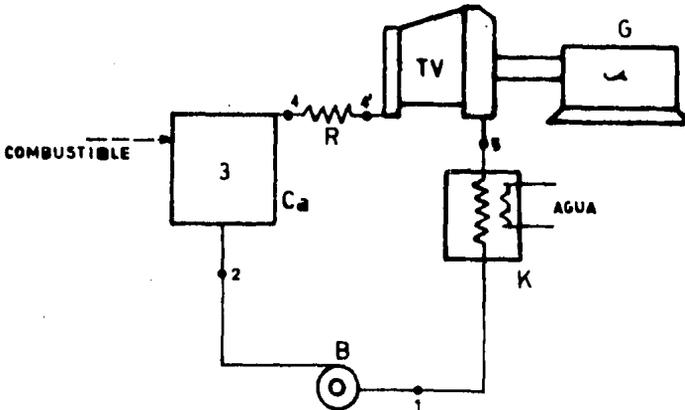
En México citamos a PEMEX para dar un ejemplo de la gran demanda de este tipo de turbomáquina en el país, el censo de la empresa en 1982 de los complejos petroquímicos de la zona norte solamente, reveló que se encuentran instaladas 328 unidades de 20 marcas diferentes, y que de todas las turbinas instaladas el 90% se emplean para accionamiento mecánico y el 10% para generación de potencia.

Con objeto de ilustrar el empleo de las turbinas de vapor para la generación de corriente eléctrica, la figura de la página siguiente muestra el ciclo básico de una turbina de vapor o ciclo Rankine. La energía de flujo del vapor se transforma en la turbina en energía mecánica en el eje de ésta, - el eje se encuentra acoplado a un generador eléctrico que, a su vez, transforma la energía mecánica del eje en energía eléctrica. En la figura el agua líquida que proviene del condensador K, es bombeada al generador de vapor por la

bomba B. El generador de vapor consta de un economizador (2-3), una caldera (3-4) y un recalentador (4-4') R. El vapor supuestamente sobrecalentado entra a la turbina de vapor TV y se expande hasta el punto 5 a la entrada del condensador, cediendo su energía de flujo para mover el eje acoplado al generador eléctrico G, produciéndose así energía eléctrica.

Este ciclo con otras implementaciones y sofisticaciones añadidas con el objetivo fundamental de aumentar al máximo la eficiencia, es el utilizado en las plantas termoeléctricas y en la industria en general para producir potencia a partir de un flujo de vapor.

Como ya lo mencionamos, la energía mecánica que se obtiene en el eje también es utilizada en la industria como medio de accionamiento mecánico cuando se requiere utilizar la alta velocidad angular que es característica de estas máquinas.



. Esquema de una central térmica de vapor de agua con recalentador R.

II. CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 110 MW,

A continuación veremos brevemente la construcción de las turbinas de vapor atendiendo a las partes principales que la constituyen, los materiales de que están construídas cada una de estas partes y los principales procesos de fabricación utilizados para la producción. Lo anterior contribuirá a formar una idea más amplia de lo que cualquier proyecto para la fabricación de turbinas de vapor debe conjuntar. Debido a que las turbinas de vapor cuentan básicamente con los mismos órganos y mecanismos independientemente de la capacidad de éllas, la siguiente descripción será válida también para las unidades del siguiente rango de capacidad, hasta 350 Mw. Por otra parte en el capítulo V referente a este último rango de turbinas se hace referencia a los materiales empleados en la fabricación y ensamble de las mismas, cuestión que a su vez es aplicable a las de hasta 110 Mw, siempre y cuando no se especifique lo contrario.

Las leyes de la Mecánica de Fluidos y de la Termodinámica, -- que rigen la transformación de energía de fluido en energía mecánica, son las fundamentales y específicas en el estudio y proyecto de las turbomáquinas. -- Además de estas leyes, las leyes de la Mecánica y de la Resistencia de Materiales, con el estudio de los esfuerzos y de los materiales y dimensionado adecuado para resistir a los mismos, son fundamentales en el diseño de estas máquinas, como en el de cualquier otra.

A continuación se describen los órganos constitutivos más importantes de las turbinas de vapor.

EL ROTOR. El rotor es el órgano más importante de las turbinas de vapor. Los álabes móviles, que junto con los álabes fijos constituyen la parte principal de la zona de flujo, forman parte del rotor. El rotor transmite el momento de giro producido por el fluido, consta del eje, discos o tambor, álabes y otros diversos órganos pequeños fijados a él; collarines diversos de los laberintos, las transmisiones al regulador, acoplamientos, etc.

La construcción es muy variada, pero todos los tipos pueden -

reducirse a tres: rotores de discos, rotores de tambor y rotores de tambor y discos simultáneamente. El rotor puede construirse forjado de una pieza, soldado de varias piezas, o integrado por discos individuales, en cuya periferia acanalada se fijan los álabes y en cuyo anillo interior se asienta él mismo en el eje.

La figura 4.1 muestra un rotor forjado en una sola pieza con los discos, lo que conduce a una construcción muy robusta. Este rotor pertenece a una turbina de contrapresión de 25 Mw, y es característico del cuerpo de alta presión de aquellas turbinas, cuya presión inicial es elevada. Esta construcción no es posible con discos de diámetro mayor a un metro, porque si el diámetro es mayor resulta difícil un forjado de alta calidad y los defectos en el forjado obligan a rechazar piezas grandes de elevado costo.

Otro inconveniente es que las aleaciones de alta temperatura - de costo elevado, necesarias en los primeros escalonamientos, se emplearían su perfluamente en los escalonamientos restantes, con aumento del precio de la má quina, que puede evitarse con otro tipo de construcción. En la figura pueden verse a la izquierda los múltiples anillos ranurados que constituyen los laberintos de alta presión, el disco con las coronas móviles del doble escalonamiento Curtis, los discos de espesor constante para los escalonamientos de acción y la parte final con los laberintos de baja presión. Entre los discos se instalan los diafragmas dotados también de laberintos adecuados.

En la figura 4.2 que corresponde a un rotor de una turbina de 6 Mw representa la construcción más corriente en las turbinas de acción de rotor integrado por discos separados, asentados en el eje. El vapor circula de izquierda a derecha. El primer disco consta de dos coronas móviles, correspondientes a los escalonamientos de velocidad Curtis, o doble corona de regulación. Los discos restantes corresponden a coronas de acción. Los últimos escalonamientos suelen construirse modernamente, como ya se ha dicho, con algo de reacción.

El rotor de la figura 4.3, que corresponde a una turbina de va por de 25 Mw con dos extracciones, es una combinación de los dos anteriores. - En efecto, los discos de los escalonamientos de alta presión, incluyendo el es

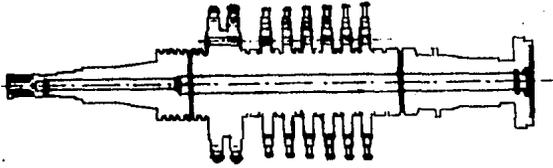


Figura 4.1 Rotor forjado en una pieza con los discos de una TV de contrapresión de 25 MW.

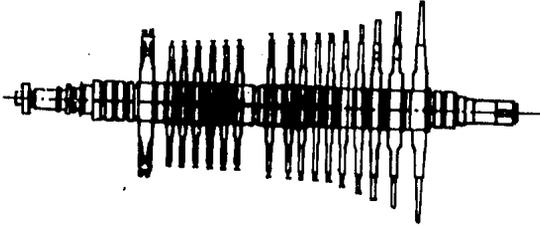


Figura 4.2. Rotor de discos separados de una TV de 6 MW

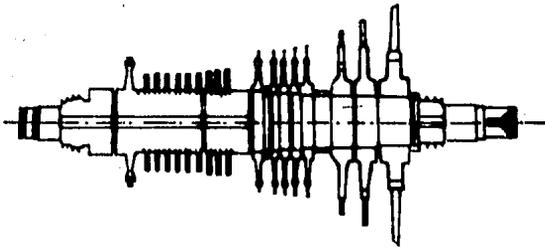


Figura 4.3. Rotor de TV de 25 MW de discos, una parte de ellos forjados en una pieza con el rotor y otra parte formando unidades independientes.

calonamiento Curtis, se forjan en una pieza con el eje, mientras que los discos de los últimos escalonamientos construídos por separado se asientan en el mismo.

ROTORES DE TAMBOR. El rotor de tambor de la figura 4.4, que corresponde a una turbina de vapor Brown Boveri para una presión de vapor vivo de 170 bar está compuesto de seis elementos forjados independientemente y luego soldados entre si; cuatro de los cuales son discos de espesor constante con llanta ranurada para la fijación de los álabes, y los dos elementos externos son tamborres huecos forjados juntamente con el eje. La turbina es de doble admisión en el centro, es decir, el vapor fluye desde el centro a uno y otro lado de la turbina, con un escalonamiento de acción inicial a uno y otro lado, y los restantes escalonamientos de reacción. Este rotor está diseñado para gran rigidez, a causa de la gran distancia entre los apoyos. Este tipo de rotores huecos sólo pueden emplearse, por razones de resistencia, hasta velocidades periféricas de unos 200 m/s. En los tamborres de baja presión, en que suele excederse esta velocidad, se debe realizar una construcción de tambor macizo.

DISCOS. En la figura 4.5 pueden verse los tipos de discos más usuales en las turbinas de vapor:

- a) Disco de espesor constante. Para velocidades circunferenciales pequeñas, hasta alrededor de 130 m/s. Pueden formar una unidad forjada con el eje, o bien una unidad independiente del mismo.
- b) y c) Discos de perfil cónico. En ellos la velocidad periférica puede elevarse hasta unos 300 m/s.
- d) Discos de perfil hiperbólico. Muy utilizado. El que se muestra sirve de asiento a un escalonamiento Curtis.
- e) Discos de espesor constante. Son forjados en una pieza con el eje de diámetro aumentado. Las velocidades periféricas en este caso pueden llegar hasta 170 m/s.
- f) Disco de igual resistencia. Con él se pueden alcanzar ve

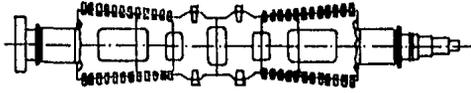


Figura 4.4. Rotor de TV forjado separadamente en piezas y luego soldadas entre si.

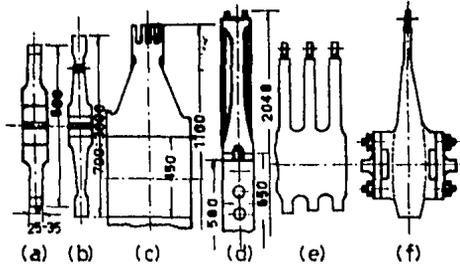


Figura 4.5. Formas diversas de discos: a) espesor constante con orificio circular central para su asiento en el eje; b) y c) cónicos; d) hiperbólico; e) espesor constante sin orificio central; f) disco de igual resistencia,

locidades periféricas superiores a los 400 m/s. En este disco la resistencia no varía en dirección radial. El disco de la figura además no posee abertura central, con lo cual no disminuye su resistencia.

Obsérvese también en la figura los orificios axiales que en ocasiones se practican en los discos de las turbinas de acción para equilibrar las presiones a ambos lados del disco. Estos orificios han de estar bien redondeados para evitar concentraciones de esfuerzos.

ALABES MOVILES. Es conveniente distinguir los siguientes tipos de álabes:

a) Alabes de acción y de reacción. Los álabes con un grado de reacción teórico pequeño (10-15%) se suelen incluir entre los álabes de reacción. La razón es que este grado de reacción pequeño compensa las pérdidas en el rodete, y por eso el salto entálpico en el mismo es prácticamente nulo, -- con lo cual el grado de reacción real es aproximadamente cero. Si el grado de reacción varía de la base a la punta los álabes se clasificarán en álabes de acción o reacción, según sea el grado de reacción en el diámetro medio.

b) Alabes de sección o perfil constante y álabes de sección variable de la punta a la base.

c) Alabes con y sin torsión.

Según el método predominante en su fabricación se distinguen los siguientes tipos:

- álabes forjados.
- álabes fresados,
- álabes laminados,
- álabes fundidos;

sabiendo claro, que en la fabricación de los álabes suele intervenir más de un método de fabricación, por ejemplo fundición y fresado. En la figura 4.6 y 4.7 pueden verse los dos tipos más característicos de álabes de las turbinas de vapor. La figura 4.6 corresponde a un álabe de acción de perfil constante de la base a la punta. El procedimiento de fabricación puede ser por laminado en frío o fresado. En el primer caso de la chapa laminada en frío se corta el

álabe, se fresa el pivote donde se instalará la llanta, en caliente se conforma el álabe, se fresan las entalladuras del pie para su fijación en el disco o tambor, así como las aristas que forman los ángulos de entrada y salida y se pulen las paredes que han de constituir el conducto de vapor. En la figura pueden verse las partes de que consta un álabe; la pluma 3 con su parte cóncava y parte convexa o dorso del álabe; el pie 5 y la punta donde se encuentra el pivote 1. El pie se fija en el disco 6 (en las turbinas de reacción - en el tambor). Entre cada dos álabes consecutivos se colocan las piezas intermedias 4, que cumplen dos misiones, fijar el paso entre álabes y limitar por la parte inferior el conducto de circulación del fluido entre los mismos. La superficie límite superior del mismo conducto la constituye la llanta 2, que se introduce por sus orificios en los pivotes 1, los cuales se remachan después. La llanta no es un aro circular continuo sino que está constituida por varias piezas, con juego entre sí que permite la dilatación térmica. En este álabe la sección mínima del pie es mucho menor que la misma sección del resto del álabe, por lo cual sólo puede utilizarse con velocidades periféricas moderadas, como las que se presentan en las primeras coronas móviles de las turbinas de vapor.

Para velocidades periféricas elevadas se fabrica el álabe formando una sola pieza con el taco separador anteriormente mencionado, ya mediante forjado, con el fresado del perno de sujeción de la llanta y demás operaciones antes mencionadas; o más frecuentemente fresando el álabe con la pieza de separación de un mismo lingote. El álabe de la figura 4.7 es un álabe fresado de la firma Escher Wyss. El pie rectangular resulta cómodo para su fijación en el disco. En la figura 4.8 se ve un esquema de la serie de operaciones que se realizan en su fabricación. El álabe fresado de una pieza es el más utilizado en las coronas de alta presión de las turbinas de vapor modernas. Los álabes de la figura 4.7 se introducen en la periferia del disco o por las aberturas laterales que lleva el disco a uno o ambos lados para este fin. Los pies de los álabes así como los tacos intermedios ajustan entre sí de manera que su holgura es inferior a 0.05 mm. A continuación se introducen las piezas de cierre como la de la figura 4.9, con uno o dos pernos de fijación en el disco. En la figura 4.10 puede verse la forma de la pieza de cie--

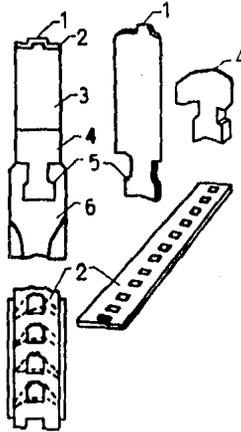


Figura 4.6. Alabe móvil de un escalonamiento de una T.V. de acción.

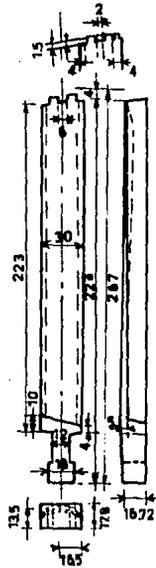


Figura 4.7. Alabe fresado de la firma Escher Wyss.

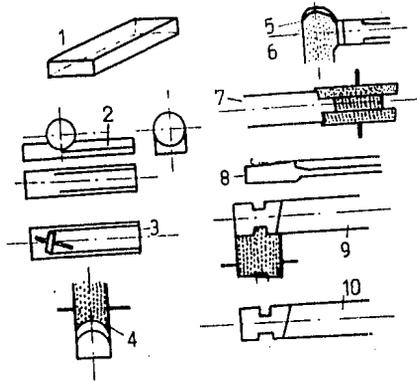


Figura 4.8. Mecanizado del álabe de la figura 4.7: 1. corte a la medida y fresado de la pieza prismática, 2. Fresado de la cara cóncava del álabe, 3. Fresado oblicuo del dorso del álabe, 4. Fresado del dorso del álabe con espesor decreciente, 5. Fresado de la arista de entrada, 6. Fresado de la arista de salida, 7. Fresado del pivote, 8. Fresado del pie, 9. Fresado de las entalladuras del pie, 10. Fresado del redondeado del dorso del álabe. Luego se pulimenta con muela de esmeril

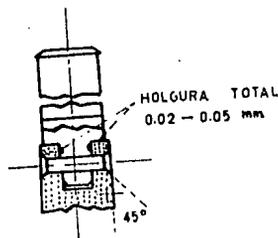


Figura 4.9. Pieza de cierre.

rre de una turbina AEG. Entre las dos piezas laterales que se encajan en los álabes contiguos se introduce a presión la pieza intermedia que se ve en la figura. Los álabes del escalonamiento de regulación están sometidos a esfuerzos de flexión elevados, causados por la elevada presión del vapor allí reinante, ellos son alternativos a causa de la admisión parcial. Para mayor rigidez y poder soportar mejor estos esfuerzos de fatiga se sueldan entre sí los álabes de dos en dos o de tres en tres. La figura 4.11 muestra una construcción de gran rigidez bastante utilizada. Los álabes se fresan en una pieza con la llanta, - es decir, cada álabe en su parte superior tiene la forma y constituye una parte de la llanta. Una vez fijados los pies del álabe se sueldan los segmentos de llantas entre sí. En la figura 4.12 puede verse un ejemplo de álabe de turbina de vapor de la fábrica de turbinas de la ciudad de Kaluga en la URSS. Como puede verse en la figura este álabe es torsionado y de perfil variable de la base a la punta. En la base el perfil es de acción y en la periferia de reacción. Los centros de gravedad de las acciones se encuentran en línea recta. Los álabes se enlazan entre sí en grupos de dos por medio de dos hilos metálicos a distintas alturas, como puede verse en la figura, con lo que se eleva la frecuencia natural de las vibraciones del paquete de álabes.

PUNTA DE LOS ALABES. LLANTAS. La figura 4.13 muestra las formas más comunes de las puntas de los álabes que suelen encontrarse. La forma "a" es muy frecuente en los perfiles laminados. En la "b" el pivote tiene forma circular que facilita el remachado en la llanta; esta forma se utiliza en álabes de espesor considerable. La forma "c" se encuentra en álabes de gran espesor y de paso pequeño. La forma "d" tiene la cabeza achaflanada. La forma "e" se utiliza en aquellos álabes tan afilados en la punta que no permitirían de otra manera el alojamiento de los pivotes para la llanta. La forma "f" es característica de los álabes muy afilados de dos de las turbinas de reacción que no llevan llanta en la periferia. La forma "g" se emplea con pivotes de gran tamaño, lleva una acanaladura anular alrededor del pivote que permite no debilitar la llanta al embutirla al pivote, éste tiene una perforación cónica en la parte superior que facilita los remaches. La forma "h" representa al álabe que forma una pieza con el trozo de llanta correspondiente. Los álabes pueden quedar simplemente juxta---



Figura. 4.11.
Alabes fresados en
una pieza con un
segmento de llanta.

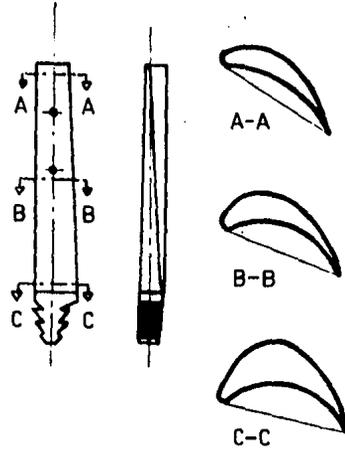


Figura. 4.12. Alabe torsionado
de una T.V.

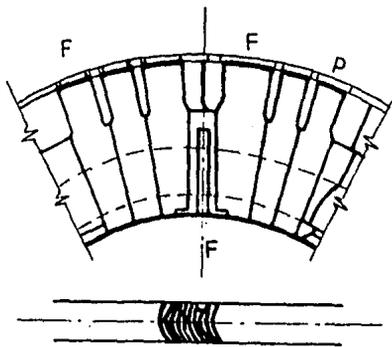


Figura. 4.10. Pieza de cierre de una TVAEG.

puestos o soldados en paquetes hasta de 20 álabes. El número de álabes soldados es tanto menor cuanto mayor es la temperatura del vapor y cuanto menor es el diámetro de la turbina.

El juego entre los segmentos de la llanta es del orden de 1 mm mientras que entre la llanta y los álabes el juego no debe exceder 0.1 mm. Los segmentos de la llanta en los álabes, que no forman una pieza con ésta a veces se sueldan a los álabes con soldadura de plata para aumentar la rigidez.

Modernamente en las turbinas de vapor se emplea la llanta como laberinto para evitar fugas de vapor. La figura 4.14 muestra dos formas de este tipo. En la forma (a) la chapa interior de la llanta que se construye de cobre o de níquel si la temperatura es muy elevada. La parte exterior de la llanta es de acero. En la figura aparece el pivote antes del remachado del mismo. La forma (b) constituye un laberinto mucho más complicado pero más eficiente.

Para aumentar la rigidez a veces se enlazan los álabes en paquetes de ocho, por ejemplo, por un alambre de sección tubular hueco, cuyos extremos se cierran con soldadura de plata. En los álabes largos a veces se utilizan dos o más de estos alambres con o sin llanta. El rodete adquiere así más rigidez, sin aumentar sensiblemente, como en el caso de la llanta, la fuerza centrífuga. En algunas turbinas se enlazan los paquetes entre sí. La selección de uno u otro tipo de interconexión de los álabes está íntimamente ligada a las vibraciones características de los mismos y los cuales constituyen todo un tema de estudio más profundo. La tendencia más moderna, sin embargo, es eliminar el alambre de conexión, por el efecto perjudicial que tiene en el rendimiento o emplear un alambre de forma más aerodinámica.

EL PIE DE LOS ALABES. Los pies de los álabes se construyen de formas muy diversas, algunas de las cuales pueden verse en la figura 4.15 talladas interior o exteriormente, que encajan en la forma análoga saliente, o respectivamente entrante del disco. Extraordinariamente sencillas son las formas (a) y (b), pero sólo pueden utilizarse para esfuerzos muy reducidos (velocidades periféricas reducidas y presiones de vapor no muy altas).

La forma de cola de milano de la figura (c) se emplea en álabes directrices de las turbinas de vapor. Mayores velocidades periféricas per

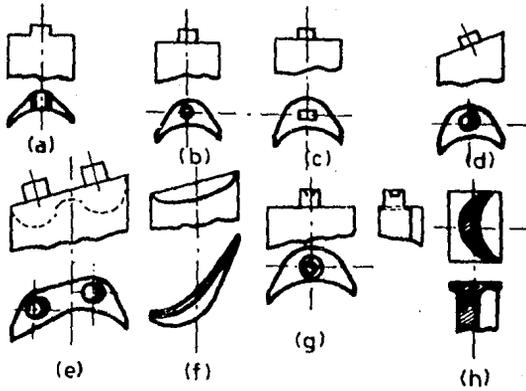


Figura. 4.13. Formas típicas de las puntas de los álabes de las T.T.

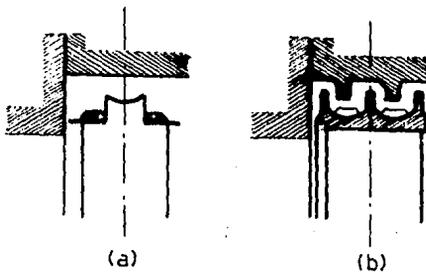


Figura. 4.14. La llanta utilizada como laberinto en un escalonamiento de TV.

mite el álabe de la figura (d). La forma (e) se emplea para álaves fresados - con piezas de separación forjadas.

Su fijación en el disco se hace mediante una espiga cónica o para mayores velocidades periféricas mediante dos espigas, como en la forma - (f). También ofrece gran resistencia la forma (g), así como la forma (h) conocida con el nombre de pie de abeto. Este mismo nombre lleva la forma (i) y -- (j) que constituyen el montaje recíproco.

EJES. En los ejes de las turbinas de vapor además de los discos y tambores se instalan, como ya hemos dicho, otros muchos elementos tales como los acoplamientos, los retenes de aceite, los casquillos de los laberintos, los discos de los cojinetes de empuje, el piñón para el accionamiento del regulador, etc. Estos elementos suelen fijarse en el eje por medio de chavetas. En las turbinas multicelulares de acción cada disco se fija en el eje mediante una o dos chavetas, cambiando de posición los chaveteros de cada disco y si son dos por disco, colocándose diametralmente opuestos. Para mayor facilidad de instalación de estos elementos el eje suele construirse de diámetro variable o escalonado. Mencionaremos que para el diseño de los ejes se debe considerar que - en el actúan: el momento de torsión correspondiente a la fuerza transmitida - por el eje, el momento de flexión correspondiente al peso del rotor y el empuje axial.

COJINETES. Los cojinetes soportan el rotor evitando el desplazamiento radial: cojinetes de apoyo, y el axial: cojinetes de empuje. Los cojinetes deben mantener los juegos axiales entre el rotor y el estator. El número y la disposición de los cojinetes depende del tamaño de la máquina. En la figura 4.16 se representan los diferentes tipos de apoyo que suelen emplearse en las turbinas de vapor. En las figuras (a) y (b) la turbina y la máquina accionada, ambas en voladizo tienen un solo cojinete intermedio con el eje único doble, es decir, sin acoplamiento intermedio, como en la figura (a), o con acoplamiento como en la figura (b). Esta disposición sólo puede utilizarse para potencias muy pequeñas, en las cuales pueden utilizarse también la lubricación simple -

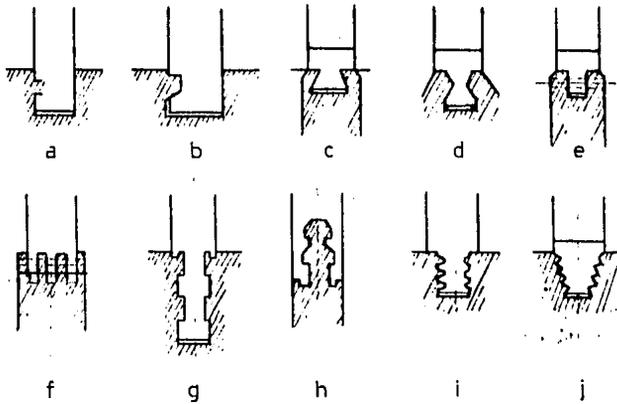


Figura 4.15. Formas diversas del pie de los álabes en las TT.

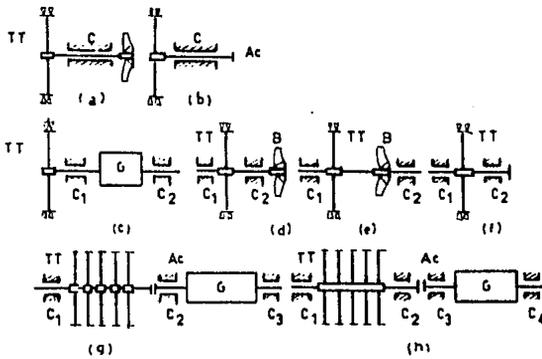


Figura. 4.16. Disposiciones diversas de los cojinetes de apoyo.
 En la figura: C, C₁, C₂, C₃, C₄. - cojinetes, B - bomba,
 TC - turbocompresor, TT - turbina, Ac - acoplamiento,
 G - generador.

por anillo de engrase. Los cojinetes de bolas sólo se han utilizado en las pequeñas turbinas, que funcionan a gran velocidad con carga pequeña. En las grandes turbinas, los cojinetes han de soportar grandes esfuerzos, a causa de el peso grande del rotor y de la velocidad elevada del mismo. Los cojinetes de la turbina deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a) consumo pequeño de potencia por rozamiento (rendimiento mecánico elevado),
- b) pequeño desgaste, asegurando un rozamiento líquido, sin contacto alguno entre las superficies metálicas,
- c) marcha suave,
- d) evacuación del calor de fricción en él desarrollado.

Para mayores potencias se utilizan dos cojinetes de apoyo, como en las figuras c,d,e y f, con las turbinas en voladizo y la máquina accionada entre ambos cojinetes, como en la figura (c), o con cualquier otra de las disposiciones que se representan. En las turbinas de media o gran potencia se utilizan 3 o 4 cojinetes. En el primer caso figura (g) el cojinete intermedio lo comparten turbina y generador y el acoplamiento deberá ser rígido, en el segundo, figura (h) se utilizará generalmente un acoplamiento flexible o elástico.

EL ESTATOR. El estator, cuerpo o armazón, constituye la parte estacionaria de las turbinas. Los esfuerzos a que está sometido son, por tanto, relativamente moderados y constantes; sin embargo, su construcción es altamente complicada por las siguientes razones:

a) En el cuerpo de la turbina se alojan multitud de órganos tales como los diafragmas, donde se instalan las toberas o álabes fijos, los conductos de donde parten las tuberías para las tomas intermedias y los conductos de donde parten los tubos de salida al condensador. El proyecto y construcción de estos conductos difusores es complicado si se quiere conseguir una recuperación eficiente de la energía cinética en poco espacio y con vapor altamente expansionado.

b) Las turbinas de vapor modernas funcionan a grandes presio-

nes y temperaturas (superiores a veces a 300 bar y 650 °C). Para abaratar la construcción la tendencia consiste en localizar las altas presiones y temperaturas en una zona relativamente reducida. De esta manera puede -- construirse el estator de fundición de hierro o acero utilizándose cada -- vez más la construcción soldada. En la figura 4.17 se muestra una carcasa exterior de alta presión.

DIAFRAGMAS Y ALABES FIJOS. Los álabes fijos se instalan en el diafragma y éste a su vez en el cuerpo de la turbina. La fijación del diafragma en el estator es muy importante, por un lado a causa del reducido juego radial y el reducido juego del álabe directriz en relación con el álabe móvil, la corona directriz debe fijarse con exactitud e instalarse en el estator con impenetrabilidad del vapor y por otro lado debe poder dilatarse libremente. Para la fijación misma hay diversas soluciones. Una de ellas puede verse - en la figura 4.18, en la cual los pernos (1) juntan las dos mitades del -- diafragma, la parte superior se fija mediante la placa (2), mientras que - el desplazamiento lateral queda impedido por las chavetas (3). Los álabes directrices ocupan toda o parte de la periferia del diafragma (admisión to tal o parcial). Una forma constructiva de los mismos se muestra en la figu ra 4.19, los dos álabes fijos junto con los tacos de separación son instala dos en el diafragma con pie de cola de milano; los álabes pueden soldarse a dichas piezas intermedias de separación, de manera análoga se instala n los álabes fresados de la figura 4.20.

Los álabes directrices de las coronas fijas que carecen de expansión se construyen moldeados, si las alturas radiales son grandes, -- por encima de los 15 mm; si la altura de los álabes es menor se construyen fresados. Los álabes fresados tienen menos pérdidas y constituyen álabes - de alta calidad.

Los álabes de acero inoxidable o níquel se instalan en los diafragmas generalmente fabricados de acero y se fijan con espigas, roblones o ranuras apropiadas.

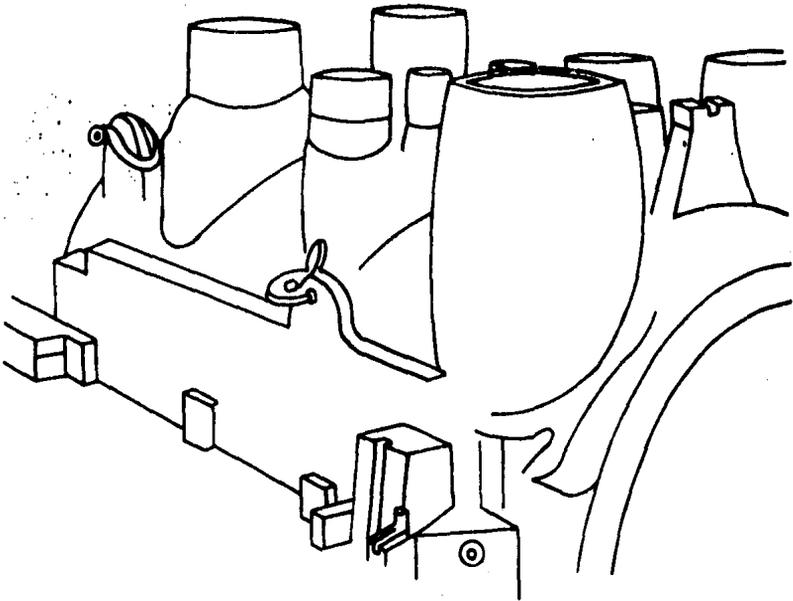


Figura 4.17. **CARCASA EXTERIOR DE ALTA PRESION.**

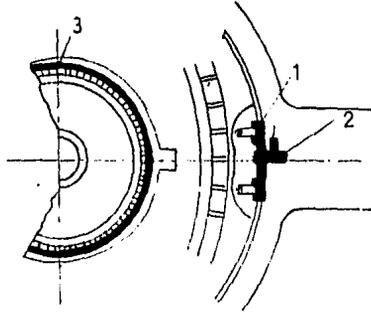


Figura. 4.18. Fijación del diafragma de una TV.

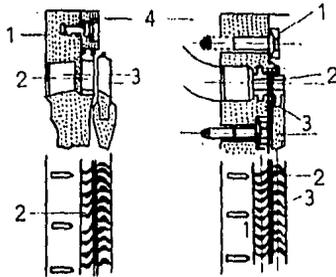


Figura. 4.19 Fijación de las toberas fresadas (AEG):
1. portador de toberas, 2. tobera,
3. álabe; 4. estator de la turbina.

LABERINTOS Y EMPAQUES. El proyecto y construcción de los empaques de una turbina es importante a fin de reducir al mínimo las pérdidas intersticiales externas e internas; fundamentalmente en las turbinas de vapor se emplean dos tipos de empaques: los empaques de carbón, que sólo se utilizan como empaquetaduras exteriores, y no muy frecuentemente, las empaquetaduras, cierres o anillos laberínticos utilizados siempre en las empaquetaduras interiores y casi siempre en las exteriores. El aspecto que presentan estos anillos laberínticos puede verse en la figura 4.21. Las empaquetaduras laberínticas pueden ser interiores y exteriores, las exteriores se disponen en los extremos de la máquina, o sea donde el eje de la turbina atraviesa el estator o cuerpo de la misma; las interiores se disponen entre el diafragma y el eje, o bien entre el diafragma y el tambor según el tipo de construcción de la turbina.

La empaquetadura exterior del extremo de alta presión debe minimizar la pérdida intersticial de vapor al exterior, mientras que la empaquetadura exterior del extremo de baja presión debe evitar en las turbinas de condensación la entrada del aire en la máquina para evitar que disminuya el vacío y con él el salto entálpico. Para conseguir en este empaque un cierre eficaz se introduce vapor de cierre en un punto intermedio del mismo, escogido de manera que con una pérdida insignificante de vapor por un lado a la atmósfera y por otro al interior hacia el escape de la máquina se logre evitar por completo la entrada del aire del exterior. El vapor de cierre puede ser vapor vivo suministrado a través de una válvula reguladora de presión ajustable o bien vapor de escape de la empaquetadura de alta presión. La utilización del vapor de escape del empaque de alta como vapor de cierre del empaque de baja puede verse en el esquema de la figura 4.22.

La figura 4.23 representa una sección a través de un cierre laberíntico compuesto de una serie de piezas anulares salientes a intervalos iguales en el estator de una máquina y de otra serie igual de piezas anulares en el rotor intercaladas entre las primeras como se ve en la figura. A la entrada del laberinto reina la presión P_0 y a la salida del mismo la presión P_1 . El vapor sufre en el laberinto un laminado, o pérdida de presión, desde la presión P_0 a la presión final P_1 .

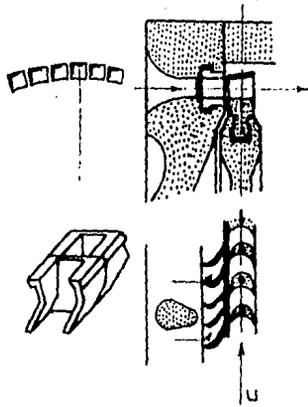
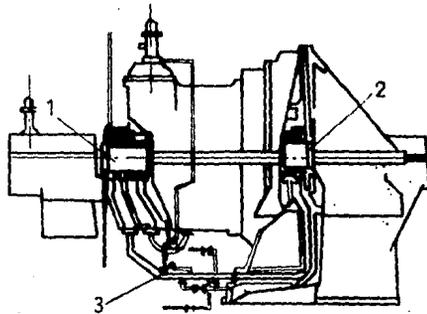


Figura 4.20. Conductos directrices fresados de la firma E.W.

Figura. 4.22. Esquema de los cierres laberínticos de una TV. de un sólo cuerpo de presión media:

1. Cierre laberíntico de alta presión, 2. Cierre laberínticos de baja presión, 3. Vapor de cierre del laberinto de alta al laberinto de baja.



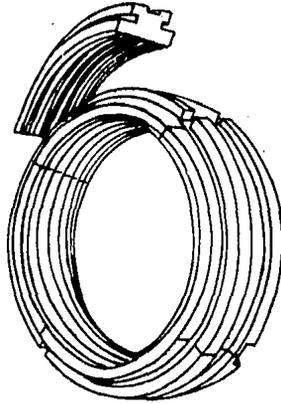


Figura 4. 21. Anillos laberínticos de las TV AEI, Inglaterra. Cada anillo está dividido en segmentos que no se acoplan entre sí con cubierta estática y mecanizados en su periferia interior. Por su periferia exterior en forma de T o de cola de milano encajan en las ranuras provistas en estator. Los anillos son de aleación no ferrosa, y llevan placas de tope en horizontal que impiden la rotación de los segmentos.

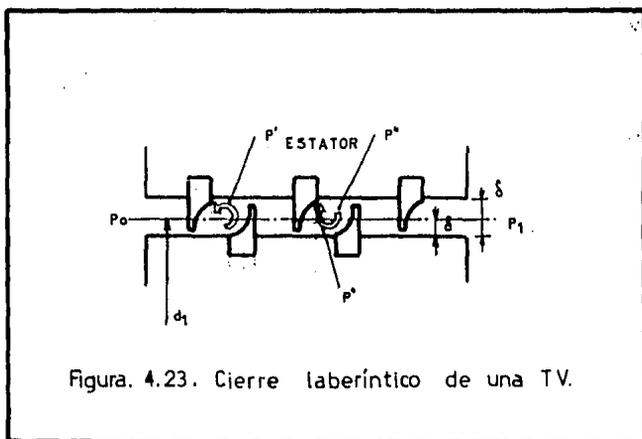


Figura. 4.23. Cierre laberíntico de una TV.

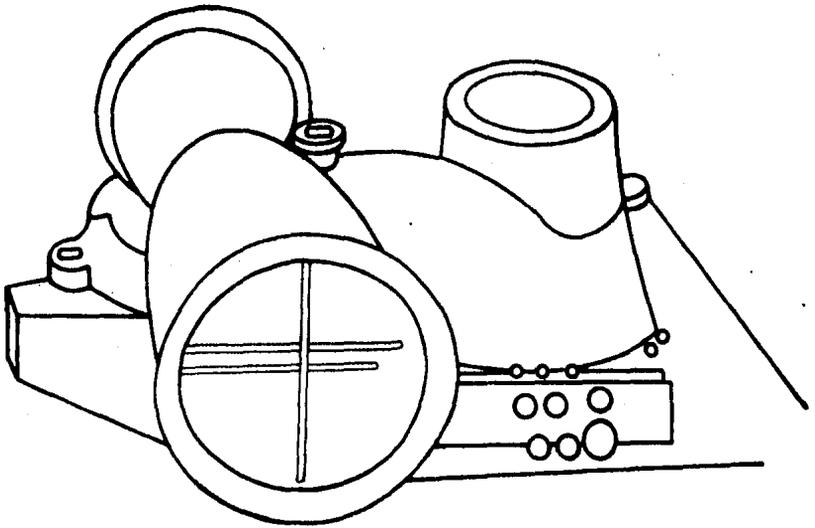


Figura. 424 **CARCASA INTERIOR DE RECALENTAMIENTO.**

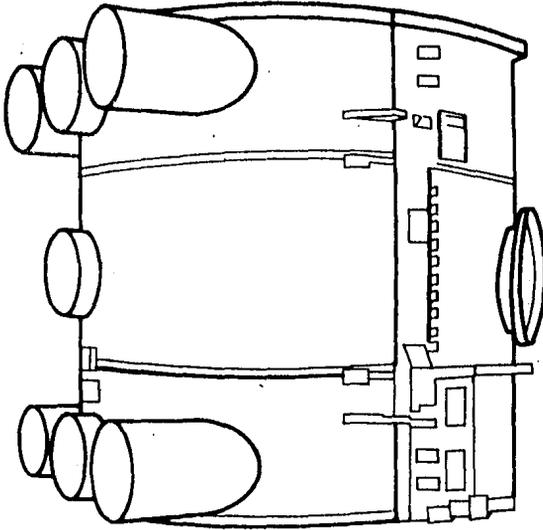


Figura 4.25 **CARCASA INTERIOR DE BAJA PRESION**

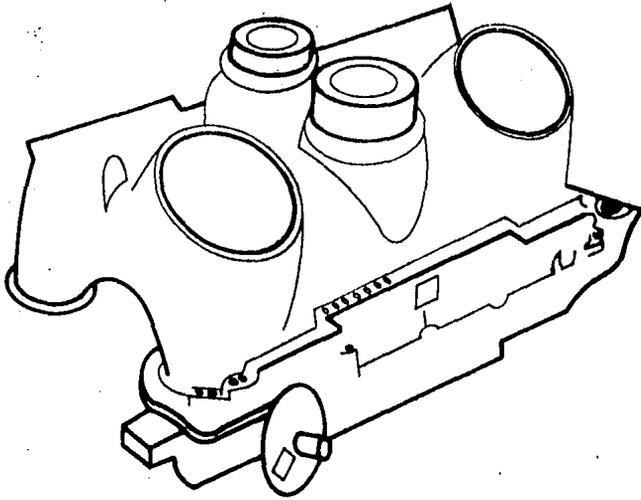


Figura. 4.26 **CARCASA INTERIOR DE ALTA PRESION.**

III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE TURBINAS
DE VAPOR EN EL RANGO DE HASTA 110 MW EN MEXICO.

Hacia fines de los setentas y principios de esta década, el gobierno mexicano a través de NAFINSA y PEMEX realizó estudios sobre la oferta-demanda, importación y fabricación nacional de turbomaquinaria y partes relacionadas. Dichos estudios arrojaron datos y cifras tan alarmantes como los siguientes:

- En 1979 el monto de importaciones por concepto de turbomaquinaria fue el más alto de todos los bienes de capital importados. Previéndose además un necesario incremento en el mismo por causas relacionadas con la problemática energética del país y la necesidad de restauración y expansión de la turbomaquinaria de PEMEX que para el país es una empresa de vital importancia.
- En el período de 1977 a 1981 PEMEX realizó adquisiciones de turbinas por 4,219.5 millones de pesos de la época de los cuales sólo 116.5 se gastaron en México y representando tan sólo el 2.8% del total. En lo que se refiere a refacciones, en el mismo periodo, se adquirieron 147 millones de pesos de los cuales el 99.3% fueron de importación.
- Sólo existían en el país tres supuestos proveedores de turbinas de vapor:
 - Turbica fabricaba partes para turbinas de la marca Elliot, en 1982 sólo se dedicaba a importar las turbinas.
 - Turbodyne con una supuesta integración nacional del 30% en la fabricación de turbinas de la misma marca, asociada con Worthington de México.
 - Terry fabricaba algunas partes para turbinas de la misma --

marca, asociada con Ingersoll Rand.

- La escasez de divisas que se preveía a fines de 1982 agravaría la situación trayendo como consecuencia la imposibilidad de reparar la turbomaquinaria parada existente a causa de la falta de refacciones de origen nacional y la de adquirir nuevas unidades del exterior.
- La dependencia tecnológica en este ramo de los bienes de capital era absoluta puesto que las empresas extranjeras que proveían al país y las que incluso tenían instalada una supuesta planta de producción dentro del territorio nacional, no presentaban el menor interés para crear y promover un creciente grado de integración nacional en la fabricación de sus productos.

Lo anteriormente expuesto condujo al país a la necesidad imperiosa de proyectar la fabricación en México de las turbinas de vapor en el rango de 0 a 110 Mw y así fue como surgió el proyecto de TURALMEX, por medio del cual a través de NAFINSA, en sociedad con Brown Boveri iniciarían en agosto de 1983. La inversión se estimó originalmente en 5,000 millones de pesos y el grado de integración nacional en la fabricación aumentaría anualmente hasta llegar a ser idealmente del 80% en el año de 1988.

El proyecto original de TURALMEX no se lleva a cabo en la actualidad sino que ha sufrido modificaciones de las cuales hablaremos posteriormente y que fueron debidas a los problemas económicos del país en los años 1982 y 1983 y a problemas económicos con el socio tecnológica que originaron el rompimiento de relaciones con el mismo.

De cualquier forma la observación del siguiente cuadro que muestra la evolución en el grado de integración nacional por componentes de una turbina de vapor tal y como se planeó en el proyecto original de

TURALMEX da una idea clara de lo que se puede esperar de la fabricación en una planta nacional.

INTEGRACION NACIONAL
DE TURBINAS DE VAPOR

COMPONENTE	AÑO DE OPERACION DE LA FABRICA		
	84/85	86/87	88 ...
Carcasa de fundición		*	*
Carcasa soldada	*	*	*
Partes internas sin portaálabes		*	*
Portaálabes			*
Rotor			*
Pedestales de cojinetes y soportes		*	*
Cojinetes			*
Toheras		*	*
Accesorios	*	*	*
Sist. de lubricación (sin bombas)	*	*	*
Aislamiento térmico	*	*	*
Sist. de tuberías	*	*	*
Balanceo y prueba de sobrevelocidad			*
Válvulas de control		*	*
Válvulas de extracción		*	*
Válvulas de paro		*	*
Válvulas de no retorno		*	*
Sist. de aceite de control	*	*	*
Pruebas	*	*	*
Ensamblado en fábrica	*	*	*
Enfriadores de aceite		*	*
GRADO DE INTEGRACION NACIONAL	26%	45%	80%

La planta de TURALMEX (Turbinas y Alternadores Mexicanos, S. A.) se encuentra ubicada en el parque industrial de NAFINSA en Morelia Mich. y está a la fecha dividida con el fin de llevar a cabo los siguientes proyectos:

- La fabricación de motores diesel para la industria marítima.
- El ensamble y posible prueba de generadores eléctricos para turbinas hidráulicas hasta 350 Mw.
- La ampliación de la planta de TEISA que producirá la turbomaquinaria hidráulica.
- Está incluida dentro de los fabricantes nacionales que tomarán parte dentro del proyecto de fabricación de turbogeneradores de 350 Mw por parte de la SEMIP y la CFE.
- Aguarda el momento oportuno de iniciar la fabricación de -- turbinas industriales en sociedad con un nuevo tecnólogo.
- Y el que es más valioso de todos para la tecnología mexicana, el desarrollo en una nave adicional de la planta de una turbina de vapor mexicana.

En efecto, a la fecha (octubre de 1984), un grupo de ingenieros mexicanos de TURALMEX ha producido el prototipo de la primera turbina de vapor mexicana, que es llamada TC 46, turbina de contrapresión de 460 mm de diámetro en la rueda principal y que está provista de dos rodetes tipo Curtis para proporcionar una potencia de 500 HP (370 Kw). Según informes proporcionados en TURALMEX, PEMEX cuenta con 795 turbinas de este tipo y el monto por -- concepto de adquisición de este equipo en México ha sido aproximadamente de -- 13.7 millones de dólares al año incluyendo requerimientos de la CFE y de la -- Industria Azucarera; lo que tomando en cuenta el contexto económico actual -- del país da mayor importancia al proyecto.

El estudio realizado por la empresa indica que para el presente año de 1984 se requieren ya 281 turbinas de esta clase en PEMEX, y que se requerirán para:

1985 - 102 turbinas
1986 - 29 turbinas
1987 - 21 turbinas

Llegándose así a requerir en todo el país unas 120 unidades -

al año tomando en cuenta los requerimientos de la CFE y la Industria Azucarera principalmente.

Se prevee que durante el primer año de fabricación, si no --- existen contratiempos, se pueden producir 18 unidades y que después se podrá aumentar la producción paulatinamente hasta llegar a ser de 100 unidades el cuarto año de actividad de la planta. Se estima que el costo de esta turbina será de unos 45 mil dólares y que el mismo modelo con modificaciones podría - llegar a entregar potencias de hasta 4,000 HP (3 Mw). De momento la TC 46 se encuentra en el periodo previo de pruebas y correcciones que en cualquier proyecto de este tipo antecede al inicio de la producción.

CAPITULO V

TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW

CAPITULO V

TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW

- I. EMPLEO DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW.
- II. CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW.
- III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW.

I. EMPLEO DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW

Las turbinas de vapor dentro de este rango de capacidad se encuentran generalmente formando parte de un grupo turbogenerador, que tendrá como objetivo el producir energía eléctrica a partir de la energía de un flujo de vapor con determinadas condiciones de presión, temperatura, volumen específico, velocidad, etc. en las instalaciones de una planta termoeléctrica. Es conveniente señalar que las plantas termoeléctricas se instalan en las regiones en las que por causas naturales no es posible el instalar una planta hidroeléctrica que, a pesar de ser más costosa en su construcción, a largo plazo amortiza el costo de instalación y opera bajo condiciones más económicas que cualquier termoeléctrica; ó bien en las regiones en las que la transmisión de potencia desde una hidroeléctrica causa pérdidas de energía considerables.

En nuestro país, la potencia real instalada dentro de todo el sector eléctrico en plantas termoeléctricas de vapor representó hacia el final de 1983 el 45.5 % de la potencia total con 8655 MW, mayor que la potencia real instalada en todas las plantas hidroeléctricas (6532 MW, --- 34.4 %) y sumamente superior a los demás tipos de generación termoeléctrica : de ciclo combinado, de turbogas, de combustión interna, geotermoeléctrica y carboeléctrica que en total suman 3 827 MW instalados (20.1 %). Así, la potencia nacional instalada llegó a los 19 004 MW. La importancia de la generación de energía eléctrica en México empleando turbomaquinaria

de vapor que ya es notable al analizar las cifras anteriores, se acentúa al revisar las estadísticas de generación bruta en cada tipo de planta, es decir el tiempo que permanece en operación cada instalación para satisfacer la demanda de energía del país. Durante el año de 1983 la generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas de vapor alcanzó los 44822 GWh, cifra que significó el 59.9 % del total generado en el país (74 831 GWh) y que fue considerablemente mayor que la generación en hidroeléctricas ----- (20 583 GWh, 27.5 %) y en todas las demás termoeléctricas sumadas(9 426 GWh, 12,6 %).

Las estadísticas anteriores son resultado del mayor tiempo de operación en que permanecen las plantas termoeléctricas de vapor en comparación con los demás medios de generación de energía eléctrica (fenómeno que obedece a diversas razones técnicas, como por ejemplo el tiempo requerido para poner en operación o parar la maquinaria instalada en los diferentes tipos de plantas) y señalan profundamente la importancia que la turboturbinaria de vapor ha adquirido dentro del Sector Eléctrico Nacional.

Antes de mencionar las centrales termoeléctricas de vapor que se encuentran en operación en el país, será conveniente señalar que para su mejor atención, estudio y control; el territorio nacional se encuentra dividido en las siguientes regiones de generación:

REGIONES DE GENERACION HIDROELECTRICA

- Yaqui-Mayo
- Balsas-Santiago
- Ixtapantongo
- Papaloapan
- Grijalva

(En la segunda y tercera regiones también existe generación termoeléctrica)

REGIONES DE GENERACION TERMoeLECTRICA

- Pacífico - Norte
- Centro - Norte
- Noroeste
- Central
- Golfo

(En la región Noroeste también existe generación hidroeléctrica).

- Sistemas Aislados
- Baja California
- Peninsular

(ambas de generación termoeléctrica)

Las siguientes son las centrales termoeléctricas que operan con turbomaquinaria de vapor. Se menciona el número de unidades y la potencia real instaladas, la generación bruta en 1983 y el área de control por parte de la Comisión Federal de Electricidad.

BALSAS - SANTIAGO (REGION HIDROELECTRICA)

=====

CENTRAL	ESTADO	MUNICIPIO	POTENCIA REAL INSTALADA (KW)	No. UNIDADES	GENERACION BRUTA (MWh)	AREA DE CONTROL
MANZANILLO	COLIMA	MANZANILLO	900 000	3	4 846 609	OCCIDENTAL

PACIFICO NORTE
=====

CENTRAL	ESTADO	MUNICIPIO	POTENCIA REAL INSTALADA (KW)	No. UNIDADES	GENERACION BRUTA (MWh)	AREA DE CONTROL
MAZATLAN II	SINALOA	MAZATLAN	616 000	3	2 924 243	NOROESTE
GUAYMAS II	SONORA	GUAYMAS	484 000	4	2 335 650	NOROESTE
GUAYMAS I	SONORA	GUAYMAS	98 000	4	247 110	NOROESTE
TOPOLO-BAMPO	SINALOA	LOS MOCHIS	40 000	1	120 745	NOROESTE

CENTRO NORTE
=====

CENTRAL	ESTADO	MUNICIPIO	POTENCIA REAL INSTALADA (KW)	No. UNIDADES	GENERACION BRUTA (Mwh)	AREA DE CONTROL
FCO.VI- LLA (DE LICIAS)	CHIHUA HUA	DELICIAS	415 000	5	2 957 859	NORTE
LA LA-- GUNA	DURANGO	G.PALACIO	95 000	4	455 558	NORTE
FRANCKE	DURANGO	G.PALACIO	60 000	4	357 539	NORTE
CHIHUA CHUA	CHIHUA HUA	CHIHUAHUA	42 000	3	185 029	NORTE

N O R O E S T E
=====

MONTE-- RREY	NVO.LEON	S.N. GARZA	465 000	6	1 621 657	NOROES TE
RIO BRA VO (E.P. GIL)	TAMAULI- PAS	RIO BRAVO	375 000	3	2 447 247	NOROES TE
SAN JE- RONIMO	NVO.LEON	MONTERREY	105 000	4	606 950	NOROES TE

CENTRAL
=====

CENTRAL	ESTADO	MUNICIPIO	POTENCIA REAL INSTALADA (KW)	No. UNIDADES	GENERACION BRUTA (MWh)	AREA DE CONTROL
FCO. P. RIOS (TULA)	HIDALGO	TULA DE A.	1 500 000	5	7 950 110	CENTRAL
SALAMANCA I	GUANA - JUATO	SALAMANCA	820 000	4	4 868 816	OCCIDENTAL
VALLE - DE MEX.	MEXICO	ACOLMAN	730 000	4	3 419 771	CENTRAL
CELAYA	GUANA - JUATO	CELAYA	42 000	3	268 337	OCCIDENTAL
JORGE - LUQUE (CLFC)	MEXICO	TULTITLAN	224 000	4	1 438 012	CENTRAL

GOLFO
=====

ALTAMIRA	TAMAULI- PAS	ALTAMIRA	740 000	4	3 850 172	NOROESTE
POZA RICA	VERACRUZ	POZA RICA	117 000	3	727 879	ORIENTAL
S.B. DE MIER	PUEBLA	PUEBLA	38 000	3	229 662	ORIENTAL
DOS BOCAS	VERACRUZ	MEDELLIN	20 000	2	94 520	ORIENTAL

BAJA CALIFORNIA

=====

CENTRAL	ESTADO	MUNICIPIO	POTENCIA REAL INSTALADA (KW)	No. UNIDADES	GENERACION BRUTA (MWh)	AREA DE CONTROL
TIJUANA	B C NOR- TE	TIJUANA	287 000	4	1 086 652	TIJ-MEX
PUNTA - PRIETA II	B C SUR	LA PAZ	75 000	2	351 462	INDEPEN DIENTE

PENINSULAR

=====

MERIDA II	YUCATAN	MERIDA	168 000	2	678 223	PENINSU LAR
CAMPE- CHE II LERMA	CAMPECHE	CAMPECHE	150 000	4	613 134	PENINSU LAR
MACHI- COCOM	YUCATAN	MERIDA	49 000	2	138 466	PENINSU LAR

Si analizamos brevemente los cuadros anteriores, atendiendo a la potencia instalada y al número de unidades en operación en cada planta de generación; podemos darnos cuenta de que las unidades turbogeneradores - existentes en el país constituyen toda una gama de capacidades, e incluso- podemos notar que la mayoría están comprendidas dentro del primer rango de-

capacidad que considera este trabajo (hasta 110 MW). Si a lo anterior agregamos el hecho de que dichas unidades proceden también de diversos fabricantes extranjeros, estaremos en la posibilidad de concluir dos aspectos primordiales referentes al empleo de la turbomaquinaria de vapor en México :

- La diversidad de las capacidades y marcas de las unidades turbogeneradoras de vapor instaladas en el país, dificultan en cierto grado el control y manejo nacional o regional que se pretende tener en las plantas termoe-léctricas. Así también dificulta el mantenimiento adecuado que se debe brindar y la adquisición o posible fabricación de refacciones nacionales. Quizá este aspecto juegue un papel importante en la eficiencia de operación de las citadas plantas.
- Así pues juzgamos adecuado que un proyecto que tenga como objetivo el promover la fabricación de turbinas de vapor en México, deberá agregar a sus ya numerosas pretenciones el llevar a cabo una estandarización general de la nueva maquinaria a fabricar e instalar; tanto en capacidad como en componentes, solventando así los efectos negativos mencionados.

II. CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW

A lo expuesto anteriormente sobre la construcción de las turbinas de vapor en esta sección nos referiremos brevemente a los materiales utilizados en la construcción de las turbinas de vapor y se encontrará el esquema de la turbina de un turbogenerador de 350 Mw así como un resumen de sus procesos de fabricación; además se ilustran los flujos esquemáticos de fabricación de una carcasa externa inferior y la flecha del rotor. Se pretende dar una idea aproximada de la infraestructura en maquinaria y recursos diversos para emprender un programa de fabricación.

(Los números entre paréntesis remiten al orden numérico con que figura el material en las tablas).

ALABES. Los materiales más frecuentemente utilizados en la construcción de los álabes son los aceros inoxidable de diferentes tipos. Para temperaturas de hasta 450 °C se utilizan mucho los del tipo (1) y (2), con los cuales si las velocidades de rotación son moderadas se pueden llegar hasta los 550 °C. Para más altas temperaturas se requieren aceros de más calidad como el (3), que con esfuerzos relativamente considerables, se puede llegar a 580 °C. En casos especiales se pueden llegar a alcanzar temperaturas hasta de 700 °C con ciertos aceros austeníticos de alta resistencia a la fluencia a altas temperaturas, de los cuales un ejemplo es el acero (4), los aceros de este tipo se distinguen porque además de su contenido de Cr, tienen muchas veces una fuerte cantidad de Ni en su composición, así como

aditivos diversos, de los cuales algunos como el W, Mo y Co aumentan su resistencia a altas temperaturas y otros como el Ti y el Ni evitan la corrosión intercrystalina. Es común en las turbinas de vapor, para evitar la erosión en la zona de vapor húmedo recubrir el borde de entrada de los álabes de las últimas coronas con una placa de estelita. Para estos escalonamientos de baja temperatura y esfuerzos centrífugos grandes a causa de la longitud de los álabes se utiliza entre otras la aleación (10).

DISCOS Y TAMBORES. Las turbinas de vapor de pequeña potencia y con temperaturas moderadas, los discos de las turbinas de vapor se fabrican de aceros sencillos, de los del tipo (6). Si los esfuerzos son elevados hay que recurrir a aceros más resistentes como el (5). Para los rotores soldados recomienda un fabricante ruso el (7), muestra del tipo de aleaciones requeridas en estos casos. También aquí para temperaturas mayores se requieren aceros como el (4).

EJES. Los materiales más utilizados en la construcción de los ejes son los aceros al carbono martensíticos. Sin embargo los esfuerzos mecánicos y térmicos pueden llegar a ser excesivos para estos aceros en los cilindros de alta presión y entonces es preciso recurrir a aceros aleados como el citado (7).

CUERPO DE LA TURBINA. Los cuerpos de las turbinas de vapor suelen ser de fundición de hierro y modernamente se tiende a la construcción soldada con chapa de acero. En los cuerpos de alta y según los casos también en los de

baja presión, se utilizan casi exclusivamente carcasa de chapa de acero. - Para este fin se han empleado varios aceros del tipo (13) o la aleación -- (9) siempre y cuando la temperatura no exceda los 450 °C.

DIAFRAGMAS. Para temperaturas por debajo de los 250 °C se emplea la fundición de hierro. Para temperaturas hasta de 350 °C pueden utilizarse fundiciones perlíticas como la (8) o bien fundiciones enriquecidas con aditivos especiales. Para temperaturas aún mayores los diafragmas se construyen de acero, por ejemplo de un acero al cromo-molibdeno. Los álabes fijos fresados se pueden construir con un acero como los ya mencionados (1) y (2). -- Los aceros (11) y (12) son aceros utilizados en los diafragmas y las carcasas de las turbinas de vapor. El primero no puede emplearse por encima de los 550 °C, mientras que el segundo para los esfuerzos que en dichas partes de la máquina suelen encontrarse pueden emplearse hasta los 600 °C, lo cual demuestra que los aceros ferríticos, mucho más económicos que los austeníticos, satisfacen las exigencias que se precisan en la construcción de los diafragmas.

COMPOSICION DE ALGUNAS ALEACIONES UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS DE VAPOR

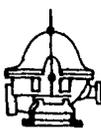
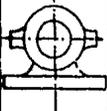
Nº	Marca	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ti	B	Co	S	Ni	Fe
1	1x13	0.15	0.6	0.6	13								0.6	el resto
2	2x13	0.2	0.6	0.6	13								0.6	el resto
3	1x12B2Mo	0.15	0.8	0.3	12	1	0.6	0.2					0.6	el resto
4	E 1612K	0.1	1	0.5	3				1.4	0.01	4		3.6	el resto
5	34XN3M	0.35	0.65	0.27	0.9	0.3							0.3	el resto
6	S 45	0.45	0.65	0.27	0.2								0.3	el resto
7	34 X M	0.35	0.5	0.27	1.1		0.25						0.5	el resto
8	F.PERLIT.	3	1	1.4	0.4		0.5						0.5	el resto
9	CrMo Stg	0.25			0.5-1.1		0.5							el resto
10	CrNiMoV90	0.34	1		1.6		0.2	0.15					1.8	el resto
11	StgGS22Mo	0.19	0.65	0.54	0.04	0.009	0.48	0.049				0.01		el resto
12	StgGFVIS1	0.2	0.7	0.3	11.5	0.4	1.1	0.4					0.8	el resto
13	L5L	0.26	0.5	0.27										el resto
14	LA3	0.16	1	0.55	14	1.5	2	0.5	0.2	0.4			14	el resto

PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ALEACIONES
DE LA TABLA ANTERIOR,

Nº	Límite de rotura	Límite elástico	Límite de rotura
	MN/m ²	MN/m ²	por fluencia 10 ⁵ MN/m ²
1	610	410	-
2	710	510	-
3	810	740	-
4	680	360	-
5	955	860	-
6	625	358	-
7	655	465	-
8	280(a 300 °C)		-
9	550(a 20 °C)	280(a 20 °C)	-
10	900(a 20 °C)	750(a 20 °C)	-
11	200(a 500 °C)	-	950(a 500 °C)
12	700(a 20 °C)	440(a 500 °C)	-
13	441(a 400 °C)	160(a 400 °C)	150(a 400 °C)
14	330(a 650 °C)	140(a 650 °C)	115(a 650 °C)

Añadimos al breve estudio sobre los materiales utilizados - en la construcción de las turbinas de vapor el siguiente cuadro resumen que muestra las principales partes de la máquina y sus materiales según normas ASTM y AISI; el cuadro fue elaborado por la Gerencia de Proveduría y Almacenes de PEMEX en el estudio para la promoción de la fabricación nacional mencionado en el capítulo IV.

PARTES MAS IMPORTANTES DE TURBINAS DE VAPOR Y SUS MATERIALES.

PARTE	NOMBRE	TIPO DE MATERIAL	ESPECIFICACION	PARTE	NOMBRE	TIPO DE MATERIAL	ESPECIFICACION
	CARCASA	Ac - C Ac-C-Mo Ac-Cr-I lo	ASTM-356 Gr-1 Gr-2 Gr-3		FLECHA	Ac.al C. forj. Ac. Vanadio Ni 11o	ASTM-A 293 Clase 4
	TOBERAS	Ac. Inox. al cromo 12 %	AISI-405		Forjado DISCOS Rolado	Ac-Cr Ni Mo	ASTM-A 294
	ALABES	Ac. Inox. al cromo 12 %	AISI tipo 403		VALVULAS	Ac. Inox. Cr. 12 % AC. INOX. Ni. 12 %	AISI-410 AISI-416
	CONNETE	ACERO	ASME-SA 285 GC		RODETES	Ac. Forj.	AISI- 4340
	LABE- RINTOS	Ac. al C.	AISI C-1040		CHUM- CERA	Ac. al C	ASTM- A 358
	RESORTES	Ac. Forj.	AISI- 4340		MANGA P/FLECHA COPLES	Ac. al C. Ac. Forj. Cr. Ni. Mo	AISI-C 1040 AISI 4340

III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE TURBINAS DE VAPOR HASTA 350 MW.

El primer planteamiento de un plan para fabricar turbogeneradores de alta capacidad en México surgió como resultado directo del nacimiento de la empresa NKS, unión de NAFINSA y SIDERMEX con la Kobe Steel y el gobierno de Japón, cuya planta industrial ubicada en el puerto industrial de Lázaro Cárdenas, Michoacán contaría con la capacidad en acerfa, fundición, forja y maquinado requerida para los procesos de fabricación de la turbomáquina.

Se consideraban entonces a NKS y a TURALMEX, empresa ya involucrada en los planes de fabricación de turbomaquinaria hasta 110 Mw, como las empresas bases para la planeación técnica del proyecto; y con la posible intervención de otros fabricantes nacionales con capacidad de maquinaria apropiada como TEISA.

NKS tendría la capacidad para realizar las grandes fundiciones y las grandes forjas necesarias, TURALMEX, TEISA y otros fabricantes nacionales conformarían un grupo que podrían llevar a cabo un trabajo conjunto de ensamble, maquinado, pruebas, etc. Pero las complicaciones en TURALMEX y los problemas económicos del país de esos meses que hicieron --sumamente lenta la realización del proyecto NKS, terminaron con este primer planteamiento.

Fue hasta el año de 1984 cuando el gobierno federal a través de la SEMIP y la CFE incorporó formalmente al programa de compra de --turbogeneradores para utilización en plantas termoeléctricas, la fabrica--

ción nacional y ensamble de estos equipos. El nuevo proyecto desea principalmente reducir los niveles de importación requeridos, utilizar la planta industrial instalada en el país y cimentar la capacidad de producir turbo-generadores en México.

Con objeto de facilitar y asegurar el mayor grado de integración nacional de fabricación; ensamble y pruebas, así como para llevar a cabo una cierta absorción paulatina de la tecnología en este campo, el Gobierno Federal designó una empresa gerente de proyecto que actúa básicamente como coordinadora del mismo. A la fecha ha sido seleccionada la empresa Atisa Atkins, S.A. de C.V. que tendrá a su cargo las siguientes funciones:

i) Coordinar la transferencia de información del proveedor hacia los fabricantes nacionales, laboratorios e instituciones de apoyo, a asegurándose así que estas entidades nacionales cuenten con la información necesaria para poder cumplir con el grado de integración deseado.

ii) Garantizar que el proveedor proporciona los medios necesarios para que se integre a mediano plazo un grupo de ingeniería de diseño de turbogeneradores.

El proveedor o fabricante extranjero quedará definido mediante concurso y los concursantes deberán tomar en cuenta la existencia del Gerente de Proyecto con el cual el ganador deberá establecer una relación de trabajo.

La especificación de la CFE al respecto indica claramente que el Gerente del Proyecto será responsable del cumplimiento por parte de

el proveedor, de las actividades de transferencia de información, de integración de fabricación nacional y ensamble de las unidades. Además señala el alcance que el suministro de información por parte del proveedor debe reunir, en síntesis:

- Información necesaria y suficiente para la fabricación en México de diversos componentes del turbogenerador de 350 Mw.
- Información necesaria y suficiente para efectuar en México las actividades de programación, seguimiento, procuración, control de avance y control de recursos de la fabricación.
- Información necesaria y suficiente para efectuar las pruebas necesarias a los equipos.
- Asistencia técnica y entrenamiento a los fabricantes e instituciones nacionales, para la fabricación de los componentes nacionales, así como para el ensamble y pruebas a realizarse en México.
- Entrenamiento técnico para el diseño e ingeniería de turbogeneradores de 350 Mw, sus partes y componentes.

Se espera que el entrenamiento técnico de personal mexicano mencionado en la especificación sirva para que a mediano plazo, pueda integrarse un grupo local de ingeniería y diseño que lleve a cabo actividades desde ingeniería de aplicación hasta programas de investigación y desa-

rrollo, para fabricación de grandes grupos generadores de energía.

Con objeto de asegurar el cumplimiento de los objetivos -- del proyecto, se ha definido un esquema de relación entre organizaciones mexicanas que participarán en la integración nacional de los equipos y el proveedor. Este esquema se muestra en la página siguiente y establece que el proveedor sea el único responsable ante la CFE del suministro de los equipos.

Los fabricantes nacionales que pueden participar en el programa de fabricación nacional se listan en el capítulo VI de este trabajo y como ya se había ideado anteriormente la lista está encabezada por NKS, TEISA y TURALMEX.

A continuación se describen las componentes del grupo turbogenerador de 350 Mw que deberán ser fabricados en el país o bien ser adquiridos en el mercado nacional.

DESCRIPCION DE COMPONENTES DE LA TURBINA DE 350 MW QUE DEBERAN SER FABRICADAS EN EL PAIS.

Turbina (alta y media presión)

Cuerpo del rotor *

Carcasa exterior

Parte superior

Parte inferior

Carcasa interior

Parte superior

Parte inferior

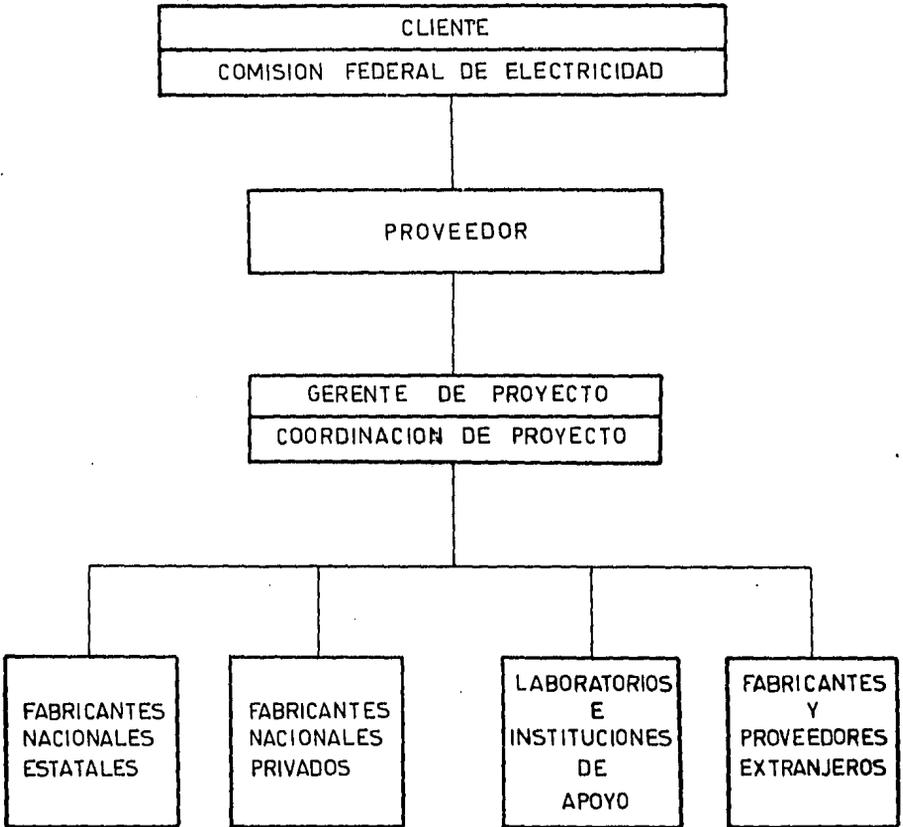


Figura 5.1. Esquema de participación

Carcasa interior de recalentamiento

 Parte superior

 Parte inferior

Anillos de sellos

Pedestal de chumaceras

Diafragmas de alta presión * (si existen en el diseño)

Turbina (baja presión)

 Cuerpo del rotor *

 Carcasa exterior

 Parte superior lado de la turbina

 Parte superior del lado del generador

 Parte inferior del lado de la turbina

 Parte inferior del lado del generador

 Extensión

Carcasa interior

 Parte superior

 Parte inferior

Anillo interior

 Parte superior

 Parte inferior

Guías de vapor

Anillos de sellos

Diafragmas de baja presión * (si existen en el diseño)

Pernos de unión

 Birlos de expansión

 Birlos de los coples

Válvulas

Cuerpo de válvulas de paro *

Cuerpo de válvulas de regulación*

Cuerpo de válvulas de recalentamiento*

Caja de toberas*

Bloques de toberas*

Tuberías principales

Tubería de vapor vivo

Tubería de vapor recalentado

Cuerpo de la tubería de interconexión

Sistemas auxiliares de la turbina

Sistema de fluido de control electro-hidráulico

Enfriadores para el fluido de control

Tanque de almacenamiento

Tuberías necesarias

Sistema de aceite de lubricación

Tanque de almacenamiento

Enfriadores de aceite

Coladores de aceite

Tuberías necesarias

Tornaflecha

Guías de desplazamiento

Placas de cimentación y de soporte

Sistemas de rocío en la carcasa de baja presión

Dispositivos para ensamble y maniobra, escape de la turbina,
guardas.

* El nivel de fabricación y pruebas para estas partes, así como de otras - que las completen, deberá de ser objeto de una negociación entre el Concursante y los Fabricantes Nacionales.

DESCRIPCION DE COMPONENTES DE LA TURBINA DE VAPOR DE 350 MW QUE DEBERAN ADQUIRIRSE EN EL MERCADO NACIONAL.

Turbina

Válvulas *

Válvulas de no retorno a las extracciones

Válvula rompedora de vacío

Válvula automática de drenaje

Válvulas necesarias en los sistemas de vapor, de lubricación y de control.

Sistema de vapor de sellos *

Equipo de regulación de vapor de sellos de operación automática

Extracciones de incondensables

Condensador de vapor de sellos

Tubería de vapor de sellos

Sistema de fluido de control electro-hidráulico *

Bombas de corriente alterna

Acumuladores hidráulicos

Sistema de transferencia y filtrado

Sistema de aceite de lubricación *

Bomba auxiliar

Bomba de emergencia

Bomba de tornaflecha

Bomba de levante

Extractores de gases

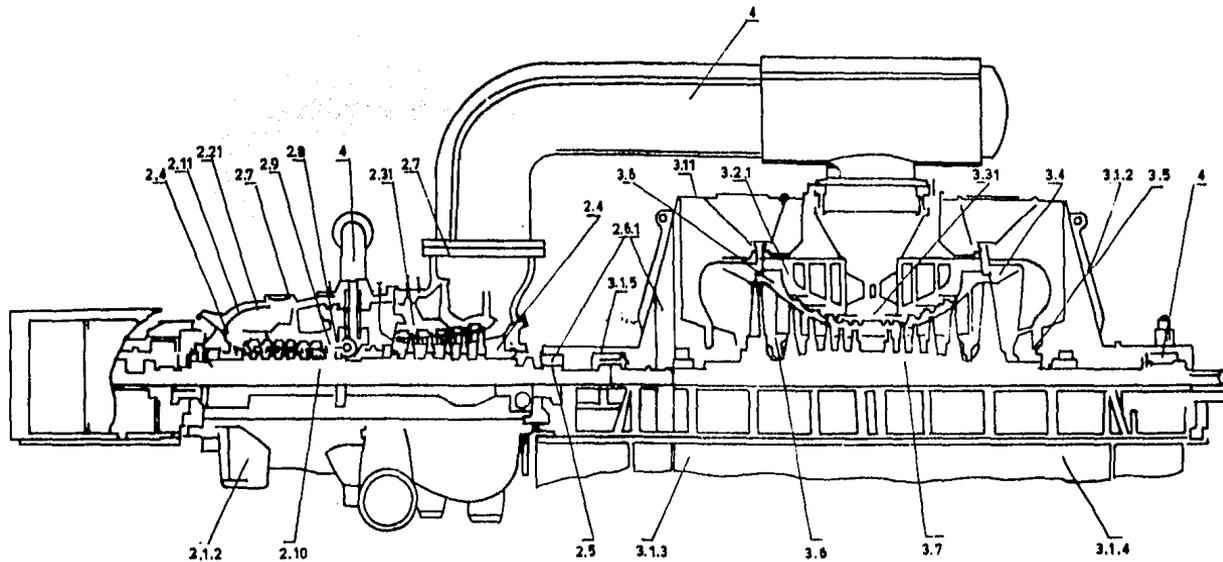
Purificadores

Aislamiento térmico en general

Instrumentación *

* El grado de integración nacional de estos sistemas deberá ser objeto de estudio del Concursante en el mercado nacional.

Podemos concluir que la fabricación a futura de turbinas de vapor de alta capacidad en nuestro país depende de la buena ejecución de este proyecto, que es optimista, pero con bases reales que lo hacen ejecutable desde el punto de vista " capacidad de fabricación nacional ". Habrá falta una conjunción con el buen arreglo de los intereses mexicanos y extranjeros, políticos y económicos para que la puesta en marcha se lleve a cabo a la mayor brevedad y de la mejor manera. Hasta la fecha se han estado realizando las funciones referentes al concurso entre los posibles proveedores.



TURBINA DE VAPOR DE 350 MW DOBLE FLUJO CON RECALENTAMIENTO

NOMENCLATURA DE LA TURBINA.

- 1. cuerpo de válvulas
 - 1.1 de control
 - 1.2 de recalentamiento
 - 1.3 de paro
- 2. turbina de alta presión
 - 2.1 carcasa exterior
 - 2.11 parte superior
 - 2.12 parte inferior
 - 2.2 carcasa interior
 - 2.21 parte superior
 - 2.22 parte inferior
 - 2.3 carcasa interior de recalentamiento
 - 2.31 parte superior
 - 2.32 parte inferior
 - 2.4 anillos de sellos
 - 2.5 cojinetes
 - 2.6 carcasa de chumaceras
 - 2.61 parte superior
 - 2.62 parte inferior
 - 2.8 caja de toberas
 - 2.9 bloques de toberas
 - 2.10 rotor de alta presión
- 3. turbina de baja presión

- 3.1. carcasa exterior
 - 3.11 lado superior turbina
 - 3.12 lado superior generador
 - 3.13 lado inferior turbina
 - 3.14 lado inferior generador
 - 3.15 extensión
- 3.2 carcasa inferior
 - 3.21 parte superior
 - 3.22 parte inferior
- 3.3 anillo interior
 - 3.31 parte superior
 - 3.32 parte inferior
- 3.4 guías de vapor
- 3.5 anillos de sellos
- 3.6 diafragmas
- 3.7 rotor de baja presión
- 3.8 pernos de unión
- 4. tuberías principales
- 5. sistemas auxiliares
 - 5.1 condensador de vapor de sellos
 - 5.2 sistema de fluido de control
 - 5.3 sistema de lubricación
 - 5.4 tornaflecha
 - 5.5 otros (disp. levantamiento, cubiertas).

PROCESOS DE FABRICACION DE LA TURBINA

1. CUERPO DE VALVULAS

VALVULA DE CONTROL: aceración - fundición - maquinados
VALVULA DE RECALENTAMIENTO: aceración
VALVULA DE RECALENTAMIENTO PARTE SUPERIOR: fundición - maquinado
VALVULA DE RECALENTAMIENTO PARTE INFERIOR: fundición - maquinado
VALVULA DE RECALENTAMIENTO CODD ENTRADA : fundición - maquinado
VALVULA DE PARO : aceración - fundición - maquinado

2. TURBINA DE ALTA PRESION

CARCASA EXTERIOR PARTE SUPERIOR: aceración - fundición - maquinado
CARCASA EXTERIOR PARTE INFERIOR: aceración - fundición - maquinado
CARCASA INTERIOR PARTE INTERIOR: aceración - fundición - maquinado
CARCASA INTERIOR PARTE INFERIOR: aceración - fundición - maquinado
CARCASA INTERIOR RECALENTAMIENTO PARTE SUPERIOR:
aceración - fundición - maquinado
CARCASA INTERIOR RECALENTAMIENTO PARTE INFERIOR:
aceración - fundición - maquinado
ANILLOS DE SELLO NO.1: aceración- forja - maquinado
ANILLOS DE SELLO NO.2: aceración - forja - maquinado
ANILLOS DE SELLO NO.3: aceración - forja - maquinado
RUTOR DE ALTA PRESION: aceración - forja - maquinado

3. TURBINA DE BAJA PRESION

CARCASA EXTERIOR LADO SUPERIOR TURBINA: mecano-soldada - maquinada

CARCASA EXTERIOR LADO SUPERIOR GENERADOR: mecano-soldada - maquinada

CARCASA EXTERIOR LADO INFERIOR TURBINA: mecano-soldada - maquinada

ROTOR BAJA PRESION : aceracion - forja - maquinado.

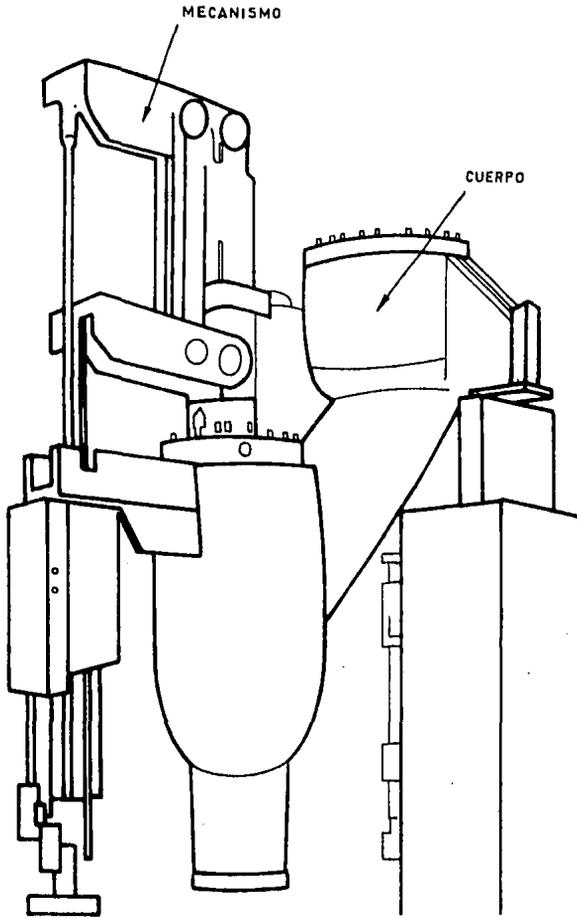


Figura 5.2. Cuerpo de válvulas

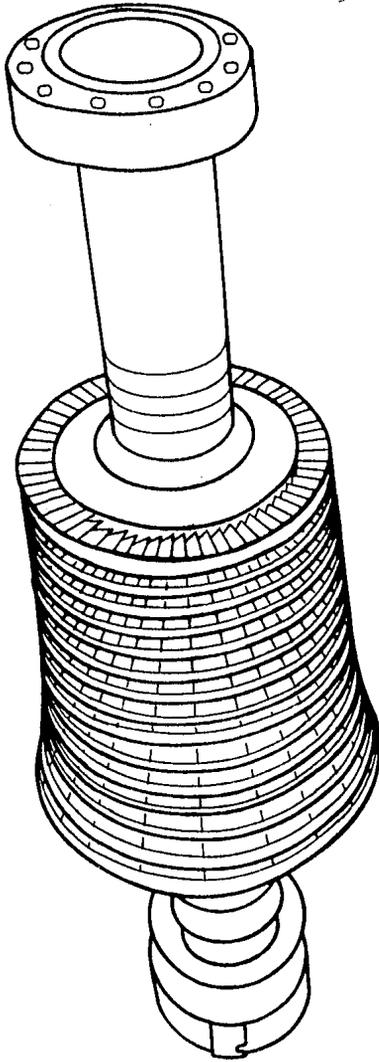


FIGURA 5.3. ROTOR DE ALTA PRESION.

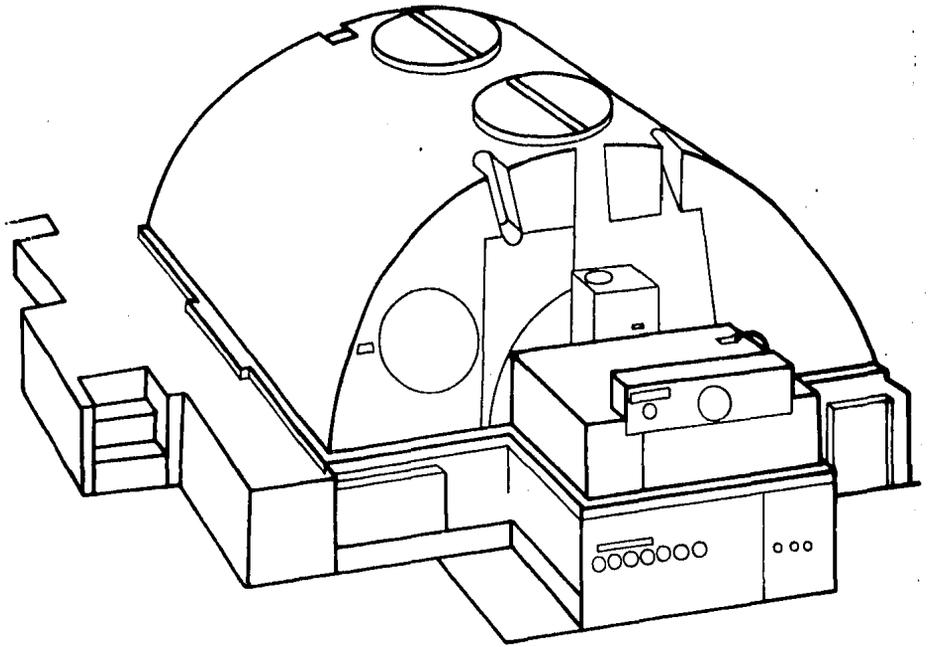


Figura 5.4. Carcasa exterior de baja presión

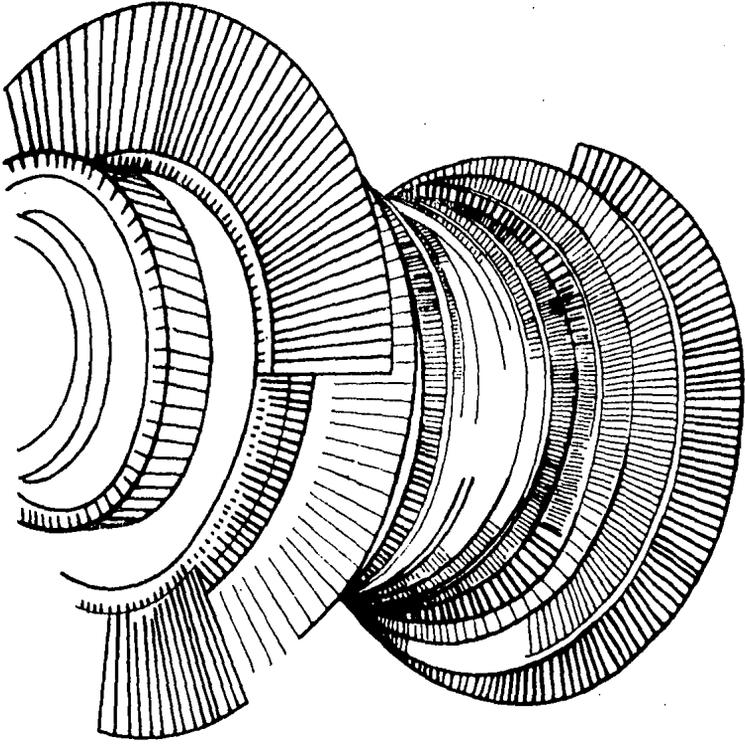
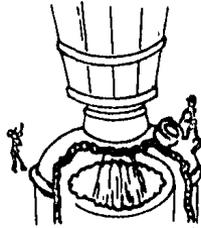


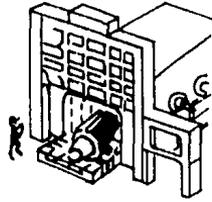
FIGURA 55. ROTOR DE BAJA PRESION.

NKS

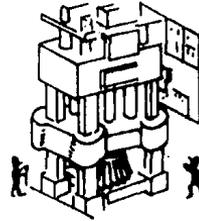
FLUJO ESQUEMATICO DE LA FABRICACION DE UNA FLECHA PARA ROTOR
DE TURBINA DE VAPOR - BAJA PRESION



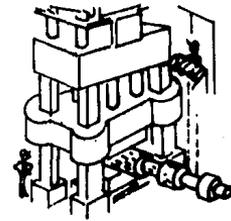
1 VACIADO DEL LINGOTE AL VACIO EN LINGOTERA CON CAPACIDAD HASTA 130 TONS.



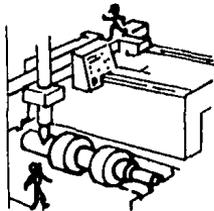
2 CALENTAMIENTO DEL LINGOTE EN HORNO CON CAPACIDAD MAX. DE 150 TONS. Y 1280 °C.



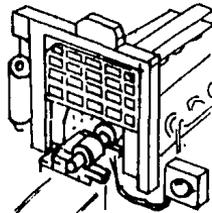
3 RECALCADO DEL LINGOTE EN PRESA TIPO PULL DOWN DE CAPAC. 4000 / 6000 TONS.



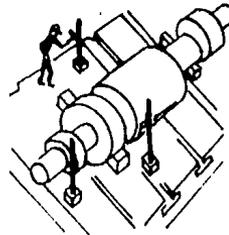
4 FORJADO DEL ROTOR EN PRESA TIPO PULL DOWN DE CAPAC. 4000/6000 TONS.



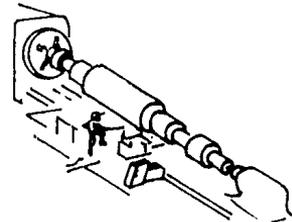
5 CORTE DE EXTREMOS EN CORTADORA AUTOMATICA DE FLAMA CAR. MAX. 1.2 M/M



6 RECOCIDO NORMALIZADO Y REVENIDO EN HORNO DE CAP. MAX. IGUAL A 150 TONS.



7 VERIFICACION DIMENSIONAL Y TRAZADO

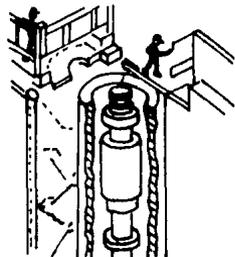


8 MAQUINADO BURDO EN TORNO HORIZONTAL DE CAP. MAX. 2 M.B.-EM, 50 TONS. PZA.

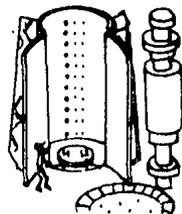
Figura 5.6.

NKS

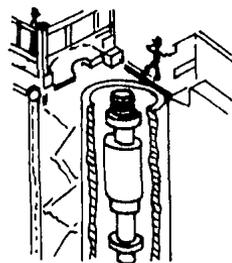
FLUJO ESQUEMATICO DE LA FABRICACION DE UNA FLECHA PARA ROTOR DE TURBINA DE VAPOR - BAJA PRESION



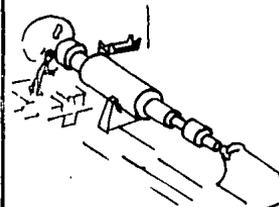
9 CALENTAMIENTO A 900°C EN HORNO VERTICAL DE CAP. IGUAL A 70 TONS. MAX.



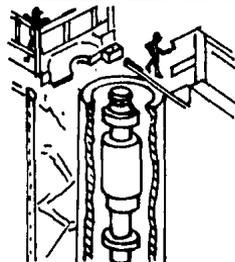
10 TEMPLADO EN TORRE DE HIELO CON CAPAC. DE 15 M DE LONG. Y 2 M DE Ø



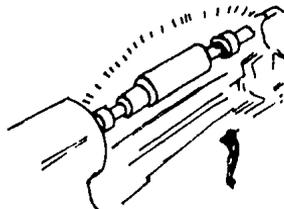
11 REVENDIDO EN HORNO VERTICAL DE CAP. MAX. IGUAL A 70 TONS.



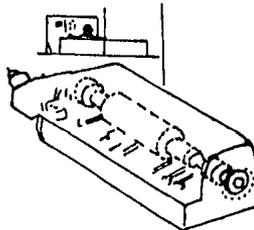
12 MAQUINADO INTERMEDIO NUM. 1 EN TORNO HORIZONTAL CAP. MAX. 2 M Ø - Ø M 50 TONS. PZA.



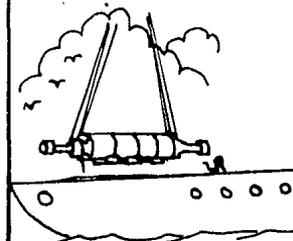
13 REVELADO DE ESFUERZOS EN HORNO VERTICAL DE CAP. MAX. DE 70 TONS.



14 MAQUINADO INTERMEDIO NUM. 2 EN TORNO HORIZONTAL DE CAP. MAX. 2 M Ø - Ø M 50 TONS. PZA.



15 PRUEBA DE ESTABILIDAD TERMICA EN EQUIPO CON CAP. MAX. DE 700°C 24 SENSORES.



16 EMBARQUE

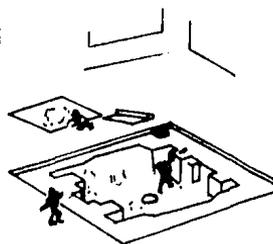
Figura 5.7.

NKS

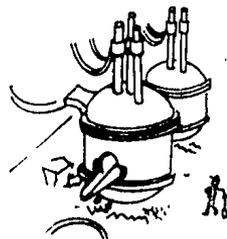
**FLUJO ESQUEMATICO DE LA FABRICACION DE UNA CARCASA EXTERNA INTERIOR PARA
TURBINA DE VAPOR - ALTA PRESION**



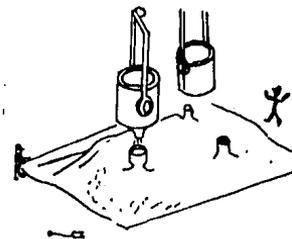
1 FABRICACION DE MODELOS Y CAJAS DE CORAZONES



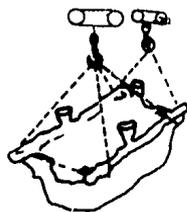
2 MOLDEO EN FOSA



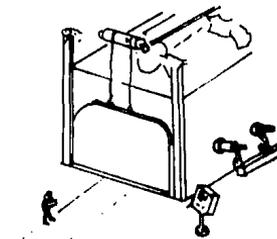
3 PREPARACION DEL ACERO EN HORNO DE ARCO ELECTRICO DE 40 TONS.



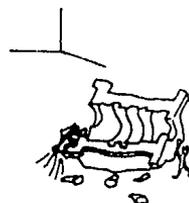
4 VACIADO DEL ACERO EN EL MOLDE.



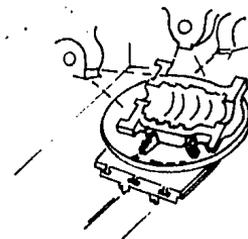
5 DESMOLDEO



6 TRATAMIENTO TERMICO EN HORNO DE 150 TONS.



7 CORTE DE COLADAS, SOL DADURA Y ESMERILADO



8 LIMPIEZA EN CASETA DE PERDIGON DE 80 TONS.

Figura 5.8.

NKS

FLUJO ESQUEMATICO DE LA FABRICACION DE UNA CARCASA EXTERNA INFERIOR PARA TURBINA DE VAPOR — ALTA PRESION

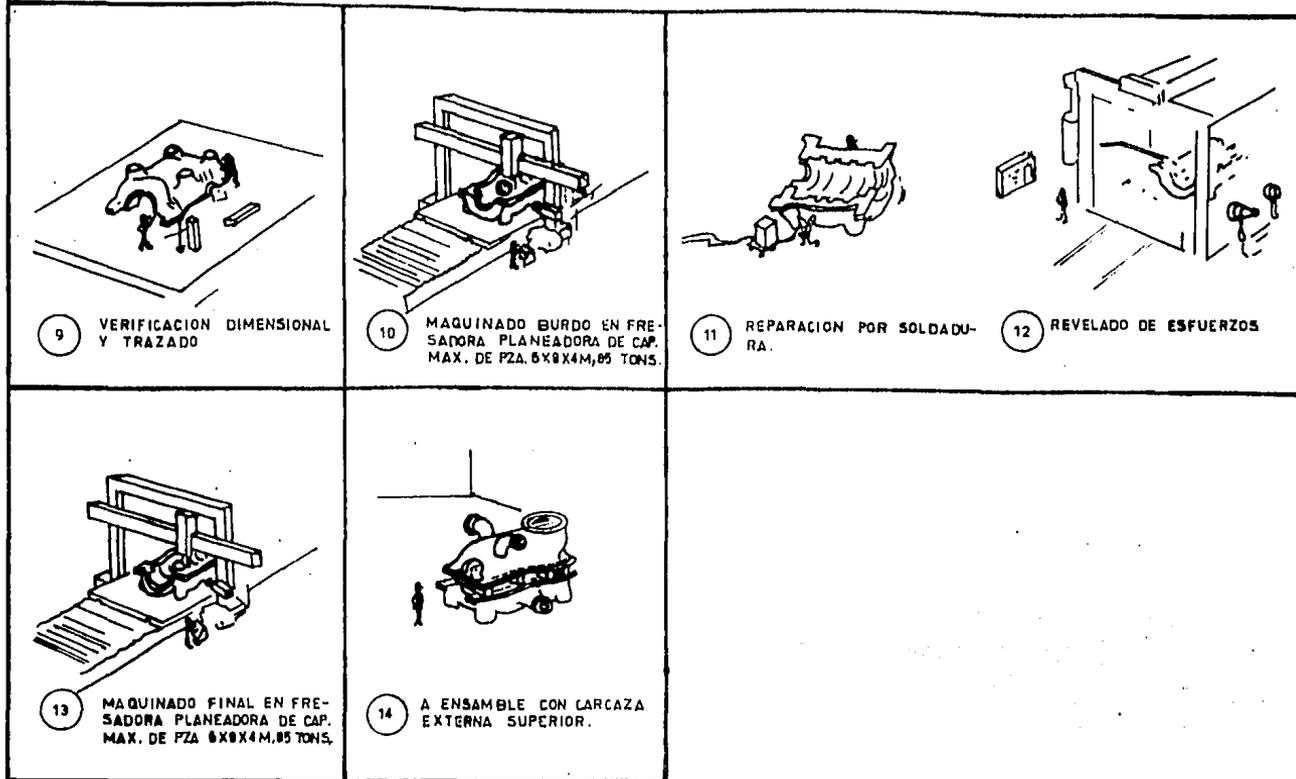


Figura 5.9.

CAPITULO VI

GENERADORES DE 350 MW

CAPITULO VI

GENERADORES DE 350 MW

- I. ASPECTOS GENERALES.
- II. FABRICACION DE GENERADORES EN MEXICO.
- III. MONOGRAFIA DEL GRUPO INDUSTRIAL NKS, S.A. DE C.V.
- IV. MONOGRAFIA DE TURBINAS Y ALTERNADORES MEXICANOS, S.A.

I.- ASPECTOS GENERALES

Si en un campo magnético se mueve un conductor metálico que forme espiras o bobinas, produciéndose en éste una corriente eléctrica, la energía mecánica empleada para mover las espiras o bobinas se habrá convertido en electricidad.

Basados en este principio se construyen los generadores eléctricos que transforman energía mecánica en energía eléctrica, produciendo una corriente eléctrica.

Los sistemas convencionales de la industria de potencia son alimentados por generadores síncronos trifásicos que caen en dos clasificaciones: máquinas de rotor cilíndrico y máquinas de polos salientes. La construcción de rotor cilíndrico es propia de generadores síncronos impulsados por turbinas de vapor y que también son conocidos como turboalternadores o generadores de turbina.

Las turbinas de vapor operan a velocidades relativamente altas, siendo comunes las velocidades de 1,800 y 3,600 R.P.M. para 60 Hz, consideradas para la construcción de rotor cilíndrico, que debido a su rigidez, fácilmente resiste las fuerzas centrífugas desarrolladas en los grandes tamaños, a esas velocidades. Además, lo suave del contorno del rotor sirve para pérdidas reducidas del embobinado y para operación silenciosa.

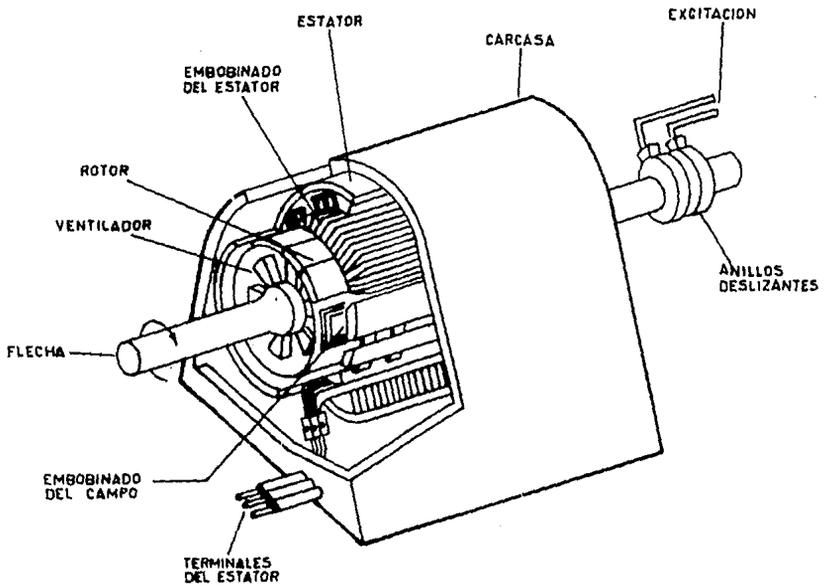


Figura. 6.1. **GENERADOR ELECTRICO**

II.- FABRICACION DE GENERADORES EN MEXICO.

La fabricación de generadores será parte del programa descrito en el capítulo de turbinas de vapor, puesto que generalmente se designa a estos equipos como un conjunto denominado turbogenerador.

En la actualidad se está trabajando en este proyecto por todas las partes interesadas, en lo que se refiere a la fabricación de generadores se piensa que los tecnólogos más viables para apoyar el desarrollo del programa se encuentran General Electric y Toshiba, aunque cabe aclarar que aún no se ha designado a ninguno.

Dentro del esquema de participación que se ha elaborado, se incluye la fabricación de las siguientes partes del generador:

- Cuerpo del rotor (1)
- Envolvente o carcasa: ✓
 - . Cuerpo
 - . Tapas axiales
 - . Soportería interior
 - . Caja de Terminales.
- Estator:
 - . Núcleo de estator (1)
 - . Anillos de presión

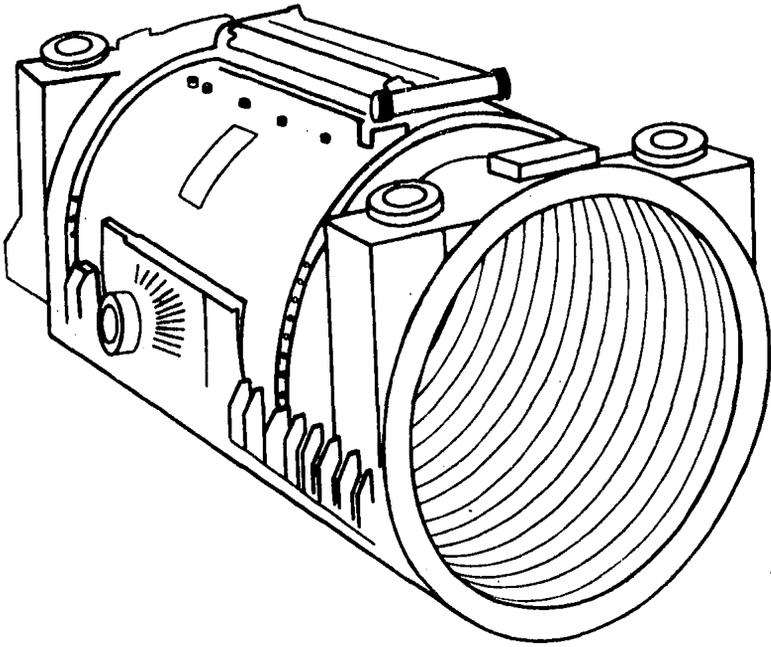


Figura 6.2. CUERPO DE LA ENVOLVENTE

- . Dedos de presión
 - . Estructura de presión
 - . Bobinas del estator (1)
 - . Conexiones del embobinado
 - . Terminales
 - . Placas de soporte de las bobinas.
- Sellos:
- . Soportes de sellos de hidrógeno
 - . Soporte de sellos de aceite
- Placas base del generador
- Anclas y placas de anclaje
- Placas de nivelación y camisas
- Pernos de anclaje.

El nivel de fabricación y pruebas de las partes marcadas con (1), así como de otras que las complementen, deberá ser objeto de una negociación entre el concursante y los fabricantes nacionales.

Adicionalmente, se incluyen elementos de instrumentación y control, protección y enfriamiento.

Otro aspecto que sin duda es importante es que el ensamble del

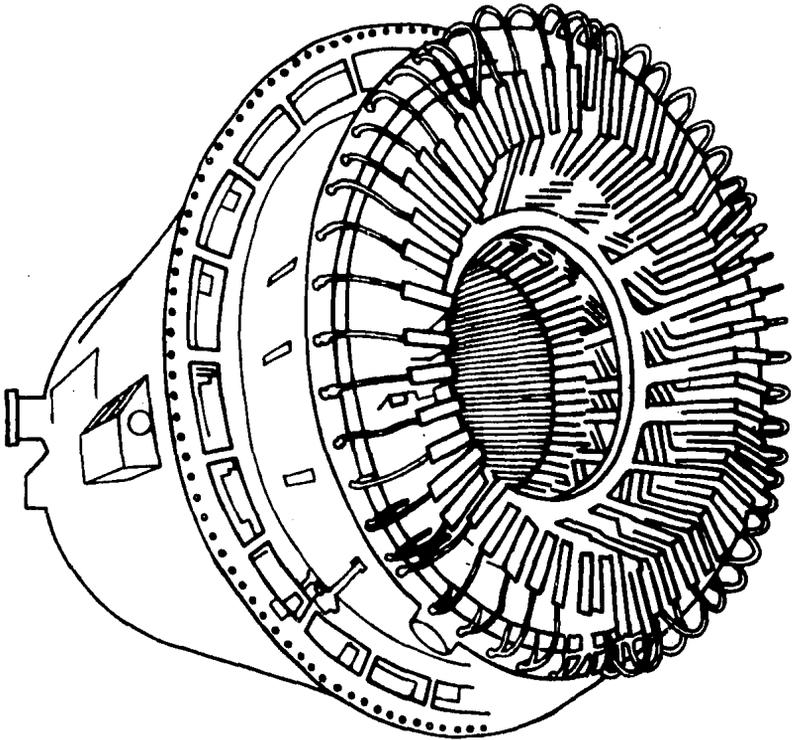


Figura 6.3. **ESTATOR**

generador se tendrá que realizar en nuestro país.

Con todas las partes realizables en México se constituirá un porcentaje de integración nacional bastante aceptable, y esto se logra gracias a que existe una importante planta productiva.

Dentro de los fabricantes nacionales que pueden participar en un programa de fabricación y ensamble de turbogeneradores, así como de sus sistemas auxiliares se encuentran:

1. GRUPO INDUSTRIAL NKS, S. A. DE C. V.
2. TURBINAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES, S. A.
3. TURBINAS Y ALTERNADORES MEXICANOS, S. A.
4. INDUSTRIAS DEL HIERRO, S. A. DE C. V.
5. FABRICACION DE MAQUINAS, S. A.
6. MAKROTEK, S. A.
7. CLEMEX, S. A.
8. MEGATEK, S. A.
9. CIA. DE MANUFACTURAS METALICAS, S. A. DE C. V.
10. SWECOMEX, S. A.
11. CONSORCIO INDUSTRIAL, S. A.
12. FUNDICION MONCLOVA, S. A.
13. MECANICA FALK, S. A. DE C. V.
14. ENGRANES NACIONALES, S. A.

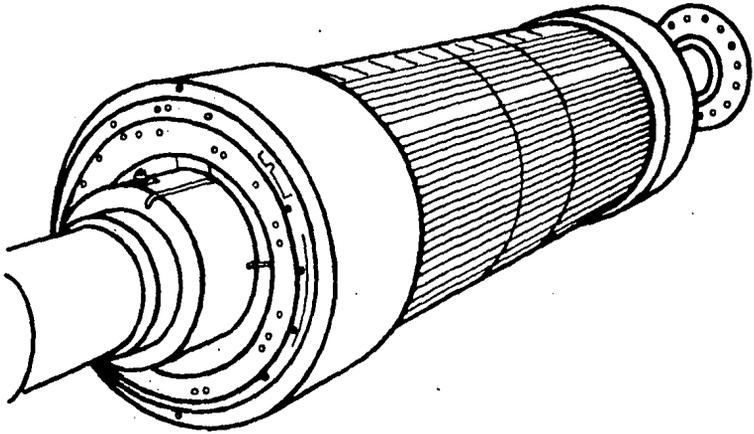


Figura 6.4. ROTOR

15. GRUPO LANZAGORTA
16. MANUFACTURERA FAIRBANKS MORSE, S. A.
17. WORTHINGTON DE MEXICO, S. A.
18. INDUSTRIAS IEM, S. A. DE C. V.
19. SIEMENS, S. A.
20. ROSEMOUNT MEXICANA, S. A. DE C. V.
21. FERSASA
22. TAYLOR INSTRUMENT, S. A. DE C. V.
23. HONEYWELL, S. A. DE C. V.
24. METALVER, S. A. DE C. V.
25. SULZER HERMANOS, S. A.
26. CAMPOS HERMANOS, S. A.
27. INGERSOLL RAND, S. A.
28. NACIONAL DE COBRE, S. A.
29. CONDUMEX, S. A. DE C. V.
30. INDUSTRIAL DE AISLANTES ELECTRICOS, S. A.
31. SYC SELMEC, S. A.
32. AVANTE, S. A. INGENIEROS
33. EPN-GRAY, S. A.
34. ELECTROTECNICA BALTEAU, S. A. DE C. V.

Además, para la ejecución de pruebas de fabricación, ensamble, operación, control de calidad, garantía de calidad, calibraciones, ajustes, se deberá considerar las instalaciones y equipos con que cuentan las siguientes

tes instituciones:

1. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
2. LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MEXICO (CFE)
3. INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES SIDERURGICAS
4. LABORATORIOS NACIONALES DE FOMENTO INDUSTRIAL
5. INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM
6. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.

III. MONOGRAFIA DEL GRUPO INDUSTRIAL NKS, S.A. DE C.V.

El Grupo Industrial NKS es el resultado de la unión de --- NAFINSA y SIDERMEX, propietarias del 67% de su capital social y de Kobe -- Steel y el gobierno del Japón a los que pertenece el 33% restante.

La planta industrial de NKS se encuentra ubicada en el --- Puerto Industrial de Lázaro Cárdenas, Mich., ello obedece principalmente a los siguientes factores:

1. La evidente cercanía del Complejo Siderúrgico Lázaro Cárdenas - Las Truchas, que proveerá a la planta de la materia prima requerida durante su operación normal.

2. La maquinaria que provendrá del Japón así como los materiales que requieran ser importados de la Kobe Steel, arribarán al país por la costa del Pacífico.

3. Los inversionistas japoneses han demostrado gran interés por esta costa mexicana desde hace tiempo, después de todo es la costa latinoamericana más cercana al Japón.

4. Las instalaciones portuarias son favorables a los propósitos de exportación de los productos fabricados.

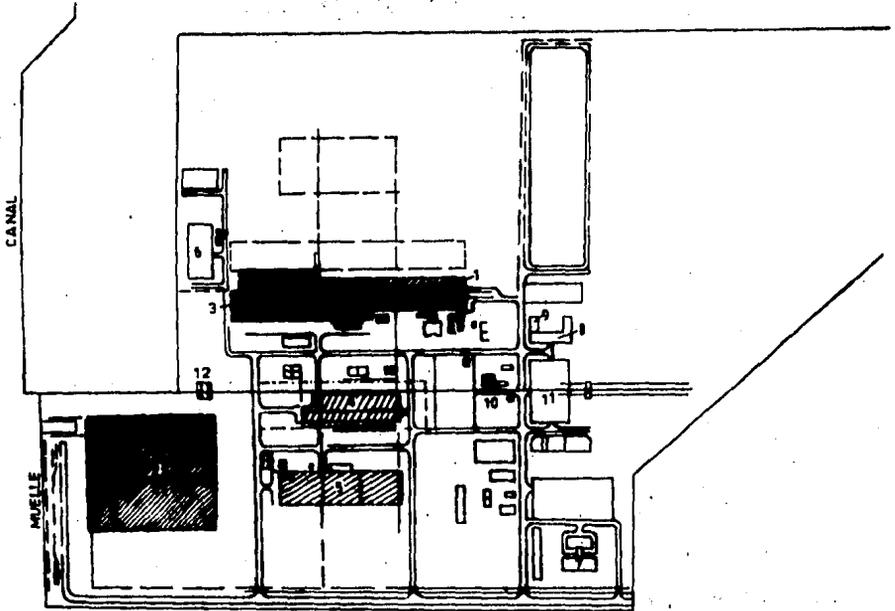
5. Se cuenta además con conexiones con el sistema completo de Ferrocarriles Nacionales de México y el sistema nacional de carreteras.

CAPACIDAD ANUAL.

Taller de Acería

90,000 ton (pudiéndose hacer coladas de hasta 150 ton)

NKS. DISTRIBUCION GENERAL DE LA PLANTA



- 1 TALLER DE ACERIA
- 2 TALLER DE PAILERIA
- 3 TALLER DE FUNDICION
- 4 TALLER DE FORJA
- 5 TALLER DE MAQUINADO
- 6 TALLER DE MODELOS
- 7 OFICINA PRINCIPAL
- 8 LABORATORIO
- 9 DEPARTAMENTO DE ANALISIS
- 10 CENTRO DE CONTROL
- 11 SUB-ESTACION PRINCIPAL
- 12 LOCAL DE INSPECCION

Taller de Fundición	20,000 ton de piezas fundidas.
Taller de Forja	20,000 ton de piezas forjadas. (Teniéndose como límites inferior y superior, 500 Kg y 100 ton respectivamente)
Taller de Maquinado	465,000 hr.
Taller de Pailerfa	10,000 ton (Pudiéndose manejar piezas de hasta 300 ton).

* Considerándose la capacidad conjunta de la primera y segunda etapas.

PRINCIPALES EQUIPOS.

- Taller de Acerfa.

Horno eléctrico de arco, 30 ton por colada.

Sistema de desgasificación al vacío.

Horno de retención de 60 ton.

- Taller de Fundición.

Equipo de tratamiento de arena nueva.

Equipo de tratamiento o reciclaje de arena usada. (217 ton/día).

Equipo de limpieza por granalla (80-50 ton).

Equipo de desmoldeo shake out (50-30 ton).

Mezcladores y alimentadores de arena.

Horno de tratamiento térmico (100-300 ton)

- Taller de Forja.

Prensa de forja de 4,000-6,000 ton.

Prensa de forja de 1,500 ton.

Manipuladores para forja con capacidades de: 120, 15, 7 y 3 ton.

Hornos de tratamiento térmico horizontales y verticales.

Equipo de calentamiento por inducción (vertical).

- Taller de Maquinado. El taller de maquinado contará con -- grandes máquinas herramientas que podrán ir hasta maquinado final. A manera de ejemplo podemos citar las siguientes:

Tornos verticales de hasta 8,500/5,000 mm X 5,000 mm

Tornos horizontales de hasta 2,500/2,000 mm X 15,000 mm

Fresadoras horizontales de hasta 180 mm X 4,500 mm X 1,200 mm

Torno de taladrado profundo

Equipo de prueba para estabilidad térmica

- Taller de Pailerfa.

Prensa hidráulica de 3,500 ton

Roladora de 2,000 ton

Equipos automáticos de corte por flama

Posicionador para soldar (capacidad: 20 ton)

Roladores para soldadura (capacidad: 300, 200, 100 y 50 ton)

- Laboratorio e Inspección.

Espectrofotómetro de emisiones (tipo de vacío)

Espectrómetro fluorescente de rayos X (de múltiples canales)

Ultrasonido

Equipos radiográficos de rayos X (tipo Linac) y de rayos gamma.

La política de producción y comercialización de NKS está orientada a cubrir las siguientes cuatro áreas:

a) La primera, destinada a abastecer la industria en general de grandes piezas de forja, fundición y pailería, fabricadas de acuerdo a diseños y especificaciones.

b) Una segunda área se destinará a la maquila de piezas -- forjadas y fundidas, fabricadas con tecnología y marcas comerciales de terceros y apoyada en los canales de distribución existentes que hoy en día se dedican a la comercialización de productos de importación.

c) NKS cubrirá una tercera área que implicará su integración vertical, destinada a la producción de equipos completos fabricados bajo licencia, tecnología y marcas comerciales de terceros.

d) Por último, NKS desarrollará su propia división de ingeniería, orientada al diseño, fabricación y montaje de plantas completas.

Los principales sectores industriales del mercado a los -- que NKS suministrará componentes básicos de fundición, forja y pailería pesada son los siguientes:

- Minería y Cemento
- Naval
- Petróleo y Petroquímica
- Azucarero
- Ferrocarrilero

- Generación de energía eléctrica
- Siderúrgico
- Máquinas de movimiento de tierras
- Máquinas herramientas
- Turbomaquinaria

IV. MONOGRAFIA DE TURBINAS Y ALTERNADORES MEXICANOS, S.A.

ANTECEDENTES Y CONSTITUCION DE LA EMPRESA. El nacimiento de la empresa ---
TURALMEX fue consecuencia de las acciones emprendidas por NAFINSA en el --
Programa de Fomento de Bienes de Capital del Gobierno Federal, que conside
ró como actividad industrial prioritaria de fabricación de turbinas y gene
radores eléctricos en el Plan Nacional de Desarrollo Industrial 1976-1982.
Los socios accionistas originales fueron NAFINSA y la firma Brown Boveri -
(socio tecnologista), quienes firmaron los acuerdos de constitución de la
nueva empresa en julio de 1980. A la fecha y por causas mencionadas en las
conclusiones de este trabajo, TURALMEX es propiedad de NAFINSA únicamente.

OBJETIVO ORIGINAL DEL PROYECTO. El objetivo original de TURALMEX era el de
producir turbinas industriales y de mediana potencia (de 1 a 110 Mw) así -
como generadores eléctricos en coordinación con el socio tecnologista Brown
Boveri. La separación de NAFINSA y Brown Boveri, las dificultades económi
cas experimentadas por el país en los últimos años y otras múltiples cau--
sas, trajeron consigo la imposibilidad de contar con la maquinaria previs
ta en el proyecto original, dando como resultado la orientación del proyec
to a las siguientes áreas: motores diesel marinos, generadores eléctricos
y la adaptación de una de sus naves para la ampliación de TEISA.

LOCALIZACION. La planta de TURALMEX se encuentra ubicada en el Parque In--
dustrial de NAFINSA en Morelia, Mich. y cuenta con una extensión de terre-

no de 18.8 hectáreas.

MAQUINARIA Y EQUIPO. Como se ha mencionado TURALMEX no cuenta con la maquinaria que había sido proyectada originalmente; por lo que sería inadecuado enlistar las máquinas y el equipo con que se pensó que la planta contaría según su objetivo original. En la actualidad TURALMEX tiene instalada una mínima parte de la maquinaria pequeña que se adquirió conforme a las necesidades del primer proyecto, y está en marcha la implementación física necesaria para cubrir los requerimientos de los nuevos objetivos.

En la figura de la página siguiente se muestra la distribución general de la planta de TURALMEX, como se planeaba en su proyecto original.

CAPITULO VII

HIDROGENERADORES

CAPITULO VII

HIDROGENERADORES

- I. ASPECTOS GENERALES.
- II. CONSTRUCCION.
- III. FACTIBILIDAD DE FABRICACION EN MEXICO.
- IV. BANCO DE PRUEBAS PARA GENERADORES.

I. ASPECTOS GENERALES.

El hecho de poder utilizar un recurso natural para lograr el funcionamiento de una estación hidroeléctrica ha servido como incentivo para el continuo desarrollo de las máquinas generadoras para las instalaciones hidráulicas.

Los generadores eléctricos cubren un amplio rango de potencias y velocidades, por lo tanto, los modelos y diseños varían ampliamente.

Estas diferencias resultan, en primer término, de la adaptación de los siguientes factores:

- Tipo de montaje (vertical u horizontal),
- Efecto volante.
- Velocidad.
- Voltaje de operación.

La correcta evaluación de estos requerimientos, los cuales se explican brevemente a continuación, son un factor importante para lograr una solución económica y funcional.

TIPO DE MONTAJE

El arreglo horizontal o vertical del dispositivo depende de -

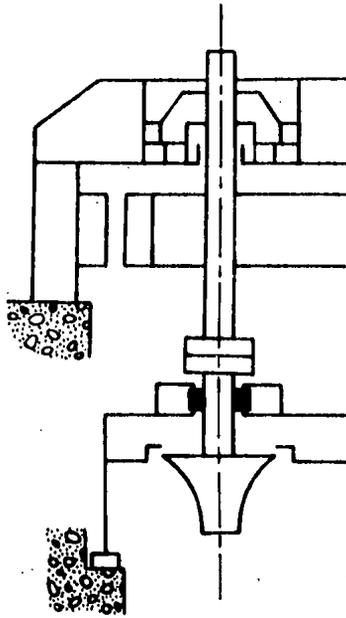


Figura 7.1. Arreglo vertical

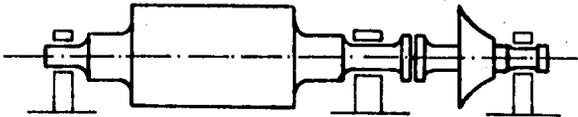


Figura 7.2. Arreglo horizontal

las condiciones hidráulicas, tales como la altura y cantidad de agua, así también de las condiciones estructurales de las plantas tales como tuberías, tomas y cimentación.

Las turbinas Pelton y Francis permiten tanto el arreglo horizontal como el vertical. Las turbinas Kaplan son construídas con arreglos verticales.

Las turbinas de bulbo, que son unidades reversibles, pueden ser usadas también para bombeo, tienen un arreglo horizontal o ligeramente inclinado.

EFEECTO VOLANTE

El efecto volante es una indicación del comportamiento de la masa rotatoria de las máquinas generadoras, es requerido por el sistema hidráulico para satisfacer las dos siguientes condiciones:

- Garantizar la estabilidad de la velocidad bajo todas las condiciones de operación.
- Controlar la vibración torsional y los esfuerzos.

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

En las máquinas de enfriamiento por aire existen dos diferen-

tes métodos que son:

- De ventilación axial y
- de ventilación radial,

ambos pueden ser usados en un sistema abierto o cerrado.

En el sistema de ventilación axial, el aire es proporcionado predominantemente por un ventilador colocado en uno de los extremos. El centro y las partes externas del estator son enfriadas directamente.

El calor es removido del devanado del estator indirectamente a todo lo largo de la ranura, pero el devanado final es enfriado a una temperatura diferente, debido a que el aire se va calentando al ir pasando de un lado a otro.

Con el enfriamiento radial el aire es lanzado simétricamente dentro del entrehierro de ambos lados por ventiladores.

El efecto centrífugo de los polos en rotación desvía el aire en una dirección radial y lo dirige a los ductos de enfriamiento del estator. Los últimos devanados del estator caen directamente en el fluido enfriante - del ventilador.

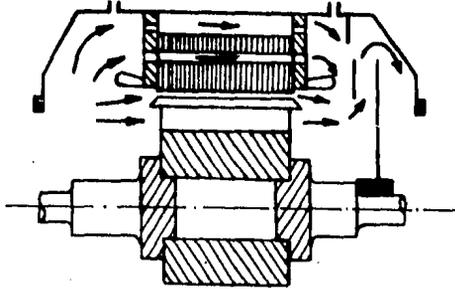


Figura 7.3. Sistema de enfriamento axial

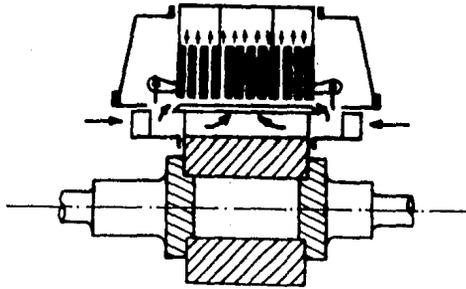


Figura 7.4. Sistema de enfriamento radial

VELOCIDAD

Como ya hemos mencionado, la velocidad requiere de especial cuidado debido a los problemas que puede causar, por ejemplo: en el caso de pérdida repentina de carga, el tiempo de cerrado de las válvulas es muy largo en las plantas hidráulicas, lo que resulta en un cambio considerable de acuerdo al tipo de turbina o gobernador instalado.

En este caso se puede llegar a producir el fenómeno denominado velocidad de embalamiento, la cual puede ser de más de 2.5 veces la velocidad promedio.

Los esfuerzos asociados (centrífugos) tienen un importante efecto en la construcción del rotor.

Podemos decir que el incremento en la velocidad no sólo causa altos esfuerzos mecánicos en el rotor, sino también afecta los rodamientos y al sistema de enfriamiento debido a la fricción tan alta y a la pérdida de ventilación.

Esto es aplicable en particular a estaciones en las cuales puede pasar un largo tiempo con una alta velocidad en el sistema.

VOLTAJE DE OPERACION

Los devanados del estator de una máquina síncrona para una --

planta hidráulica normalmente cubren un alto rango de voltaje desde 3 a 26 KV a frecuencia de $16 \frac{2}{3}$, 50 ó 60 Hz.

La selección de voltaje promedio está basada en los requerimientos de operación adecuada y economía.

En México, la electricidad se distribuye a 60 ciclos/seg.

II. CONSTRUCCION

CONSTRUCCION DEL ESTATOR

El estator es una estructura soldada diseñada y dimensionada para soportar todos los posibles esfuerzos, además de estar provista de guías para asegurar el paso del aire enfriante.

La estructura está sujeta principalmente a esfuerzos, como ya hemos mencionado, por la acción de un momento torsionante, el impulso en el arranque, el peso muerto, la presión del agua en máquinas verticales, las fuerzas magnéticas y por la expansión térmica.

Los estatores en máquinas horizontales transmiten estas fuerzas a través de sus placas base a la cimentación.

En las máquinas verticales los estatores transmiten estas fuerzas a través de sus anillos de sostén.

El material usado en el estator es lámina de hierro de bajo carbono con aleación de silicio. Es conformado posteriormente por medio de estampados y maquinados y se le aplica por ambos lados una delgada capa de barniz aislante resistente a altas temperaturas.

En lo que respecta al devanado, podemos decir que su confiabilidad está determinada primeramente por la calidad del aislamiento. Existen diferentes maneras de lograr esto, el sistema más usado es el Micar que consiste en aplicar una cinta continúa de aislante impregnada con resina sintética, todo esto realizado al vacío.

El elemento conductor está hecho de cobre electrolítico. Las máquinas grandes usualmente tienen un devanado de doble barra en canales abiertos, la barra consiste de varios elementos conductores de cobre electrolítico. Estos elementos están cubiertos con filamento de vidrio y pegados -- con resina epóxica bajo presión para formar una barra compacta que son colocadas con alta presión y alta temperatura.

CONSTRUCCION DEL ROTOR

Los rotores para números pequeños de polos y para pequeños diámetros son construídos de una pieza forjada sólida; es decir, el eje y el -- cuerpo central están unidos.

En rotores con gran número de polos y gran diámetro, la pesada parte central es reemplazada por un cuerpo hueco que puede ser forjado o -- fundido.

Esta forma de construcción para ahorrar peso es comúnmente usa

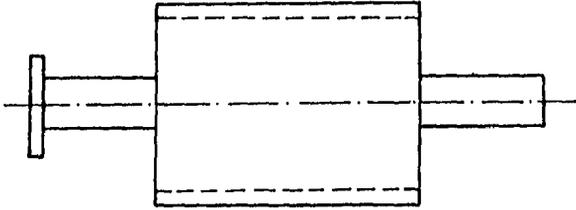


Figura 7.5. Rotor de pieza forja sólida

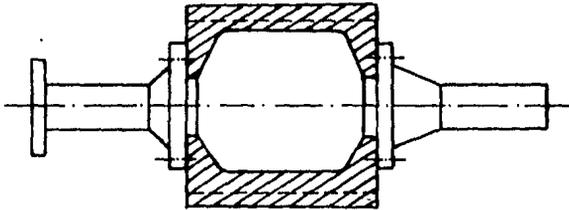


Figura 7.6. Rotor con parte central hueca

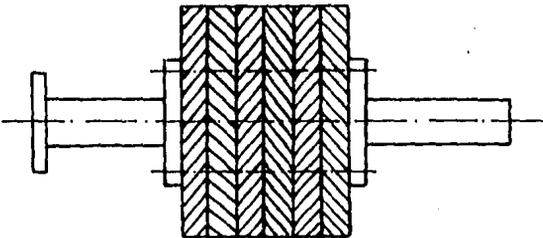


Figura 7.7. Rotor con discos de acero

da, tanto en arregios horizontales como en verticales, siendo ventajosa por que reduce la carga en los cojinetes.

Los rotores para grandes capacidades y número mediano de polos son preferentemente construidos como discos hechos de acero.

III. FACTIBILIDAD DE FABRICACION EN MEXICO.

En los últimos años se han hecho esfuerzos para lograr un impulso para fabricar los hidrogenadores en nuestro país, lo cual no ha sido posible hasta el momento.

En el concurso internacional que se llevó a cabo para definir quién fabricaría los generadores de las plantas eléctricas de Bacurato y Comedero, ganó la empresa Mitsui-Toshiba, la cual se hace cargo de la fabricación de los cuatro generadores requeridos.

Esta decisión se debe principalmente a la falta de confianza en México y a los problemas asociados de precio y financiamiento.

Ahora que se empieza a tomar conciencia de que la importación de productos industriales constituye una de las más importantes raíces de la deuda externa, que cada día se vuelve más difícil de manejar, se ha venido comenzando a producir para satisfacer nuestras propias necesidades.

Estamos en el momento preciso para replantear la estrategia de desarrollo, buscando que se base en soluciones internas.

Si bien el camino no es fácil, como tampoco puede lograrse

de un día para otro, si constituye un gran paso el hecho de que se busque lograr una cierta integración nacional del generador.

El principal problema constituye actualmente el poder unir esfuerzos de las compañías del país con el gobierno y caso específico con la C.F.E. y sobre todo lograr la confianza de los mexicanos hacia los propios mexicanos que están acostumbrados a la aparentemente fácil solución -- de recibir el paquete total del producto ya terminado y respaldado por una firma extranjera, simplemente listo para colocarse.

Ahora bien, en el Plan Nacional de Energéticos se contempla que se realizarán o terminarán las siguientes cuatro plantas hidroeléctricas:

- Aqua Prieta - Con una generación media de 436 GWH/año
- Agua Milpa - Con 2100 GWH/año
- Temascal II - Con 506 GWH/año
- Iztantún - Con 1344 GWH/año

Podemos hablar de que en México existen empresas capaces de lograr implementar un buen porcentaje de un hidrogenerador, como es el caso de la empresa TEISA que tiene las máquinas herramientas necesarias para realizar buena parte del proceso de fabricación; asimismo, la empresa Turalmex se encuentra en capacidad de colocar equipo para realizar operaciones con - apoyo de la empresa BBC, y además cuenta con un banco de pruebas para gene-

radores de hasta 350 MW del que se hablará más adelante.

En concreto, podemos hablar de la posibilidad real de realizar las siguientes partes de un hidrogenerador:

- Rotor
- Estator
- Estrella
- Carcasa del generador.

Con esto se logra alcanzar aproximadamente un 50% de integración nacional, lo que constituye, sin duda, un avance importante.

Se ha hecho la oferta a C.F.E. para que sea ella la que elija al tecnólogo formándose una relación entre SEMIP, C.F.E. y el fabricante, para que se coordinen con el fin de concretar el proyecto.

Por otro lado, existe la alternativa de elaborar una oferta sin que necesariamente se tenga que realizar un concurso, para que de esta manera se ahorre tiempo.

Para concluir, diremos que se está negociando y esperamos -- tener algún resultado favorable para nuestro país.

IV. BANCO DE PRUEBAS PARA GENERADORES

Como se mencionó anteriormente, la empresa Turalmex cuenta con un banco de pruebas para generadores hasta de 350 MW, lo que en la actualidad constituye un avance importante en la fabricación de generadores, debido a que es obvio que resulta importante el conocimiento de sus propiedades eléctricas, tales como la relación de corto circuito, las reactancias, la eficiencia, esto debido a que generalmente estas máquinas se construyen para propósitos específicos y no para casos de aplicación general. Para -- llegar a los valores de los parámetros de las máquinas se usan diferentes - técnicas, algunas de ellas basadas en aproximaciones, en el método de ensayo y error y, finalmente, cuando una máquina se ha construido, la verificación de que se cumple con las especificaciones de diseño se logra por medio de pruebas; es decir, que tanto para fabricantes como para compradores es - necesario verificar los parámetros de la máquina en forma numérica. Para - este fin existen ciertas pruebas y métodos que permiten estas verificaciones.

En las instalaciones para fabricación de generadores eléctricos siempre se cuenta con equipos especiales para probarlos y así asegurar que - se cumpla con las normas establecidas.

LISTA DE PRUEBAS

- 1.- Prueba del núcleo.
- 2.- Prueba de resistencia de aislamiento y alto voltaje a de-

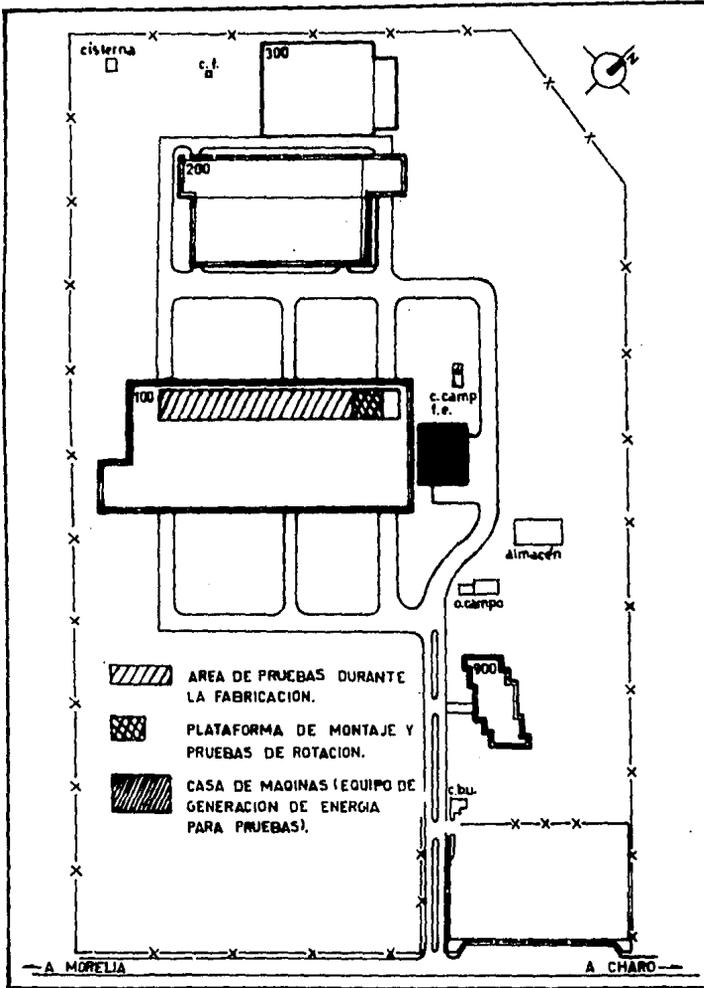


Figura 7 B. Localización del área de pruebas a generadores dentro de la planta

vanados antes y después de la impregnación.

- 3.- Determinación del factor de pérdidas de aislamiento.
- 4.- Supervisión de elementos resistivos.
- 5.- Medición de la resistencia del estator y del rotor.
- 6.- Medición de impedancia de los devanados del rotor.
- 7.- Prueba de rotación como motor.
- 8.- Prueba de rotación como generador.
- 9.- Revisión final del generador ensamblado.

Después de realizadas estas pruebas, se puede asegurar si el generador cumple con las especificaciones requeridas.

CAPITULO VIII

TURBINAS DE GAS

CAPITULO VIII

TURBINAS DE GAS

I. DESCRIPCION Y APLICACIONES.

II. FABRICACION.

III. DEMANDA EN EL PAIS DE LAS TURBINAS DE GAS.

I. DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES.

Una turbina de gas es un sistema compuesto por un compresor, - una cámara de combustión y un conjunto de álabes fijos y móviles lo que da origen a un motor que produce trabajo con utilización de gases calientes.

Estos equipos basan su principio de operación en mantener un flujo de gases calientes contra los álabes del rotor; su primera función es -- comprimir el aire antes de que llegue a la cámara de combustión donde una parte del aire es mezclado con el combustible y aire quemado, la otra parte es usada de tal manera que rodee los quemadores y evite temperaturas excesivas en la cámara de combustión. Los gases resultantes son dirigidos por medio de toberas a los álabes del rotor de la turbina provocando una potencia capaz de mover al compresor y el resto para otra aplicación.

Este tipo de equipos es ampliamente usado por su versatilidad ya que se obtiene potencia y buena eficiencia ocupando a su vez poco espacio - en las instalaciones industriales. La mayor demanda de estos equipos en el país se da en la industria petrolera y en la eléctrica.

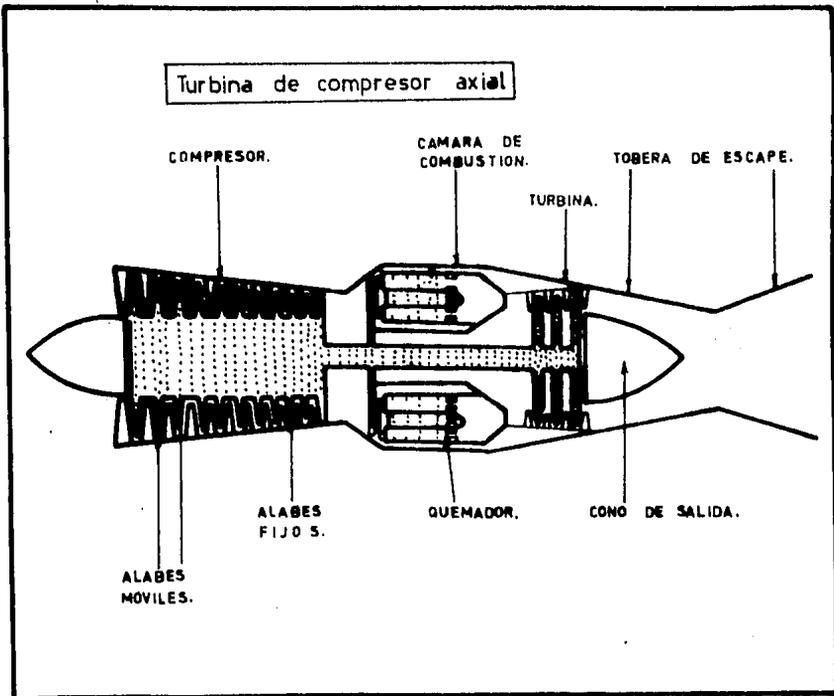
En la petrolera por ejemplo se usa en el sector de refinación de aceites combustibles donde se requiere aire a presión que pasa periódicamente por el catalizador con el fin de quemar el carbón residual del proceso de - refinación, el aire usado es calentado igual que en una cámara de combustión y puede utilizarse en una turbina obteniéndose trabajo para el compresor que suministra aire al proceso.

También estos equipos son usados para mover compresores en las estaciones de ductos que transportan gas natural, donde el combustible se obtiene a bajo costo, y además las estaciones prácticamente pueden ser instaladas en cualquier punto ya que no se requiere enfriamiento por agua. En el sector de producción se usan bombeando crudo a la superficie o en plataformas donde se usan para la producción de electricidad.

En la industria eléctrica es usada como elemento en una planta de emergencia o para tomar las horas pico, además es muy importante su aplicación en combinación con plantas de vapor para aumentar la eficiencia total, o

como plantas de potencia portátiles; tiene una ventaja sobre las plantas - diesel y las turbinas de vapor que es la facilidad de arranque, aunque están limitadas en su capacidad ya que requieren grandes compresores para manejar el gran volumen de aire requerido para competir con turbinas de va por grandes que llegan a tener capacidades de más de 350 Mw por unidad.

Fig. 8.1



II. FABRICACION.

Las elevadas temperaturas a que están sometidos estos motores especialmente las turbinas, han hecho que se utilicen en ellas, parcialmente, determinadas aleaciones a base de Níquel y Cromo, tales como la americana INCONEL X y las británicas NIMONIC. El país aun no fabrica aleaciones de este tipo; tales aleaciones se muestran a continuación:

TABLA DE PORCENTAJES DEL CONTENIDO DE LAS ALEACIONES USADAS EN LA FABRICACION DE TURBINAS DE AVIACION						
MATERIAL	INCONEL X (EEUU)	NIMONIC (BRITANICA)				
		75	80	90	95	100
Cr	17	18-21	18-21	18-21	18-21	10-12
Fe	7	5max	5max	5max	5max	2max
C	0.4	.08-.15	.1max	.1max	.15max	.3max
Ti	2.5	.2-.6	1.8-2.7	1.8-3	2.3-3.5	1-2
Al	0.7	0	.5-1.8	.8-2	1.4-2.5	4-6
Si	0.4	1max	1max	1.5max	1max	.5max
Mn	0.5	1max	1max	1max	1max	0
Co	0	0	2max	15-21	15-21	18-21
Cu	0	.5max	0	0	.5max	0
Mo	0	0	0	0	0	4.5-5.5
Nb	1	0	0	0	0	0
Ni el resto				

Su funcionamiento empieza con el aire recogido por el colector que pasa al compresor, el compresor puede ser centrífugo, axial simple o axial doble, o sea dividiendo al sistema en dos rotatorios independientes, uno de alta y otro de baja presión.

Como el compresor de alta presión tiene normalmente su velocidad regulada, en forma constante por el regulador de combustible, la velocidad del compresor de baja presión variará con la temperatura de entrada de aire, aumentando dicha velocidad cuando la temperatura desciende, y disminuyéndola cuando la temperatura es más caliente. En consecuencia, cuando el avión se eleva y va encontrando temperaturas más frías o cuando las condiciones naturales hacen cambiar los parámetros durante la explotación petrolera, el compresor de baja se acelera y la pérdida de empuje, debido a la disminu-

ción de la densidad del aire se hace menor; al salir del compresor, si es cen trífugo, el aire pasa a través de un difusor, para entrar en las cámaras de -- combustión, con lo cual pierde velocidad pero aumenta la presión, en los com presores axiales esta difusión tiene lugar en los álabes guías de salida del compresor.

En la cámara de combustión entra pulverizado el combustible, y se quema utilizando menos de la tercera parte del aire que entra en dichas cámaras. El resto del aire se emplea para refrigerar la superficie de las cá maras, así como los gases quemados antes de que éstos pasen a la turbina.

En la turbina es donde tiene lugar principalmente la expan-- sión de gases, con lo que es máxima la potencia que sirve para mover la hélice cuando se trata de un motor turbohélice, aprovechando también una tercera parte de élla para hacer girar el compresor. En los motores de turbina de pro pulsión por chorro o turborreactores, la propulsión se debe al empuje que --- crea la aceleración de una masa gaseosa relativamente pequeña, para conseguir un empuje aceptable es preciso que el chorro de los gases que escapan alcan-- cen una gran velocidad. Las elevadas pérdidas de energía, debidas a la peque ña sección del chorro (es aproximadamente un tercio a la correspondiente a - la de un motor de turbohélice) lo que hace que su velocidad sea tres veces - mayor, haciendo que el rendimiento varíe con la velocidad.

Las turbinas constan fundamentalmente de dos partes: la parte giratoria (rueda de la turbina o rotor) y un sistema o grupo de álabes fijos (llamados álabes guías), con un cierto ángulo que sirve para forzar a los ga ses a que actúen sobre los álabes del rotor. Al conjunto de los álabes fijos se le suele llamar tobera de la turbina. La disposición de las partes de este motor se muestran en la figura.

Las turbinas pueden ser de acción o impulsión; de reacción, o bien una combinación de ambos tipos. En las primeras no hay cambio de presión entre la entrada y la salida del rotor, y en los álabes guías se aumenta la - velocidad y se disminuye la presión de los gases calientes. En las turbinas - de reacción la disminución de la presión y el aumento de velocidad tienen lu gar en los álabes del rotor, y los álabes guía se límitan a variar la direc--

ción de la corriente gaseosa, estos tipos de álabes se pueden apreciar también en la figura.

Las turbinas pueden ser de un sólo paso o de escalón o de varios pasos o escalones. En este último caso los álabes guía están situados en tre cada dos ruedas del rotor, además de a la entrada y a la salida.

Detrás de la turbina están los conductos y la tobera de escape. Si los gases salen del avión a mayor velocidad que la de la salida de la turbina, el empuje del motor será mayor. Esto se logra por medio de la tobera de escape, que sirve para enderezar la corriente de salida y aumentar la velo ci dad de los gases de escape. La tobera de escape está constituida esencialmente por un tubo de acero inoxidable, que lleva interiormente un cono de salida para dar a la corriente de gas una dirección axial.

En las toberas de escape convencionales convergentes, la velo ci dad de los gases aumenta, pero suele mantenerse por debajo de la velocidad del sonido, ya que de alcanzarse esta velocidad las pérdidas de rendimiento serían considerables. En las toberas de escape convergente-divergente puede obtenerse mayor empuje, haciendo que la velocidad de los gases sea supersónica en la parte divergente, alcanzando la velocidad del sonido en la garganta de la tobera. Las toberas convergente-divergente se proyectan en la actualidad para que su actuación sea la mejor a una determinada altura y velocidad.

En otros medios de transporte como las locomotoras sería muy ventajosa su operación por su poca vibración y por el hecho de no requerir agua de enfriamiento, pero aún no ha desplazado a la locomotora diesel por su bajo rendimiento térmico. En embarcaciones se usaría empleando varios pasos en la compresión.

Este motor además del compresor, la cámara de combustión y la turbina cuenta con dispositivos auxiliares como son los de lubricación, regulación de velocidad, alimentación de combustible, puesta en marcha, etc.

III. DEMANDA EN EL PAIS DE LAS TURBINAS DE GAS.

En el caso de PEMEX se tiene que aproximadamente el 30% de sus turbinas son de gas, de capacidades que van desde 800 Kw hasta 122,000 Kw y son usadas en los sectores de producción, ductos, eléctrico, químico y refinación; las principales marcas de turbinas de gas en PEMEX son: Solar Turbine con un 49.48%, Ruston Gas Turbines con 21.83% y General Electric con 7.23%, las demás marcas contribuyen con menos del 5% cada una.

La demanda de turbinas de gas ha ido en aumento debido a la creciente necesidad de energía eléctrica y al crecimiento acelerado de la Industria Petrolera en los últimos años, dicha demanda ha sido completamente cubierta por proveedores extranjeros, si en 1978 se destinaron 267 millones de pesos en la adquisición de este tipo de equipos, ejemplos de otros años nos indican que fueron 317 millones en 1981, y fueron presupuestados para 1984 1,109 millones según PEMEX.

Sin embargo disminuirá la compra en el extranjero en materia de turbinas de gas pues en los planes de PEMEX, el principal importador, se proyecta disminuir el número de unidades que se compra anualmente. La actitud de los compradores debe obligar a los proveedores a seguir aumentando los componentes mexicanos en los equipos hasta donde sea posible, pues aunque son necesarios, no es conveniente instalar una fábrica de ellos; los recursos económicos del país deben de ser enfocados a la fabricación de equipos menos sofisticados donde se puede desarrollar mejor la industria. Las ventas de estos equipos a PEMEX y la CFE son importantes por los elevados precios, pero la cantidad de ellas no amerita que se intente desarrollar una industria propia en el país; esto tardaría varios años, -- por esto se recomienda que algún fabricante se asocie con Solar Turbine o con Ruston Gas que son las marcas más representativas en el país.

Los intentos en el país por producir este tipo de turbinas serían detenidos por el momento, al observar que se requiere alta tecnología en su proceso de fabricación y de prueba en suma, asimismo un caso di-

fácil de sobrepasar sería la carencia de metales cuyas aleaciones sean las apropiadas para partes del equipo, por ejemplo álabes, dichos álabes se podrían fabricar en el país, pero resultaría más caro hacer esto que por ahora comprar los equipos, ya que la demanda de álabes sería tan pequeña que no justificaría su construcción por su costo.

La venta de este tipo de equipos tiene un mercado en las industrias química, azucarera, papelera, siderúrgica, de fertilizantes, etc. lo que provoca que exista gran número de marcas y haya una variedad de equipos que tienen viva más que nada la demanda de repuestos que en la mayor parte son traídos del extranjero.

Debido a que a finales de la década anterior el país tuvo un gran desarrollo en la industria petrolera por el descubrimiento de nuevos yacimientos, el país se convirtió en un campo fértil para comprar equipo, en PEMEX ocurrió que la compañía Solar Turbine International logró vender mucho equipo y se comprometió a instalar una fábrica en México, lo que ocurrió después de vender tales equipos fue que se creó una gran dependencia del fabricante ya que las refacciones y reparaciones se podían tener únicamente con el proveedor, y el proveedor operaba en el extranjero; se logró que la compañía Solar Turbine que tiene instalada en Veracruz una planta que en sus inicios sólo desarmaba y enviaba a Estados Unidos sus turbinas, poco a poco aumentara sus trabajos hechos en el país, ya que se necesita mantenimiento para 264 turbinas Centaur de 3,830 HP, y 131 Saturn de 1,160 HP que tiene instaladas PEMEX según el censo de agosto de 1983.

La demanda esperada de turbinas en México para PEMEX de 1984 a 1987 será:

	1984	1985	1986	1987
gas	95	53	72	--
vapor	281	102	29	21

Las potencias de la mayoría de las turbinas de gas requeridas son de 3,000 a 10,000 HP.

CAPITULO IX

TURBINAS INDUSTRIALES

CAPITULO IX

TURBINAS INDUSTRIALES

- I. INFORMACION GENERAL.
- II. TURBINAS INDUSTRIALES.
- III. APLICACION DE LAS TURBINAS INDUSTRIALES EN MEXICO.
- IV. FABRICACION DE TURBINAS INDUSTRIALES EN MEXICO.
- V. PERSPECTIVAS DE EXPORTACION.
- VI. CONCLUSIONES.

I.- INFORMACION GENERAL .

El uso de turbinas de vapor se ha incrementado en los últimos años, debido en parte por el costo y la escasez de energía y por otro lado a la relación potencia/costo que favorece a la turbina de vapor sobre otros tipos de equipos para una gran mayoría de instalaciones.

Las principales ventajas de la turbina de vapor son, entre -- otras, las que se detallan a continuación:

- La turbina de vapor es básicamente un equipo de alta velocidad y puede accionar compresores sin necesidad de un incrementador de velocidad.
- Permite operación a velocidad fija o variable con rangos -- de operación de más de 10 a 1.
- Puede utilizarse en ambientes explosivos.
- La regulación de la turbina puede ser una función de la velocidad, flujo, presión, o temperatura de proceso.
- El vapor de escape puede ser utilizado en procesos de calefacción o para accionar otras turbinas de vapor más pequeñas.

I.- INFORMACION GENERAL.

El uso de turbinas de vapor se ha incrementado en los últimos años, debido en parte por el costo y la escasez de energía y por otro lado a la relación potencia/costo que favorece a la turbina de vapor sobre otros tipos de equipos para una gran mayoría de instalaciones.

Las principales ventajas de la turbina de vapor son, entre -- otras, las que se detallan a continuación:

- La turbina de vapor es básicamente un equipo de alta velocidad y puede accionar compresores sin necesidad de un incrementador de velocidad.
- Permite operación a velocidad fija o variable con rangos -- de operación de más de 10 a 1.
- Puede utilizarse en ambientes explosivos.
- La regulación de la turbina puede ser una función de la velocidad, flujo, presión, o temperatura de proceso.
- El vapor de escape puede ser utilizado en procesos de calefacción o para accionar otras turbinas de vapor más pequeñas.

Las ventajas de la turbina de vapor garantizan su uso en nuevas aplicaciones como son: la licuefacción de gas natural, la obtención de energía eléctrica por la incineración de desechos, aire acondicionado en grandes edificios, etc.

II. - TURBINAS INDUSTRIALES.

El hecho de que se disponga de un exceso de vapor de proceso - en muchas instalaciones industriales es la razón principal que dicta la utilización de turbinas de vapor en gran escala.

Las turbinas de vapor encuentran una extensa aplicación en la industria, ya sea para la generación de energía eléctrica o bien para accionar compresores, bombas, sopladores, etc., en muchos casos dependen de los requerimientos específicos de los procesos industriales. El calor producido o requerido por los procesos es usado algunas veces en adición para la obtención de energía mecánica.

En las siguientes industrias el consumo de vapor de proceso es suficientemente elevado, permitiéndoles cubrir parcial o totalmente su demanda de energía eléctrica, dichas industrias son: Las Industrias de Papel y Celulosa, Las Industrias Textiles, Los Ingenios Azucareros, Establecimientos de Productos Alimenticios.

Para la síntesis de amoníaco y metanol, en la producción de etileno y ácido nítrico y en la extracción de petróleo, grandes cantidades de gas son comprimidos a presiones extremadamente altas, en nuestros días esto es posible mediante turbo-compresores.

A continuación se detallan las características de algunos tipos de turbinas de vapor industriales de las marcas Siemens y Brown Boveri, se especifican también sus rangos de operación así como sus campos de aplicación.

EXPLICACION DE LOS TIPOS DE TURBINAS.

N= Presión normal sobre la carcasa exterior.

M= Presión media sobre la carcasa exterior.

H= Presión alta sobre la carcasa exterior.

E= Turbina con extracción.

G= Turbina a contrapresión.

K= Turbina a condensación.

W= Doble flujo.

RANGO DE TIPO N Y H .

Ambos tipos están basados en el principio de construcción seccional. La sección de admisión en la carcasa es idéntica tanto para las turbinas a contrapresión como para las turbinas a condensación, asimismo para las turbinas con extracción que son derivadas de aquellas. El tipo N es apropiado cuando las condiciones del vapor son 100 bares y a 510°C, para -- 140 bares y 540°C se recomienda el tipo H.

RANGO DE TIPO M Y W .

Separadamente estos tipos son ventajosos para el accionamiento de turbocompresores, la turbina a contrapresión con extracción son apropiadas en condiciones de 140 bares y a 540°C del vapor de entrada.

CAMPOS DE APLICACION.

Accionamiento de generadores.

Accionamiento de compresores en plantas de etileno.

Accionamiento de compresores en general.

Accionamiento de bombas de alimentación.

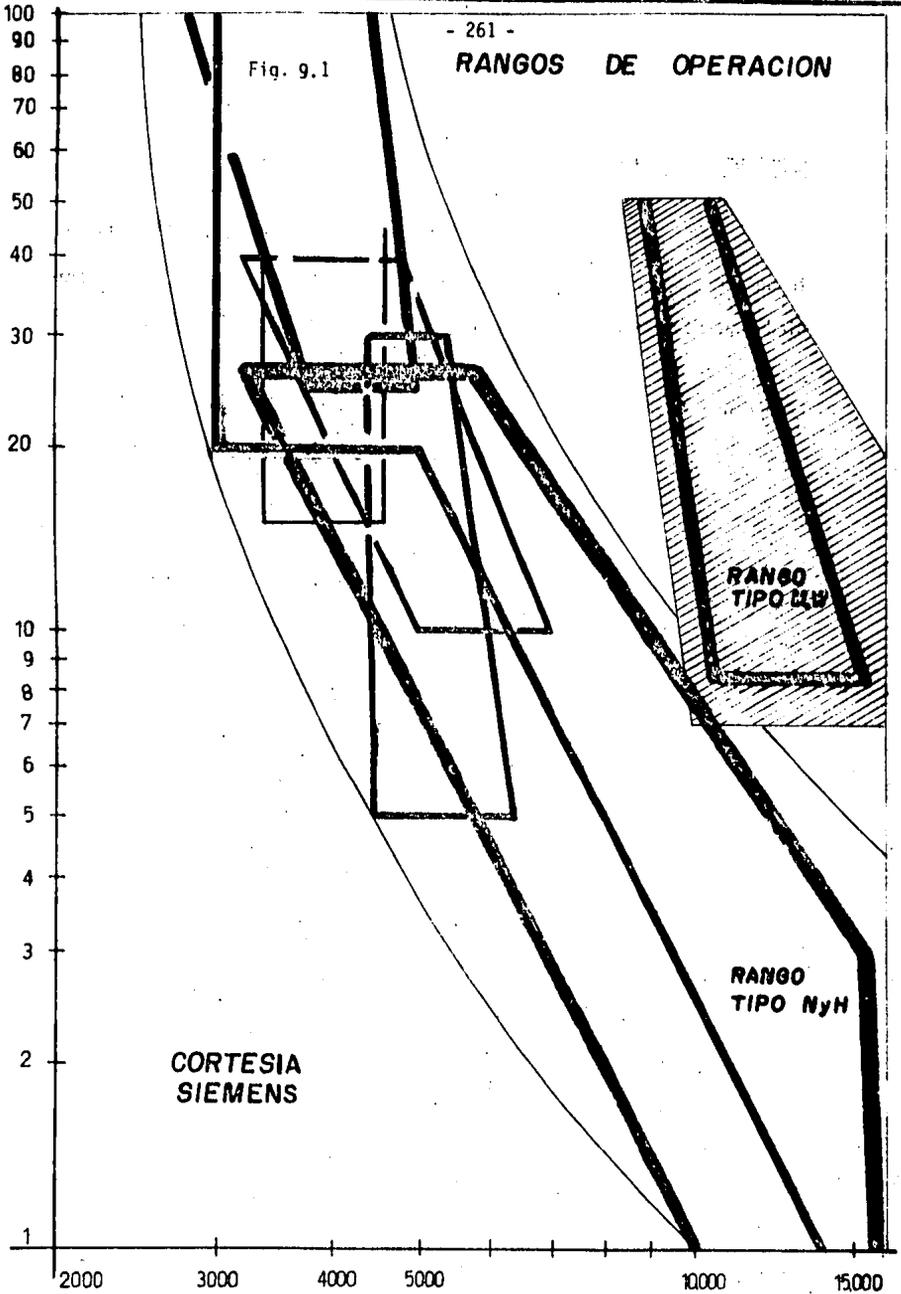
Accionamiento de compresores en plantas Lng.

Accionamiento de compresores para síntesis de gas.

Accionamiento de sopladores en altos hornos.

RANGOS DE OPERACION

Fig. 9.1



CORTESIA
SIEMENS

RANGO
TIPO NynH

RANGO
TIPO LTB

Fig. 9.2 CAMPOS DE APLICACION.



Accionamiento de generadores.



Accionamiento de compresores en plantas de etileno.



Accionamiento de compresores en general.



Accionamiento de bombas de alimentación.



Accionamiento de compresores en plantas L N G.



Accionamiento de compresores para síntesis de gas.



Accionamiento de sopladores en altos hornos.

Fig. 9.3

Turbina a contrapresión tipo HG.

Rango de potencia 1000 - 20 000 KW

Rango de velocidad 4000 - 16 000 rpm

Condiciones máximas del vapor inicial: 140 bar/540°C

Presión máxima de escape. 45 bar.

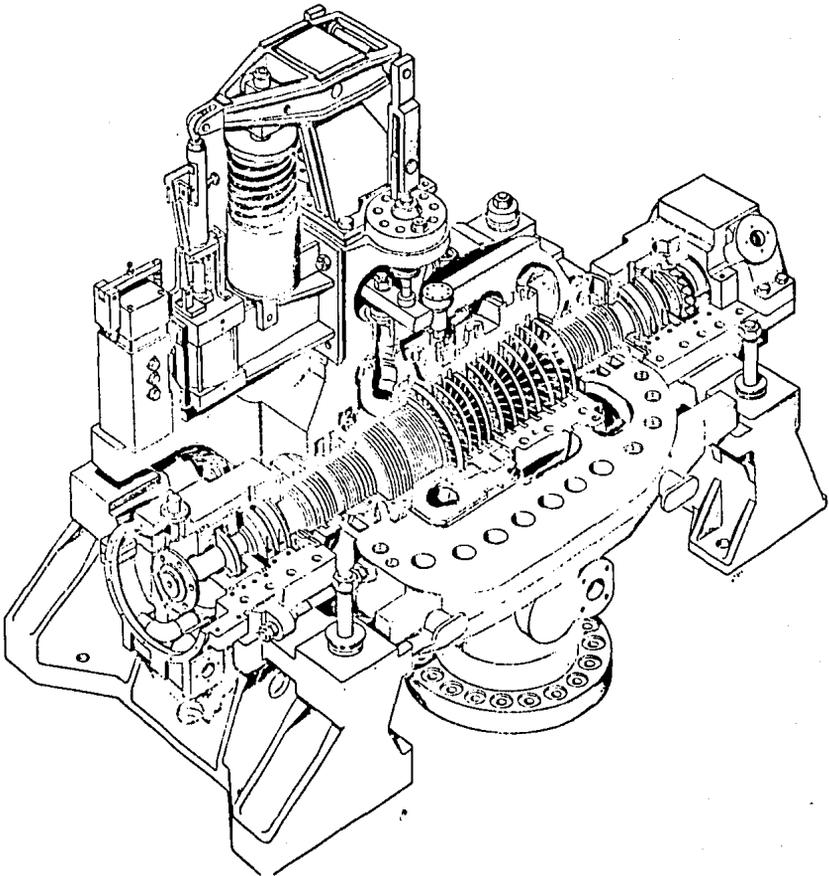


Fig. 9.4

Turbina a contrapresión tipo NG.

Rango de potencia 1 000 - 28 000 KW

Rango de velocidad 3 000 - 16 000 rpm

Condiciones máximas del vapor inicial: 100 bar/ 510°C

Presión máxima de escape 20 bar.

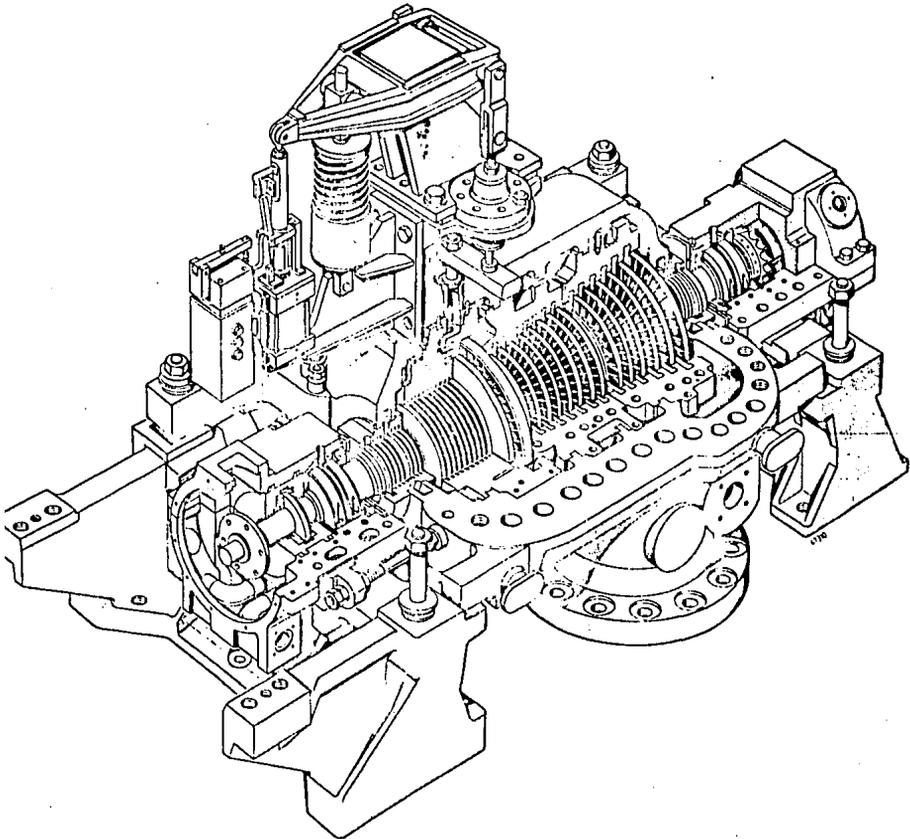


Fig. 9.5

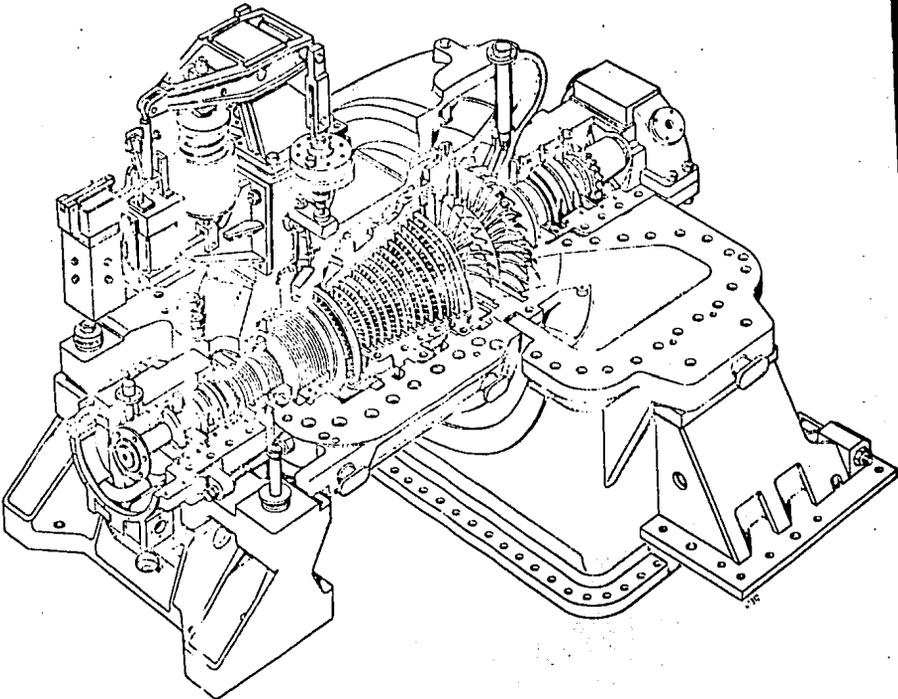
Turbina con condensador tipo NK

Rango de potencia 1 000 - 65 000 KW

Rango de velocidad 3 000 - 16 000 rpm

Condiciones máximas del vapor inicial: 100 bar/ 510°C

Presión de escape. vacío del condensador.



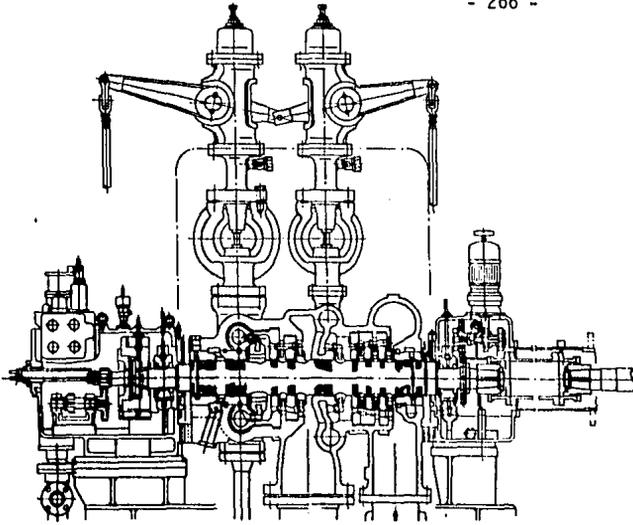
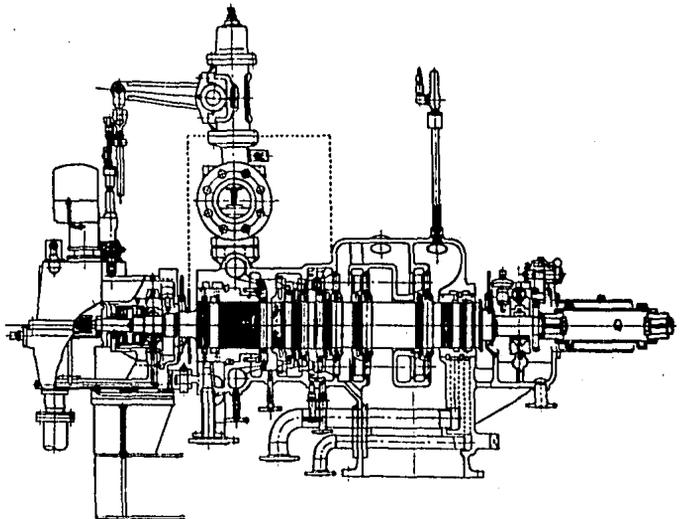


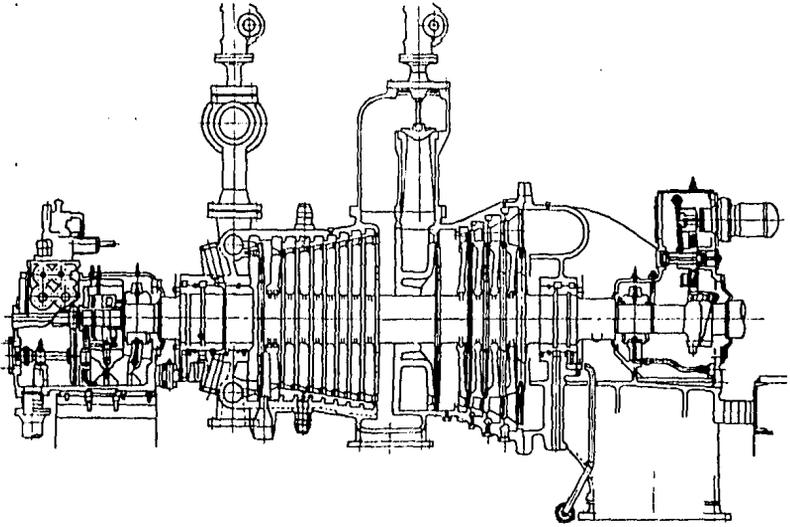
Fig. 9.6

Turbina a contrapresión
con extracción para ac-
cionar compresor de gas.

Fig. 9.7

Turbina con condensador
de doble flujo para ac-
cionar compresor.





.g. 9.8 turbina con condensador y extracción para accionar generador.

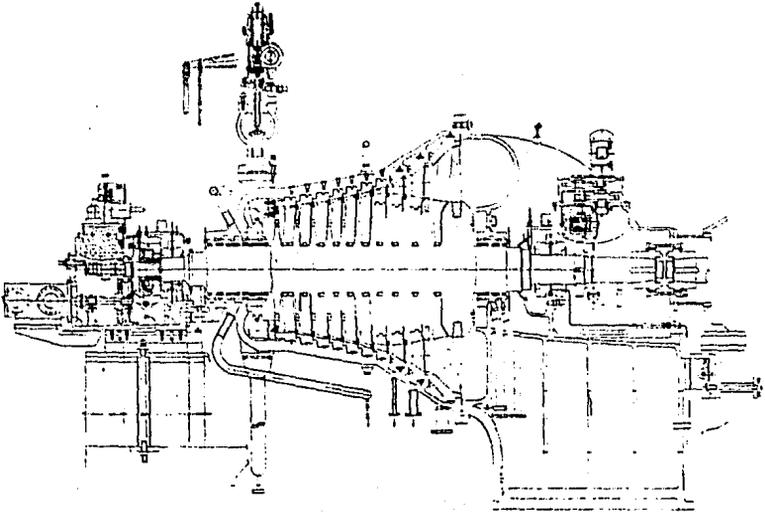


Fig. 9.9 Turbina con condensador, de flujo axial para accionar compresor.

III.- APLICACION DE LAS TURBINAS INDUSTRIALES EN MEXICO.

México se encuentra entre los primeros 15 países que cuentan con una planta industrial de gran tamaño, potencia mundial en producción y exportación de petróleo, posee una considerable industria petroquímica para procesar el petróleo y sus derivados.

Las Industrias Minera y Siderúrgica desempeñan una función importantísima dentro del desarrollo económico de México. Las Industrias Papelera, Azucarera, Cervecera, etc. todas ellas como ya se explicó en otro capítulo anterior, en pequeñas o grandes cantidades hacen uso de las turbinas industriales por razones que también ya han sido mencionadas.

Petróleos Mexicanos y La Comisión Federal de Electricidad son las compañías que más requieren de turbinas aunque en particular a la segunda le interesan las turbinas de vapor de potencias más allá del rango de las industriales.

En lo que respecta a PEMEX, de la información del censo de - turbinas con fecha del 30 de noviembre de 1983, se puede observar que casi el 60% del total de unidades corresponde al rango de potencia de 1-200 HP (ver - anexo 1). De estas unidades más del 65% corresponde exclusivamente a dos marcas que son: Coppus y Elliot (ver anexo 2).

La demanda estimada por PEMEX durante el quinquenio 84-88 de turbinas de vapor (ver anexo 3) a contrapresión hasta 400 HP. es de 308 unidades.

La CFE en su mayoría maneja turbinas de gran capacidad; pero existe un mercado potencial en las pequeñas turbomáquinas que utilizan en las termoeléctricas para accionar las bombas de alimentación de agua a las calderas, sistemas de lubricación y enfriamiento para turbinas muy grandes, pequeñas plantas de generación, sistemas duales de protección bombeo de combustible, etc.

Otro campo de gran relevancia en la aplicación de las turbinas industriales es el de los ingenios azucareros, el número de turbinas con capacidad menor a 1500 HP. instalados en los ingenios azucareros en 1976 de la siguiente manera (ver cuadro 1).

Dentro de la Industria Azucarera las turbinas se encuentran sujetas a largas temporadas de trabajo continuo (zafra) en los cuales no se les da mantenimiento ni reparación cuando lo requieren, sino hasta que termine la época. En este campo la reconstrucción de turbinas tiene preferencia a la adquisición de nuevas.

En la Industria Privada se incluyen todas las turbinas utilizadas en cualquier rama como pueden ser: Química, Papelera, Minera, Siderúrgica, Lechera, Comercial, Turística, etc., en donde se requieren los servicios de este tipo de máquinas, representa un porcentaje mínimo en la demanda de turbinas.

#	NOMBRE DEL INGENIO	ESTADO	No. DE TURBINAS
1	Central Progreso	Veracruz	6
2	Constancia	"	7
3	Cuatololapam	"	7
4	El Carmen	"	3
5	El Higo	"	4
6	El Modelo	"	5
7	El Potrero	"	12
8	Independencia	"	6
9	La Concepción	"	4
10	La Gloria	"	6
11	La Providencia	"	7
12	Mahuixtlán	"	3
13	Motzorango	"	5
14	San Cristobal	"	18
15	San Francisco Naranja	"	2
16	San Gabriel	"	5
17	San José de Abajo	"	5
18	San Miguelito	"	7
19	San Nicolás	"	4
20	San Pedro	"	10
21	Sapoapita-Pánuco	"	3-129
22	Bellavista	Jalisco	2
23	Estipac	"	-
24	Guadalupe	"	-
25	José Ma. Morelos	"	-
26	La Purísima	"	3
27	Melchor Ocampo	"	1
28	San Francisco Ameca	"	1
29	San José del Hule	"	-
30	Santiago	"	5
31	Tala	"	-
32	Tamasula	"	6-18
33	Lázaro Cárdenas	Michoacán	5
34	Pedernales	"	-
35	Purciarán	"	3
36	San Sebastián	"	5
37	Santa Clara	"	11-24
38	El Cora	Nayarit	2
39	El Molino	"	6
40	Puga	"	8-16
41	El Dorado	Sinaloa	11
42	La Primavera	"	-
43	Los Mochis	"	6
44	Rosales	"	4-21
45	El Mante	Tamaulipas	9
46	Xicoténcatl	"	5-14

#	NOMBRE DEL INGENIO	ESTADO	No. DE TURBINAS
47	Agua Buena	S.L.P.	1
48	Plan de Ayala	"	4-5
49	Adolfo López M.	Oaxaca	3
50	El Refugio	"	8
51	La Marganta	"	12
52	Santo Domingo	"	1-24
53	San Martín	Guerrero	-
54	Pujilic	Chiapas	-
55	Atencingo	Puebla	7
56	Calipam	"	2-9
57	Dos Patria	Tabasco	5
58	Hermenegildo Galeana	"	-
59	Nueva Zelândia	"	9
60	Santa Rosalía	"	5-19
61	La Joya	Campeche	7
62	Casasano	Morelos	6
63	Emiliano Zapata	"	7
64	Oacalco	"	6-10
65	Quesená	Colima	4
TOTAL			303 Turbinas

P E M E XCENSO DE TURBINAS DE VAPOR

30-NOV-83

RANGOS DE POTENCIA EN HP

	SIN RANGO	1-200	201-500	501-1000	1001-2000	2001-5000	5001-10000	10001-20000	20001-+
Total de Unidades por rangos de potencia	57	647	148	88	55	52	18	27	2
% Participación por rangos de potencia	5.20	59.03	13.50	8.02	5.01	4.74	1.64	2.46	0.18

P E M E X

CENSO DE TURBINAS DE VAPOR

22-SEP-83

POR MARCA Y MODELO

MARCA	No. DE UNIDADES	PARTICIPACION DE LA MARCA EN EL TOTAL (%)
COPPUS	165	23.40
ELLIOT	299	42.41
OTROS	241	34.19

P E M E XDEMANDA DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS Y MATERIALES PARA LOS PROYECTOS
MAS IMPORTANTES DE PEMEX

1984-1988

T U R B I N A S D E V A P O R

IDENTIFICACION	POTENCIA HP.	PRESION ENTRADA PSIG.	1984	1985	1986	1987	1988	T O T A L
A CONTRAPRESION	Hasta 500	275	223	61	16	8	-	308
A CONTRAPRESION	De 501 a 2000	275	-	9	2	4	-	15
A CONTRAPRESION	De 501 a 2000	600	40	15	5	4	-	64
A CONDENSACION	De 2001 a 10000	600	14	9	3	2	-	28
A CONDENSACION	De 1001 ó más	600	4	8	3	3	-	18

IV.- FABRICACION DE TURBINAS INDUSTRIALES EN MEXICO.

Existen 4 fábricas de turbinas industriales en México que son:

Terry - Ingersoll Rand.

Elliot - Túrlica.

Wortington - Turbodyne.

Turalmex.

Las tres primeras fábricas que se han mencionado se han negado a proporcionar información sobre sus operaciones y estado actual, mientras no se tenga conocimiento real de cada una de ellas, se considerarán como fábricas pantalla como tantas otras existentes en el país.

Turalmex+ es una fábrica que se encuentra en una etapa de desarrollo y dentro de sus planes de producción se contempla la fabricación de estos equipos.

Esta empresa por su situación geográfica y por sus características específicas para la fabricación de turbinas representa un proyecto estratégico de gran importancia.

Habrá que analizar y cuestionar cada una de las otras fábricas para conocer qué tipo de productos y cuáles capacidades podrá proporcionar cada una de ellas. Esto es para evitar que dos o más fábricas realicen el mismo producto.

+se tratará con más detalle en otro capítulo.

TURALMEX podrá suministrar turbinas de potencia del rango - de 250 HP que se utilizan ampliamente en refinerías y plantas petroquímicas. Las turbinas de accionamiento mecánico de mayor capacidad o de características especiales como son: alta velocidad, a condensación, etc. que se usan - para accionar compresores de alta velocidad que también podrían ser suministradas por TURALMEX.

En el cuadro número 2 se muestra el programa estimado de fabricación de turbinas en TURALMEX durante el período 1984-91, esto considerando que el proyecto de fabricación se llevara a cabo.

T U R A L M E X

(84-91)

TURBINAS DE VAPOR (Unidades)

ETAPA	PERIODO	250 HP	HASTA 5 MW	3-100 MW	100-200 MW	T O T A L
1	84-85	6	2	-	-	8
2	86-87	80	7	24	2	113
3	88-89	50	16	32	10	108
4	90-91	70	25	42	16	153

V. PERSPECTIVAS DE EXPORTACION.

El campo más atractivo para la exportación de turbinas de -
manufactura mexicana es Centroamérica y parte de América del Sur. Por ejem-
plo Cuba por su enorme Industria Azucarera debe demandar numerosos equipos
de turbomáquinas, Venezuela que es junto con México líder en producción de
petróleo, representa un mercado muy interesante para comerciar estos equi-
pos mexicanos.

Teniendo un precio competitivo y una calidad confiable, Mé-
xico podría incursionar en un área más extensa de América del Sur.

VI.- CONCLUSIONES

La fabricación de turbinas en México es una necesidad - cuya satisfacción es impostergable por razones que ya han sido expuestas.

En el cuadro No. 3, se puede observar el monto de las importaciones en moneda nacional en el periodo 70-76, debido a la adquisición de turbinas de vapor y de sus refacciones y de turbina de gas. No cabe duda que en este renglón México ha tenido que sacrificar gran parte de sus divisas.

Para apoyar la sustitución de importaciones y evitar la fuga de divisas, se deben dar incentivos y apoyo total a las empresas que -- trabajan por esta causa.

AÑO	IMPORTACION DE TURBINAS DE VAPOR		IMPORTACION DE PARTES PARA TURBINAS DE VAPOR		IMPORTACION DE TURBINAS DE GAS	
	KG. (BRUTO)	\$(M.N.)	KG. (BRUTO)	\$(M.N.)	KG. (BRUTO)	\$(M.N.)
1970	273493	16353488	37540	4795938	1397895	89249955
1971	284744	9684480	8549	3492725	722958	111001029
1972	2244881	103699511	196921	5332999	384430	28468156
1973	1470205	112755253	1853122	70388223	857630	73181602
1974	929385	110065538	1248085	86162042	763168	156364907
1975	1778093	97490586	136830	27090677	53276	36869530
1976	721617	61588940	495218	141885934	-	-

CAPITULO X

TURBINAS GEOTERMICAS

CAPITULO X

TURBINAS GEOTERMICAS

- I. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LAS TURBINAS GEOTERMICAS.
- II. PLANTAS GEOTERMICAS MEXICANAS.
- III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE TURBINAS GEOTERMICAS EN MEXICO.

I. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LAS TURBINAS GEOTERMICAS.

La turbina geotérmica es aquella turbina de vapor que funciona a partir de vapor geotérmico y no sintético como el producido por una caldera, el vapor geotérmico es una gama de disposiciones naturales de energía térmica: emanaciones calientes, geysers, fumarolas o manifestaciones volcánicas adecuadas.

El origen de las turbinas geotérmicas radica en el surgimiento de las plantas geotérmicas, cuando se planteó el proyecto de utilizar los chorros naturales de vapor para una planta generadora de energía eléctrica a imagen y semejanza de una planta termoeléctrica. Esta nueva planta llamada geotérmica es considerada en la actualidad como una de las alternativas de generación de energía: es la más importante de las llamadas "energías alternativas" por sus resultados ya significativos.

Un concepto general de diseño para las turbinas geotérmicas se tendría en plenitud si se pudiera estandarizar o clasificar cuantitativamente los componentes y características físicas y químicas del vapor que va a manejar, sin embargo hasta la fecha no se ha logrado tal tabulación y el diseño se torna hoy en día casi particular a cada caso. El vapor de origen profundo contiene gases corrosivos e impurezas tales como el sílice, cloruros y polvo que incluye herrumbre y moho en todos los casos; el tipo específico de vapor dará en cada caso las pautas de diseño no sólo en su fase de selección de materiales sino también en el detalle estructural -

de los elementos rotatorios de la turbina,

Para mantener la factibilidad en términos de operación a largo plazo, el principal parámetro es la reducción de impurezas en el vapor geotérmico por medio de un excelente sistema colector, y después la importante particularidad de ser un diseño de fácil desmontaje parcial para facilitar la labor de inspección frecuente.

La configuración de las turbinas de vapor se decide según su aplicación y capacidad en términos de presión manejada y la capacidad de condensación y potencia. Generalmente se adoptan unidades de un sólo flujo para turbinas menores a los 25 Mw, y de uno o dos flujos para aquellas que varían entre 30 y 75 Mw. Para los casos de mayor potencia: mayores a los 150 Mw, se utilizan unidades de flujos varios o en tándem.

La presión del vapor en el campo geotérmico será del rango de 2 a 10 Kg/cm², con lo cual se tiene un volumen específico del vapor vivo grande y la caída del calor en la turbina es pequeña, lo cual conduce a esperar una gran cantidad de gasto de vapor a través de la turbina. Por esta razón las válvulas y la estructura en sí de la turbina es de mayor tamaño a semejanza de las turbinas de vapor para centrales termoeléctricas que manejan presiones bajas que en la mejor de las comparaciones tendrá 3 veces más capacidad, es decir una turbina geotérmica de 55 Mw es casi igual que una turbina convencional de 150 Mw.

ARREGLO DE LA TUBERIA DE ENTRADA. Se debe de adoptar una línea de admisión de vapor dual para mantener la seguridad de operación en un caso de emergencia, así las válvulas quedan libres para su prueba en las líneas del va

por de entrada inclusive en los momentos de carga completa. Es conveniente mantener la operación de la turbina al nivel de piso, por esto las bocas o entradas de la tubercia a la carcasa deberán ser situadas en su parte inferior. En el caso de una turbina de presiones mixtas, también se sitúan las bocas de entrada en la parte inferior, estas bocas deberán colocarse lado a lado a lo largo de la dirección axial indistintamente. Las cámaras de vapor primario y secundario se separan por medio de placas, así el vapor primario es admitido en la primera etapa de las toberas en la parte media de la turbina y el vapor secundario es conducido a los puntos de admisión flujo abajo de los álabes.

CARCASA. Las carcasas son en su mayoría construcciones soldadas de placa de acero, la parte superior se puede dividir de la inferior en un flanco horizontal central. Los diafragmas reelevadores se instalan en la parte superior de la carcasa alta y en una primera fase se practican orificios a esta parte de la carcasa para poder realizar la inspección de mantenimiento. Las carcasas son la parte más voluminosa de la turbina, de ahí que su diseño deba tomar en consideración el problema del transporte terrestre, algunas veces es necesario dividirla en dos o hasta tres partes en la dirección axial. Las carcasas tienen dos tipos principales de paredes: dobles o simples. La carcasa de pared simple ha sido adoptada en los modelos recientes.

ROTOR Y ALABES. El rotor tiene construcción sólida, las características

del material del rotor son muy importantes y debe ser tal que mantenga su calidad de resistencia a la fractura en servicio a bajas temperaturas así como sus propiedades de resistencia a la corrosión y a la erosión. Los álabes deben ser robustos debido a que el vapor geotérmico puede reducir la resistencia del material a la mitad de su valor, por lo tanto los álabes seleccionados deben ser sobredimensionados y también es conveniente propiciar cambios sintéticos en las condiciones operativas: cambios de presión y de régimen de flujo, artificios que son muy útiles especialmente en el caso en la turbina de presión doble.

MATERIALES. El vapor geotérmico llega directamente a la turbina, su material está directamente afectado por los gases corrosivos contenidos en los fluidos geotérmicos. Las medidas a tomar en contra de la posible corrosión es uno de los problemas mayores del diseño en general, el grado de corrosión varía con gran medida en función de la composición química y esta a su vez varía de acuerdo a la área geotérmica y en algunos casos de pozo a pozo.

En la tabla de la página siguiente se hace un resumen de los principales materiales utilizados en una planta de vapor geotérmico.

MATERIALES PARA UNA TURBINA GEOTERMICA.

Material	Esp.	Partes en que se utiliza	fluido en contacto
Acero rolado para estructura en gral	ASTM A6-68a BS 1449-62	Silenciadores, tuberías de vapor receptor, salida de la carcasa Ducto de salida, condensador a chorro. Trampas de vapor para los extractores de gas. Estanque de rocío para la torre de enfriamiento, enfriadores de aceite.	Vapor Vapor Gas Agua y aceite
Acero rolado para estructuras soldadas.	ASTM A242-68 BS 4360-68	Coraza de separadores de vapor y de la bola de las válvulas check Tanques de separación de agua caliente y de drenaje.	Vapor Agua caliente
Fundición gris	ASTM A48-64 No. 30B o 35B BS 1452-61 Grado 12 o 17	Entrada a la carcasa y diafragmas de la turbina. Extractores de gas Carcasas de bombas de agua caliente y fría, tuberías principales para agua.	Vapor Gas Agua
Fundiciones de acero al carbón	ASTM A27-65 N-2 BS 592A-67	Válvulas de compuerta y de seguridad para la línea de vapor. (con partes de acero inoxidable)	vapor

Material	Esp.	Partes en que se utiliza	fluido en contacto
Tuberías de acero al -- carbono	ASTM A120-68a BS 1387-67 ASTM A53-68 GrA BS 3601-62 HES22	Tuberías de vapor. Tuberías de agua caliente. Extracciones de gas y tuberías de descarga. Tubería barométrica para el condensador a chorro.	Vapor Agua caliente Gas Vapor y agua
Acero bajo CrMo	-	Rotor.	Vapor
Acero inoxidable.	ASTM 403 BS En56B ASTM 304 BS En58E	Toberas, álabes, collarín de aletas, filtro para el vapor principal. Balines de las válvulas --- check, juntas de expansión, elementos del separador y receptor del vapor. Cuñas para válvula de extractores de gas. Atomizadores para el condensador a chorro, flechas de bombas de agua caliente y fría, tubería de agua fría auxiliar en enfriadores de aceite.	Vapor Gas Agua

Material	Esp.	Partes en que se utiliza	fluido en contacto
Fundiciones de acero -- inoxidable.	ASTM A296-68 CA40 BS 1630B	Impulsores de las bombas de agua fría y caliente.	Agua
Aleación de anticorrosiva de aluminio.	ASTM B211 Aleación 5052	Impulsores del ventilador de la torre de enriamiento.	Aire húmedo

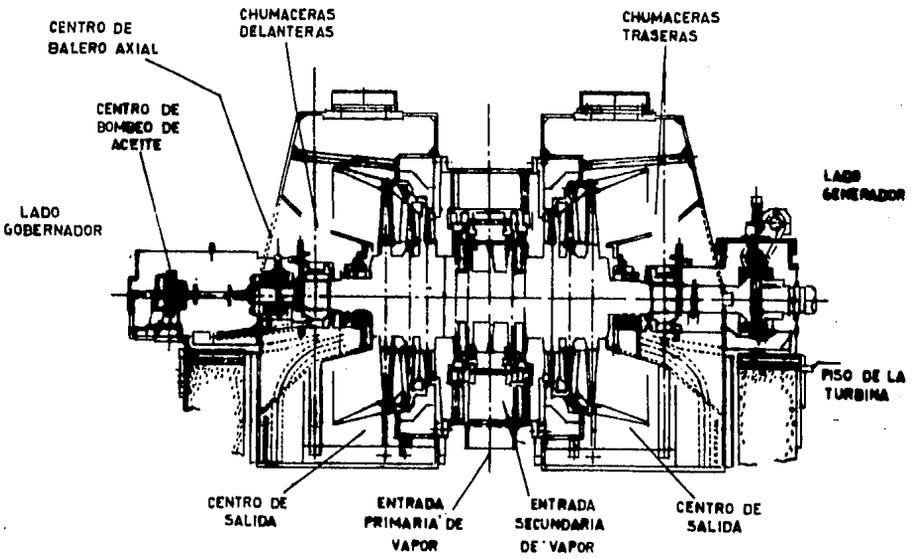


Figura 10.1. Sección de una turbina de doble flujo, presión mixta.

II. PLANTAS GEOTERMICAS MEXICANAS.

PROYECTO GEOTERMoeLECTRICO " LOS HUMEROS ". En la zona de intersección del Eje Neovolcánico con la Sierra Madre Oriental, se encuentra localizada una estructura volcánica denominada caldera de colapso; existiendo dentro de ésta, perspectivas geotérmicas favorables que han sido exploradas preliminar y detalladamente.

Actualmente se realiza la exploración directa, que ha dado como resultado, 3 pozos productores, el primero de mezcla agua-vapor y los demás de vapor seco.

En el límite central del estado de Puebla, colindante con el de Veracruz, ahí se localizan las zonas geotérmicas de Los Húmeros - Derumbadas, geológicamente situadas en las estribaciones del límite oriental del Eje Neovolcánico transmexicano que está en intersección con la porción sur de la Sierra Madre Oriental. El valle pertenece a la cuenca de Lumbres y Oriental, contando con una elevación de 2,406 m.s.n.m. Geográficamente está limitado por las siguientes coordenadas: 97°30' latitud norte y de 19°15' a 19°45' longitud oeste.

El campo geotérmico de Los Húmeros está ubicado en una estructura geológica denominada Caldera de Hundimiento, superficialmente se encuentra cubierta en su mayor parte por material pumítico, producto de las series de explosiones ígneas a las que estuvo sometida esta estructura. En base a la serie de estudios preliminares, así como la aplicación de métodos directos se ha determinado la siguiente columna litoestratigráfica, procediendo de las rocas más antiguas a las más recientes:

Caliza arcillosa
Andesita microlítica
Ignimbrita félsica
Riolita fluidal
Vitrófido pumicítico.

El programa de exploración en la cuenca de Libres y Oriental, tuvo como objetivo evaluar y definir dos áreas, anómalas térmicamente localizadas en la zona de Los Húmeros - Derrumbadas, Puebla.

El programa se llevó a cabo en base a la aplicación de métodos indirectos, tales como levantamientos geológicos, geofísicos y geoquímicos.

Los fondos se perforan con equipos que tienen capacidad -- hasta de 3,000 m de profundidad, en diámetros que van de 26" a 8.5" y utilizando tuberías de revestimiento de 20" a 7" de diámetro. En el transcurso de la perforación se utilizan lodos de perforación y agua, se miden las temperaturas de entrada y salida y se recolectan muestras de las formaciones a lo largo del pozo.

La determinación del potencial de los pozos se hace mediante la variación de la presión de descarga, lo cual se logra haciendo una serie de cambios de orificio de diferentes diámetros, en el sentido de menor a mayor y viceversa; con dicha evaluación se obtendrá la calidad y la cantidad de los fluidos que el pozo descargue.

El campo de Los Húmeros representa un campo geotérmico de mezcla agua-vapor y vapor sobrecalentado; los pozos perforados producen en la serie volcánica denominada La Caldera que tiene alta presión y tempera-

tura.

La salmuera producida por los pozos es de tipo bicarbonata da - sódica en donde destacan sustancias como sílice, potasio, cloruros, - sulfatos, calcio, en bajos rangos de concentración; por lo que quizás esta agua se pudiera desechar al medio ambiente y utilizarla en el sistema de riego o se inyecte al subsuelo mediante pozos perforados para este fin.

Actualmente en el campo geotérmico de Los Húmeros Puebla - han sido perforados los pozos Húmeros I, Húmeros II y Húmeros IV, el prime ro se calcula produce aproximadamente 60 ton/hr de vapor, y los pozos H-2 y H-4 están siendo actualmente evaluados. Los resultados alentadores obte nidos en estas exploraciones, permiten planear la posible construcción de unidades de generación a boca de pozo de 5 Mw y posteriormente unidades de mayor capacidad dado que se considera que la actual zona de producción tie ne un mínimo de 15 Km².

PROYECTO GEOTERMoelectRICO " LOS AZUFRES ". Está ubicado en el estado de - Michoacán, a 18 Km al norte de Ciudad Hidalgo. Los primeros reconocimien- tos se iniciaron en 1972 y fue hasta 1975 cuando se realizaron, con mayor detalle, estudios de exploración geotérmica, basados en geología superfi- cial, geofísica y geoquímica.

Otro importante objetivo de los estudios efectuados, fue - definir el comportamiento estructural existente en la región y la relación que guarda con las zonas productoras. Se consideró importante determinar - la distribución y ocurrencia de los minerales, producto de la alteración - hidrotérmica.

El campo geotérmico de Los Azufres está ubicado en la provincia del Eje Neovolcánico y la subprovincia vulcanológica de estado de Michoacán al sureste de la Ciudad de Morelia. Geográficamente está limitado por las siguientes coordenadas: 100°33' de longitud oeste y 19°50'15" de latitud norte.

Su clima está clasificado como semiseco; en primavera es seco, y en invierno seco y benigno con lluvias. Las temperaturas que se presentan en el área son de 30 °C como máxima y en invierno se presentan temperaturas inferiores a 0 °C.

Con los estudios geológicos y geofísicos efectuados en la estructura se ha determinado la secuencia litológica descrita a continuación y en la cual se señala desde las más antiguas hasta las más recientes rocas.

Andesita microlítica
Riolita fluidal
Andesita porfídica
Riolita vítrea pumicítica
Tobas
Basalto
Suelos y aluvión.

En el campo geotérmico de Los Azufres, se emplean métodos de exploración geofísicos y geoquímicos. A través de las técnicas geofísicas se obtiene información cualitativa y cuantitativa sobre la naturaleza y Geometría de la zona de estudio. Su aplicación se enfoca a: determinar las condiciones geológico estructurales regionales y particulares del área en -

donde están los recursos geotérmicos, y a localizar y delimitar anomalías térmicas.

La perforación se realiza con equipos que tienen una capacidad para 4,000 m de profundidad. En el transcurso de la perforación se mide la temperatura de lodos, tanto a la entrada como a la salida; estas mediciones de temperatura se hacen primero en las presas de lodo y posteriormente en la temblorina.

Los Azufres es un campo geotérmico, cuya producción principalmente es mezcla agua-vapor; sin embargo algunas zonas denominadas casquetes, producen solamente vapor saturado y sobrecalentado.

Las técnicas empleadas para aligerar la columna relativa de la inducción de los pozos geotérmicos, son las mismas que se utilizan en el campo de Cerro Prieto. En base a los excelentes resultados obtenidos en las exploraciones realizadas en Los Azufres Michoacán, en agosto de 1982 quedaron instaladas 5 unidades turbogeneradoras a boca de pozo, con una capacidad nominal de 25,000 Kw. Los datos de la central en operación en sus unidades 1, 2, 3, 4 y 5 se listan a continuación.

Capacidad nominal instalada	25	Mw
Turbogeneradores	5	
Capacidad nominal por turbogenerador	5	Mw
Tipo de turbina: 1 cilindro horizontal con 5 etapas de impulso sin condensador de contrapresión.		
Velocidades turbogeneradores	3,600	rpm
Presión absoluta de admisión	8	bar
Presión de salida	0.73	bar

Temperatura vapor de admisión	170	°C
Temperatura vapor a la descarga	92	°C
Consumo de vapor	59,130	Kg/h
Peso total por unidad	64,000	Kg

De acuerdo a los estudios de ingeniería de yacimiento, se considera que para 1988 es factible la construcción de dos centrales con -- una capacidad cada una de 55 Mw, por lo que para ese año se podrá contar -- con una capacidad instalada de 110 Mw.

PROGRAMA DE OBRAS

AZUFRES I

UNIDAD	MW	FECHA
1a. unidad	55	abril 1988
2a. unidad	55	agosto 1988

AZUFRES II

3a. unidad	55	1990
4a. unidad	55	1990

Capacidad programada para 1990 220 Mw.

PROYECTO GEOTERMOELECTRICO "CERRO PRIETO". A partir de 1973, inició su operación la primera planta geotermoeléctrica de Cerro Prieto a 30 Km de la Ciudad de Mexicali en el Estado de Baja California Norte, iniciando con -- una generación de 75 Mw con dos unidades de 37.5 Mw; en 1979 entraron en funcionamiento dos unidades más de igual capacidad duplicando la capacidad y fue hasta el año de 1981 en que se activó una quinta unidad para sumar -- una generación de 180 Mw.

En 1982 se sumaron las 5 unidades de 5 Mw de Los Azufres que en suma constituyen los 205 Mw que actualmente se generan en México a partir de la Geotermia.

En el campo de Cerro Prieto se da lo más importante de la investigación geotérmica en México ya que además se practica la extracción de KCl y LiCl a partir de la evaporación solar, así como importantes actividades de investigación por parte del IIE con su Laboratorio de Mecánica de Fluidos.

El proyecto de Cerro Prieto espera una factibilidad de ampliación en su capacidad generadora que de un abasto de 400 Mw.

III. PERSPECTIVAS PARA LA FABRICACION DE TURBINAS GEOTERMICAS EN MEXICO

Japón es uno de los países con mayores recursos geotérmicos en el mundo, sus compañías Mitsubishi y Toshiba se encuentran hoy en día a la vanguardia del desarrollo tecnológico de proyectos geotérmicos a nivel mundial.

La estrategia de fabricación de turbomaquinaria en México amplió sus miras a las turbinas geotérmicas que están consideradas en segundo plano de prioridad después de las hidráulicas. El primer paso lo ha dado la CFE en coordinación con el IIE quien seleccionaría la tecnología adecuada para implementarla en las fábricas nacionales; el resultado fue la selección de la tecnología Toshiba para las turbinas portátiles de 5 Mw aceptada por la CFE.

En diciembre de 1984 se llamará a concursar y se prevee formar una integración nacional aceptable en su fabricación con las cotizaciones que presenten las compañías VEKTRON, TURBODYNE, TEISA/TURALMEX, CLEMEX y MEGATEK.

Este programa representa un interesante pronóstico para la fabricación nacional de turbomáquinas a pesar de que se tratan de turbinas pequeñas que no dan gran significado al abastecimiento de energía pero que ya tienen una demanda real en los pozos geotérmicos ya explorados y podrían mostrar la capacidad de interacción que ya tienen potencialmente varias plantas de fabricación ya instaladas.

CONCLUSIONES

A continuación se propondrán las soluciones posibles a la problemática actual de la fabricación de turbomaquinaria en México. Para lo cual se especificarán alternativas particulares para las principales empresas vinculadas con este ramo.

Estas alternativas estarán basadas en un análisis global de la interrelación que guardan estas empresas en una estrategia general acorde a las posibilidades actuales.

PEMEX y CFE desempeñan un papel primordial en la sobrevivencia de estas empresas, por lo que es necesario hacer un análisis de la situación actual de estas dos empresas para lograr una integración en las condiciones -- más favorables de oferta y demanda. Posteriormente, como ya hemos señalado, -- trataremos en particular a las principales empresas que intervienen en la estrategia general para la producción de turbomaquinaria en nuestro país.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

La situación económica de CFE es crítica: en 1983, los ingresos fueron con cargo a operación, se pagaron 197,500 millones de pesos, superior en más de 70,000 millones a los ingresos. La CFE hizo pagos en 1983 por 301,480 millones de pesos en gastos de operación. De éstos, 60.510 millones se destinaron a salarios o "servicios de personal". La adquisición de bienes ascendió a - 38,326 millones y por impuestos y derechos se erogó 4,575 millones. En otras -- erogaciones se gastaron 3,569 millones.

Todo lo anterior da un total de 301,481 millones. A esta cifra se agrega la operación de programas de inversiones por 138,651 millones de pesos lo que da en conjunto un total en forma aproximada, de más de 440,000 millones de pesos.

Los ingresos por venta de energía eléctrica fueron mucho menores

que los gastos de operación. Lo que arrojó una pérdida de aproximadamente -- 40,000 millones de pesos en el citado año. Además de las acumuladas en ejercicios anteriores, por lo que la CFE se ha encontrado en la imposibilidad de prestar el servicio público con recursos propios y en la necesidad de solicitar el apoyo financiero del gobierno federal.

Es necesario señalar que los recursos del sector eléctrico -- provienen de tres fuentes: los ingresos propios, que representan el 35% del ingreso total; las aportaciones del gobierno federal (vía subsidio, debido a la diferencia entre costo y precio y vía aportaciones de capital para el programa de inversiones) que en este año serán de 307,800 millones de pesos equivalentes al 45% y los financiamientos internos y externos.

Además debemos mencionar que la deuda externa de la empresa -- asciende a 10,000 millones de dólares que representan el 11% de la deuda total del país.

Entre los principales problemas que causan este estado se encuentran los siguientes:

- La diferencia entre el costo real de la electricidad y su precio.
- La baja eficiencia y el alto costo de operación de las -- centrales termoeléctricas.
- Altos gastos en salarios.

CFE realizó un estudio comparativo de las tarifas de energía eléctrica vigentes en México, al 1o de marzo de 1982, con las existentes en otros países de Latinoamérica y algunas ciudades del Sur de los Estados Unidos, en este estudio se analizaron un total de 20 empresas; con lo cual se -- puede afirmar que las tarifas que se aplican en México son casi las más baratas a pesar de tomar lugar el estudio en un tipo de cambio de \$40.15 por dólar; si se toma en cuenta la devaluación deslizando del peso mexicano después del 1o de marzo de 1982, la diferencia de las tarifas mexicanas con respecto

a las de empresas homólogas se ha incrementado,

Este bajo precio de la energía trae consigo varios problemas:

Tiene gran influencia en la elección de tecnología de los usuarios ya que éstos seleccionarán su maquinaria sin dar primacía al factor - eficiencia en consumo de energía.

Un estudio del FMI citado por la revista "The economist" (diciembre de 1981) en el que se muestra la relación entre el precio de la energía y la intensidad productiva, viene a confirmar lo anteriormente expuesto; ahí puede verse que los países que tienen un precio de la energía barato son los que requieren de más energía por unidad de producto interno bruto; por el contrario, países con costos de la energía elevados, tienen un coeficiente de energía del orden de los países con precios bajos de la energía.

En pocas palabras: el bajo precio provoca un uso irracional, es decir, un despilfarro de energía eléctrica. Este gran desperdicio provoca una gran demanda, lo que ocasiona que todas las plantas tengan que estar en - operación en forma casi continua por lo que no es posible contar con una capacidad de reserva provocando que sea muy difícil dar un mantenimiento adecuado a dichas plantas.

Estas difíciles condiciones operativas obligan a mantener toda la generación térmica operando a su máximo régimen, ocasionando muy altos gastos de combustible además de seguidas indisponibilidades por fallas termo-eléctricas que en 1980 fueron del orden de 399Mw.

Es indiscutible que un porcentaje muy alto de los gastos anuales de operación de una central se destina a la ejecución de su mantenimiento a fin de tratar de maximizar: su disponibilidad, su confiabilidad, su eficiencia, su vida útil y la economía en la utilización del sistema.

Reconociendo que en un sistema del tamaño del nuestro, esos gastos alcanzan magnitudes del orden de los miles de millones de pesos en un año, la indisponibilidad debido a la ejecución del mantenimiento (preventivo y correctivo), implica un muy alto costo adicional de operación que se puede explicar como sigue: se hace necesario el operar el sistema manteniendo la ge

neración térmica disponible a su máximo régimen, incluyendo la generación en centrales turbo-jet y turbo-gas muy por encima de sus condiciones económicas de operación. No obstante, la indisponibilidad total ha venido en aumento año con año, de 1979 a 1980 tuvo un incremento del 22%, mientras que el aumento de la generación y capacidad correspondiente fue de solamente 10.6% y 9.7% -- respectivamente. Estos datos deben dar la pauta para enfrentar con mayor decisión el problema de aumentar la disponibilidad de las unidades generadoras,

Algunos de los efectos nocivos que produce la excesiva indisponibilidad por salidas forzadas de las unidades en la operación del sistema son:

- Altos gastos de operación (la generación indisponible - tiene que sustituirse a costo marginal del kwh).

- Pérdida de seguridad en la operación de corto plazo (picos y transmisiones críticas).

- Pérdida de reservas de energía en vasos para afrontar otras contingencias mayores; años secos, retrasos en la entrada de unidades, - etc.

- Distrae la planeación de los mantenimientos programados.

- En la CFE el sobreempleo, los excesivos salarios y las -- cuantiosas prestaciones al personal tienen un monto elevadísimo. Para tener una idea de la diferencia existente entre un obrero común y un trabajador electricista, podemos mencionar que mientras el primero gana 680 pesos diarios el electricista gana en promedio más de 100,000 pesos mensuales además de recibir el 16% de ayuda de renta 22% de fondo de ahorro, 10.54% por prima vacacional, obsequio de 250 kwh para uso domiciliario y si el consumo es mayor, - se le cobra la tarifa mínima.

Aunado a lo anterior, la mayoría de las decisiones políticas que se han tomado en el historial de las CFE no han sido acordes con las prioridades reales; tal es el caso de la energización de poblaciones remotas sin productividad alguna y la desatención de zonas económicamente importantes.

Estos problemas provocan que CFE no pueda operar con eficiencia ni con recursos propios. Teniendo la necesidad de ayuda del Gobierno Fedu

ral. Esta es una de las causas por la que CFE obtenga la mayoría de sus equipos necesarios para la generación y distribución de energía eléctrica, con -- financiamiento interno o externo. Si el crédito proviene del BID, éste exige que se convoque un concurso de carácter internacional. Los países que pueden suministrar estos equipos tienen un excedente de dinero por lo que hacen una competencia desleal disminuyendo el precio real del producto con el objeto de proporcionar trabajo a sus habitantes o con alguna otra mira estratégica de - semejante índole.

Por todo lo anterior es indispensable y urgente adoptar medidas colectivas principalmente en el campo financiero, administrativo y técnico de la CFE, que conduzcan a una mayor productividad y rendimiento para reducir pérdidas y subsidio del Gobierno Federal, todo esto con el único objetivo de lograr una compañía capaz de obtener sus equipos con recursos propios.

Entre las medidas colectivas posibles se proponen las siguientes:

- Es necesario un aumento en las tarifas de energía eléctrica para disminuir la diferencia entre el costo y precio evitando así el despilfarro de un recurso tan preciado. Uno de los argumentos que se mencionan en contra del alza de precio de la energía eléctrica consta de señalarla como una medida inflacionaria. Dada la tasa de inflación ya muy alta, eso obviamente sería serio, en realidad no parece cierto que un alza de precios de la energía eléctrica en México tenga que ser inflacionaria; dado que la CFE es propiedad estatal, los aumentos en las ganancias por alzas de precios van al Estado, - esto quiere decir que pueden emplearse para reducir la deuda pública o bien para reducir los impuestos sobre otros bienes de consumo o de producción, o para disminuir el subsidio a la CFE. Entonces aunque el alza del precio de la energía eléctrica parezca inflacionaria (ya que representa un aumento por -

lo menos en un precio) implica otros efectos contrarios que neutralizarían y equilibrarían al primer efecto.

Si se habla de un aumento en el precio este debería crecer a una proporción mayor a la de la inflación, no obstante a -- partir del 1o de julio de 1984 se ha suspendido el aumento de el 2.1% acumulativo mensual que se venía aplicando desde principios del citado año.

Es necesario hacer tarifas diferenciales, siendo más altas en las horas pico para obtener una demanda más estable y con esto tener una mejor distribución de carga para las plantas.

Una política de precios reales de la energía:

- 1.- Fomenta las medidas para el uso racional de la energía.
- 2.- Propicia la adopción de tecnologías más eficientes.
- 3.- No es necesariamente inflacionaria, contribuye a reducir el déficit presupuestal y la deuda pública.
- 4.- Permite generar recursos para seguir desarrollando el sector eléctrico.

- Todas las áreas técnicas de CFE deben aplicar justificadamente considerables recursos económicos y humanos para garantizar el aumento de la disponibilidad de las nuevas unidades generadoras. Se considera que para las unidades actualmente en operación, la parte operativa deberá afrontar dicho reto con enorme energía.

- Otra medida es que Nacional Financiera capitalice la deuda que tiene CFE con esta empresa para que se dejen de pagar tantos intereses que perjudican al campo financiero de la compañía.

PETROLEOS MEXICANOS

La economía del país se encuentra apuntalada por PEMEX; desde el decenio de los setentas en que se descubren tres mantos petrolíferos en el subsuelo mexicano (únicos hallazgos en todo el mundo en ese decenio) PEMEX se perfila como la empresa más importante en el ramo.

La intención inmediata del gobierno mexicano fue explotar sus recursos petroleros solicitando un grueso financiamiento en el exterior que le permitiera obtener rápidamente frutos, y de los mismos amortizar sus conse cuentas deudas de alguna manera, PEMEX entonces fue lanzada al primer plano del que hacer nacional con una gran responsabilidad: desarrollar toda la in- fraestructura necesaria para este gran proyecto a gran velocidad.

Esta ardua faena llevó consigo sorprendentes aciertos y fa- llas muchas veces irremediables: el mal en general nos tienta a pensar que ra dica en la premura con que fueron desarrollados los primeros pasos.

PEMEX con sus nuevos financiamientos hizo en una primera eta- pa numerosas compras de maquinaria en el exterior; el desarrollo de una tecnología propia no se contempló en esta primera etapa.

Entre la maquinaria primordial para la explotación petrolera encontramos las turbinas de gas que se requieren en gran escala. La adquisi- ción de turbinas de gas se hizo con varios proveedores, de los cuales podemos citar a: Solar, Ruston y General Electric. Solar el primer fabricante en el mundo en el ramo destacó siendo el proveedor de aproximadamente el 50% de las turbinas de este tipo, y PEMEX a su vez se convirtió en el cliente más impor- tante en el mundo por su seguridad de demanda debido a que hasta la fecha no existen bases del posible surgimiento de una fábrica mexicana de turbinas de gas.

El segundo equipo más importante en materia de turbomaquinaria para PEMEX lo constituyen las turbinas de vapor, en las cuales los principa- les proveedores han sido: Coppus, Elliot y General Electric.

En diciembre de 1982 PEMEX emitía un documento en donde expo- nía la información necesaria para los nuevos inversionistas nacionales en el

campo de la turbomaquinaria, consideraba cuatro grandes prospectos para la in cursión nacional en este terreno y analizaba la maquinaria de este tipo ya - instalada por marcas y récords de venta tanto de equipos como de refacciones, el grueso de esta información se contempló en el capítulo 8 y 4 respectivamente; estos cuatro "proveedores nacionales" se decían ser: Turalmex - Brown Boveri, Turbica-Elliott, Turbodyne - Worthington de México y Terry - Ingersoll - Rand, todas ellas fabricantes de turbinas de vapor. El estudio sugirió las si guientes fábricas como socios tecnólogos:

FABRICANTE	PAIS	RANGO DE POTENCIA
TURBINAS DE VAPOR		
COPPUS	ESTADOS UNIDOS	1 - 500 KW
ELLIOT	ESTADOS UNIDOS	1 - 30,000 KW
GENERAL ELECTRIC	ESTADOS UNIDOS	15 - 30 MW
TURBINAS DE GAS		
SOLAR	ESTADOS UNIDOS	800 - 7,500 KW
RUSTON	INGLATERRA	1,500-6,000 KW
GENERAL ELECTRIC	ESTADOS UNIDOS	11 - 20 MW

También se señaló en este estudio que era muy conveniente que los inversionistas interesados en estos dos tipos de turbomáquinas deberían - comenzar fabricando refacciones, así sería gradual su evolución ya que de hecho la demanda de refacciones era ya un hecho si el socio fuera cualquiera de los antes citados.

En los años 1980-81, el 70% de las adquisiciones correspon-- dieron a turbinas de vapor, en el período considerado de 1977-81, PEMEX reali

zó adquisiciones de turbinas por 4,219.5 millones de pesos de los cuales - 116.5 fueron de "origen nacional". En lo que se refiere a refacciones en el mismo período se adquirieron 147 millones de pesos de los cuales únicamente 1 millón fue de origen nacional.

El 90% de las turbinas (ya sea de gas o de vapor) se emplean para el accionamiento mecánico, las turbinas ocupan un papel vital en el desempeño de PEMEX.

Como respuesta a esta culminación de PEMEX a invertir en el campo de sus turbomáquinas, se pueden observar 5 fábricas pantalla:

Solar en Veracruz.

Turbica - Elliot en Querétaro.

Terry - Ingersoll Rand en la carretera México-Qro.

Turbodyne - Worthington en San Juan del Río.

Equipos Petroleros Nacionales - De Laval en Cuautitlán.

Estas fábricas pantalla sólo han fingido establecer en México instalaciones para la creación de refacciones, pero de hecho no han logrado ser ni siquiera un taller digno de montaje, en el caso de Solar en Veracruz se ha logrado a reciente fecha esperar un taller de reparaciones pero sus instalaciones nos indican claramente que no puede ser más que eso.

El fracaso del proyecto inicial de TURALMEX viene a dejar a la fecha vacío el lugar de la fabricación nacional de turbinas propias de los requerimientos de PEMEX.

Los dos últimos años han servido para constatar que ninguno de los proveedores principales de turbinas de PEMEX tienen la disposición para integrarse a un plan nacional de fabricación.

Dentro de la problemática interna de PEMEX podemos citar dos grandes puntos: Ciertos efectos negativos de la coacción sindical en los recursos económicos y, la corrupción.

El sindicato de PEMEX es todo un fenómeno en el campo laboral mexicano, se dice que es la principal organización laboral del país -- porque contiene la fuerza laboral de mayor importancia del momento; esta ac

ción obviamente acrecenta sus exigencias y acentúa su poderío, el sindicato consiguió por algún tiempo un porcentaje de las utilidades sobre cualquier contrato para sus bienes sociales, la inmediata consecuencia negativa se aprecia el fin de dicho dinero: compra de bienes de consumo, dentro de la lista de bienes del sindicato predominan los bienes de consumo, es decir, para que PEMEX dirija sus inversiones hacia los bienes de capital tiene que descapitalizar por fuerza un cierto porcentaje a los bienes de consumo.

Aquí se debe analizar un poco el por qué de este requerimiento social; la formación repentina de una clase laboral de primer plano requiere de condiciones sociales muy específicas, se está arrancando con un género de trabajadores que formarán una familia ancestral dentro de la clase trabajadora y la cual se caracterizará por tener miembros que detenten cierta cultura única en su género circunscrita en el marco de sus experiencias técnicas y esta cultura se abocará a satisfacer necesidades futuras de un ambiente que será distinto al que actualmente nos percatamos, los petroleros aún comienzan con esta familia ancestral que ya los ferrocarrileros o sus más parecidos electricistas dan frutos; un electricista mexicano jubilado gracias a los logros de su sindicato puede incursionar en el montaje de un taller para ciertos artefactos eléctricos de la industria en general ya que tiene la tranquilidad que es menester para la creatividad, así mismo se comprueba que su descendencia tiene un nivel en ascenso y una inclinación técnica en su mayoría.

Se debe entonces hacer hincapié que mientras la dirección de una empresa sólo contempla su propia subsistencia en el ámbito de la oferta y la demanda, en la selección de su producción, bienes y personal, un sindicato crea todo el ambiente propicio para asegurarle una clase propia de trabajadores; la misión del sindicato de PEMEX es histórica que no deja de tener serios problemas en las fuerzas vivas de su ejecución como lo son la corrupción el despilfarro y el perfeccionismo.

La corrupción ha dejado serias huellas en la actividad de esta empresa; muchos funcionarios se encontraron repentinamente con grandes ofertas debido a toda una escalada de ofrecimientos que se desataron por la diversidad de proveedores, la solución ha sido tomada en el campo jurídico pero esta casi nunca conlleva una solución paralela al daño que ya proporcio-

naron a la empresa y su evolución.

Dentro de la amplitud de problemas de PEMEX proponemos sean solucionados con prioridad los siguientes;

1. La formación de una industria mexicana de turbinas de vapor y de gas. Para éllo cabe mencionar dos observaciones fundamentales que giran en torno de la sintomatología correspondiente expuesta previamente; - los proveedores principales -- han perdido con la suspensión de compras de PEMEX en los dos últimos años; - PEMEX debe incursionar en la inversión de este proyecto.

En la actualidad, los proveedores principales de turbinas de gas y de vapor deben de someterse a la idea de que PEMEX ya no es un cliente de la compra total de cada turbina ni mucho menos de refacciones; PEMEX debe de crear todo el ambiente posible para hacer ver que el mejor negocio que le resta es una sociedad de mutua cooperación y que sobre de él estandarizará sus instalaciones; para ello deberá de tomar parte en la inversión como socio y advertir que la marca asociada predominará en su consumo procurando ya no volver a comprar a las demás.

2. Sanear las instalaciones con la marca seleccionada y procurar que domine un sólo tipo de instalación.

3. Colocar estratégicamente talleres de mantenimiento y refaccionarias para la nueva estandarización.

4. Frenar los efectos económicos que ha traído consigo el sindicato cuando se trate de inversiones sobre bienes de capital.

5. Convocar a la iniciativa privada a que invierta en todos los posibles artículos periféricos que conllevan la futura fabricación de este tipo de turbinas, haciendo estudios que confronten los horizontes de mercado que tendrían y sus respectivos incentivos cooperativos.

TEISA

Turbinas y Equipos Industriales, S.A., es una de las empresas involucradas en la estrategia general de la fabricación de turbomaquinaria en México, la que hasta la fecha ha demostrado el comportamiento económico y productivo más satisfactorio, logrando anular los efectos de la presente crisis.

Así también, a que su surgimiento logró librar los peligros de la escasez de divisas en el país, consecuencia del desplome del peso a fines del año de 1982, el hecho de que la compra de maquinaria propuesta en el proyecto se llevara a cabo entre julio 15 de 1981 y febrero 5 de 1982, así -- como que el arranque de la empresa se llevara a cabo en julio de 1983, fueron aspectos que contribuyeron al surgimiento de esta compañía.

El objetivo fundamental del proyecto de TEISA es el de la fabricación de turbinas hidráulicas de hasta 350 Mw en coordinación con la empresa NKS, que en el futuro deberá proveer de las partes de fundición y forja necesarias, es obvio señalar que hasta la fecha, TEISA no ha basado su economía en la producción de turbinas; por ello ha tenido que pasar por una etapa de diversificación de trabajo acorde con las necesidades que se han presentado en el mercado de bienes de capital relacionados con la turbomaquinaria.

Ejemplo de lo anterior es la fabricación de las compuertas de desfogue para las obras de la presa Peñitas, la fabricación de las válvulas del proyecto Cutzamala, que fue ganado en el concurso internacional convocado, así como otros trabajos y reparaciones menores. De esta manera TEISA ha logrado mantener su carga de trabajo aguardando el arranque de NKS para iniciar en firme la fabricación de turbinas hidráulicas.

TEISA es una empresa que gracias a su carga de trabajo propia no requiere de mayor ayuda económica por parte del gobierno, pero debe prestársele gran atención con el objeto de mantenerla en las buenas condiciones económicas actuales, hasta el momento en que la fabricación de turbinas hidráulicas sea un hecho.

A la fecha TEISA requiere de la ampliación prevista en el pro

yecto original que tendría lugar junto a la planta actual. El nuevo proyecto - en TURALMEX destina una de las naves de su planta para la ampliación de TEISA. Esta decisión trae consigo las siguientes implicaciones:

Representa un importante ahorro en tiempo, provocando una rápida expansión en la capacidad productiva de TEISA y una respuesta aceptable a la apremiante situación que se le presenta a la empresa como consecuencia del gran monto de su trabajo actual y de los planes de trabajo futuros.

Además como ya hemos señalado, el ahorro económico en la ampliación permitirá destinar dinero a otros sectores prioritarios de la estrategia general.

El cambio en la localización no representará mayores problemas a TEISA debido a la cercanía existente entre las dos plantas citadas.

MAKROTEK

MAKROTEK representa la incursión de la iniciativa privada en la fabricación de bienes de capital, actualmente esta empresa se encuentra en una situación económica difícil debido a que no ha llegado al nivel de eficiencia adecuado y sus costos de operación son elevados, esto aunado a la contracción del mercado ha provocado que esta empresa requiera de un suministro de recursos financieros para poder mantenerse en el mismo. Por otra parte, el grupo industrial Alfa que hasta hace tres años era considerado el mayor consorcio industrial privado del país, actualmente pasa por un proceso de reestructuración de su deuda, que para el 1o de enero de 1984 era de aproximadamente 2,500 millones de dólares incluyendo 300 millones de intereses no pagados, con 140 acreedores. Dentro de las medidas adoptadas los bancos convierten 300 millones de dólares de la deuda en un 30% de las acciones comunes de Alfa y tienen el derecho de participar en la selección de 9 miembros de un consejo de 15, así también otras 23 negociaciones que incluyen el desposeimiento de 110 de sus 130 compañías subsidiarias. De esta manera, el grupo Alfa tal como se conocía desaparece y en torno a las 20 empresas restantes será contruido un nuevo y reducido Alfa, centrado en operaciones de fabricación de

acero y petroquímicos.

Por lo tanto, ante el retiro de Alfa de la sociedad de MAKROTEK se plantea la disyuntiva por parte del gobierno de apoyar o no a esta compañía, es decir, que el gobierno suministre los recursos necesarios y absorba la parte de Alfa para que esta empresa pase a ser una paraestatal, lo cual ha sido una práctica común en nuestro país. Por lo que es necesario, evaluar los aspectos involucrados en esta decisión acorde a la importancia estratégica de una empresa de bienes de capital y de la capacidad de producción de MAKROTEK.

Un punto con peso específico importante, es el hecho de que el país no está en las condiciones de soslayar el costo que implica absorber una empresa de este tipo, como una medida emergente para salvar a una planta productiva con rentabilidad a tan largo plazo. A lo anterior se debe agregar que al salir Alfa de la empresa se llevó consigo a personal capacitado de --- MAKROTEK, dejando a esta última en condiciones muy desfavorables debido a que el costo de capacitación representó una parte muy importante de la inversión original, que nuevamente se tendría que erogar puesto que la capacitación es un factor relevante para lograr el nivel de eficiencia adecuado en la productividad de la empresa.

Por otra parte, dentro del sector paraestatal existen empresas con la capacidad productiva para cubrir, aunque no totalmente, los productos de MAKROTEK. Por lo tanto su influencia en el ramo de la turbomaquinaria no es determinante pero de ninguna manera indiferente para la infraestructura requerida en la fabricación de bienes de capital.

Puesto que Duro Felguera cuenta con la ingeniería básica y de desarrollo, por ejemplo, para componentes de centrales nucleoelectricas y --- grandes grúas viajeras que resultarían importantes en el caso de que CFE decidiera seguir un programa nucleoelectrico, se contaría con una empresa ya establecida que suministraría dichos componentes evitando de esta forma la salida de divisas del país por este concepto.

Un aspecto que es interesante señalar, se refiere a las relaciones comerciales entre México y España, en vista de que esta última es el -

segundo consumidor de petróleo mexicano después de Estados Unidos y antes de Japón; por otra parte dentro de las inversiones extranjeras de México se encuentra la refinería española Petronor, de la que nuestro país posee el 32% de las acciones, por lo que podemos decir, que se tienen buenos vínculos comerciales con España, situación que de alguna manera influye para conservar a Duro Felguera como socio tecnólogo y de esta manera establecer condiciones futuras más convenientes.

En resumen, podemos decir que por una parte las condiciones para la integración de MAKROTEK al sector paraestatal son muy desfavorables, en parte gracias a Alfa, y por otra parte dentro de la infraestructura actual en materia de bienes de capital, la participación de MAKROTEK no es -- prioritaria y por tanto no es conveniente en primera instancia la absorción de MAKROTEK por parte del Estado.

TURALMEX

El proyecto original de TURALMEX, que contemplaba ambiciosamente la fabricación de turbinas de vapor en el rango de hasta 110 Mw con sus correspondientes generadores eléctricos, turbinas industriales e hidrogeneradores de hasta 350 Mw, se encuentra suspendido.

Las principales causas son de carácter económico y se presentaron desde las primeras etapas en la evolución del proyecto. La escasez de divisas y el tipo de cambio monetario existentes a consecuencia de la -- crisis económica del país a fines de 1982 trajo complicaciones serias para la compra de maquinaria al exterior; de los 5,000 millones de pesos en los que se estimaba la inversión total para poner en marcha el proyecto se encuentran ahora invertidos 2,500 millones cuyo fruto principal es la imple-mentación física de las naves de fabricación proyectadas y la adquisición de maquinaria pequeña principalmente, lo que hizo imposible el arranque de la planta para los fines originalmente propuestos.

A los problemas económicos se añadieron otros de índole político que trajeron como consecuencia la ruptura de relaciones con el socio tecnologista inicial, Brown Boveri. Esta ruptura fue consecuencia a su vez de la diferencia de los objetivos existentes entre el gobierno mexicano a través de NAFINSA y la empresa tecnologista citada.

De esta manera el monto de la inversión que tenía dirigido su objetivo principalmente a incrementar la participación nacional en el ramo así como a la generación de empleos de nivel se ha visto hasta el momento frustrado.

Esto ha hecho pasar a TURALMEX por una seria crisis con complicaciones diversas como la pérdida irreparable de maquinaria ya comprada en un accidente marítimo de transporte. El resultado propició la suspensión del proyecto original para dar cabida a una nueva proyección con fines de reajuste y adecuación a las necesidades y recursos actualmente existentes.

El nuevo proyecto trata de hacer el mejor uso posible de la infraestructura existente y se basa en la división de la planta con 4 fines principales: la fabricación de generadores para turbinas de hasta 350 Mw, la fabricación de motores diesel para el transporte marítimo (grandes buques de carga) con tecnología KHD de Alemania y/o Sulzer de Suiza, así como aprovechar una de las naves de fabricación como una ampliación de TEISA (su planta vecina en el parque industrial de Morelia, Mich.) y además el de la fabricación de turbinas de vapor de hasta 500 HP de tecnología puramente mexicana en una nave adicional.

Los argumentos a favor de la nueva proyección son los siguientes:

La fabricación de generadores en TURALMEX tiene una mejor localización que la que se había previsto anteriormente (en NKS Lázaro Cárdenas, Mich.) por criterios como el del clima y humedad ambiental existentes -- así como la mano de obra calificada disponible, en los que Morelia es superior a Lázaro Cárdenas. Otro factor a favor es que la decisión trae como consecuencia lógica la disminución del gigantismo de NKS que a futuro podría resultar contraproducente.

Por otra parte, la fabricación de motores diesel en México será una acción determinante para incrementar el porcentaje de integración nacional en la naciente industria de la construcción de buques cargueros y para cerrar en definitiva lo que a futuro no lejano podría convertirse en un sector de fuga de divisas permanente, con una fuerte dependencia tecnológica e industrial del extranjero.

Por otro lado, la utilización de una de las plantas de fabricación para la ampliación de TEISA prevista desde su proyecto original; constituirá un ahorro para NAFINSA abriendo nuevas posibilidades de inversión, -- que beneficiarán a otras empresas involucradas en la estrategia general de fabricación de turbomaquinaria en México.

Por último debemos señalar que la fabricación de la turbina de vapor mexicana, denominada TC-46, representa el primer paso concreto de la tecnología nacional en su lucha por una verdadera independencia del extranjero en el terreno de la turbomaquinaria, que además evitará considerables erogaciones a PEMEX, la CFE y a la industria azucarera que ya tienen planeada la adquisición de turbinas de este tipo para los próximos 3 años. Se prevee un consumo promedio por parte de las empresas citadas de 120 unidades anuales en los próximos años y el plan de fabricación ya existente confía en alcanzar una producción de 100 turbinas durante el año de 1987 a un costo aproximado de 45,000 dólares por unidad, lo que representa un importante ahorro para el país con la incomparable ventaja de realizar una transacción 100% nacional.

La nueva proyección tiene fundamentos muy sólidos para asegurar su éxito y creemos que la ejecución de la misma traerá consigo una coordi

nación de esfuerzos para la fabricación de bienes de capital, tan necesaria a fin de utilizar con la mayor eficiencia posible la incipiente infraestructura existente en el país.

De esta forma el nuevo proyecto en TURALMEX es de gran importancia dentro del contexto nacional de fabricación de bienes de capital y la buena o la mala ejecución del mismo repercutirá de amplia manera en los resultados de la estrategia general.

Es nuestra opinión que el Estado por medio de NAFINSA apoye económicamente la fabricación de los generadores los motores diesel y las turbinas TC-46; además de otorgar las mayores facilidades posibles para la realización de estos proyectos.

No podemos dejar de mencionar la situación que se presenta como consecuencia de la suspensión del proyecto original de TURALMEX. A la fecha México no cuenta con ningún otro proyecto en el orden de fabricación de turbinas de vapor ni en el de turbinas industriales lo que volverá a causar una inevitable dependencia del exterior en estos ramos de la turbomaquinaria.

NKS

El grupo industrial NKS resulta ser uno de los más importantes estratégicamente debido a que sus productos tendrán calidad y precios competitivos en el mercado internacional, por lo tanto podrá abastecer a otras industrias mexicanas de elementos básicos para la fabricación de bienes de capital y está considerado como prioritario dentro del programa de reordenación económica.

Sus principales problemas se centran en la contracción del mercado y en el costo de financiamiento tan elevado que agrava la falta de liquidez y provoca amortizaciones difícilmente asequibles.

Sus mercados naturales son los que han recibido un impacto mayor por la recesión económica, ya que los sectores público y privado han suspendido la mayoría de sus proyectos y por otro lado, cuando se inicie la recu

peración económica dichos sectores utilizarán su capacidad ociosa antes de re-
iniciar los mencionados proyectos.

Creemos que a pesar de la dificultad económica actual esta em-
presa debe ser apoyada ampliamente por el gobierno debido a que tiene una im-
portancia prioritaria para el desarrollo de la industria nacional de turboma-
quinaria, pues su pérdida representaría un grave paso hacia atrás en nuestro
desarrollo.

Japón logra con su participación extender su dominio del Pací-
fico mexicano ya notable con la planta de sal en Guerrero Negro, B. C., la fá-
brica de tubería PMT y su proyecto de SICARTSA II, lo que le hace tener una -
vasta base industrial. Sin embargo no existía otra manera de que un socio a--
portara tan fuerte cantidad en este proyecto, que sin duda es esencial para -
el desarrollo industrial del país.

Se abre además una importante fuente de ingreso por exporta-
ción ya que se ha mostrado interés por compradores extranjeros. Recientemente
se ha determinado que se enviarán requisiciones para la fabricación de compo-
nentes de buques hasta de 35,000 toneladas de parte de la empresa Tampa Ship-
yards, Lawrance Brown Norfolk Shipbuilding, y otras empresas, la mayoría de -
ellas estadounidenses.

Podemos decir que a nivel nacional las perspectivas de esta in-
dustria son difíciles, sin embargo, se ha observado que muchas de las empre-
sas de bienes de capital tienen una amplia capacidad de sustitución de impor-
taciones; en la medida que se incremente la confianza en la calidad del equi-
po existente, en el nivel del técnico nacional y se vincule a estas empresas
con firmas de ingeniería nacionales e institutos de investigación, los signos
de recuperación saldrán a la vista.

Hay que tomar en cuenta que el sano desenvolvimiento de la in-
dustria nacional de bienes de capital es una condición necesaria para lograr
la autonomía tecnológica y económica del país.

Aquí se plantea todo el apoyo a NKS, más sin embargo se pre--
vee que si en un futuro la demanda interna de los productos de NKS no es lo -

suficientemente madura, ésta sólo será elemento del juego comercial en el -
ramo, aunque parezca que con la mayoría de la participación mexicana las de
cisiones van a estar en el poder nacional, el mercado queda afuera y arriba
del país.

TODA ESTA PROPUESTA ES UNA MEDIDA AUSTERA DE IMPLANTAR PE--
QUEÑOS HILOS DE CONTINUIDAD CON EL PASADO ECONOMICO Y MAS QUE EFECTIVIDAD -
PRODUCTIVÁ BUSCA UN PASO NECESARIAMENTE LENTO DE EDUCACION EN REGIONES DEL
CONOCIMIENTO EN LAS CUALES ANTES ERAMOS AJENOS.

EL ESTADO Y EL PUEBLO EN GENERAL DEBE DE CAER EN LA CONCIEN
CIA DE QUE SOMOS UN PAIS EN DONDE SE DEBE CREAR Y DESARROLLAR LA TECNOLOGIA
PARA LO CUAL SE NECESITA UNA LABOR DE MUCHO TIEMPO.

BIBLIOGRAFIA

1. "A Survey on Geothermal Steam Power Stations". Mitsubishi, Co.
2. "Aerodinámica". Carlos Ordoñez Romero. UTEHA, 1964.
3. "Banco de Pruebas para Generadores Eléctricos hasta 350 Mw". Grupo Industrial NAFINSA.
4. "Boletín Informativo BANAMEX: El Mercado Financiero". BANAMEX diciembre de 1983.
5. "Censo de turbinas de vapor". Comité de Sustitución de Importaciones, PEMEX. 1983.
6. "Comparación Internacional de Tarifas de Energía Eléctrica". CFE marzo de 1982.
7. "Disponibilidad y uso de la energía en México: Análisis y Perspectivas". Ing. Jacinto Viqueira Landa.
8. "El Mercado de Valores". Semanario de NAFINSA, nos. 33, 49 y 52. 1983.
9. "Energía Hidroeléctrica, Turbinas y Plantas Generadoras". Ing. Manuel Viejo Zubicaray, Ing. Pedro Alonso. Ed. Limusa, 1977.
10. "Evolución de las Tarifas de Energía en México". CFE (1962-80).
11. "Industrial Steam Turbines on Building - Block System". Siemens Aktiengesellschaft. R.F.A. 1981.
12. "Industrial Turbines Details". Siemens Pub.
13. "La Indisponibilidad por mantenimientos con duración de 20 días o más en las Centrales de Vapor y Ciclo Combinado del Sistema Eléctrico Nacional. Periodo 1978-1980". CFE, Centro Nacional de

Control de Energía.

14. "Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas". Leander Mash. Ed. Representaciones Y Servicios de Ingeniería, S.A. 1979.
15. "Plan Nacional de Energéticos 1984-1988". S.P.P.
16. "Programa de Adquisiciones 1984-88". PEMEX, marzo de 1984.
17. "Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto". Boletín de la CFE 1983.
18. "Proyecto Geotermoeléctrico Los Azufres". Boletín de la CFE, 1983
19. "Proyecto Geotermoeléctrico Los Húmeros". Boletín de la CFE. 1983
20. "Synchronous machines for hydro-electric power plants". Brown Boveri Co.
21. "Turbinas Industriales". Terry Steam Turbo Co. México, 1982.
22. "Turbomáquinas Térmicas". Claudio Mataix. Ed. Dossat, España.