

15
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNO - ECONOMICA
PARA LA CONSTRUCCION EN MEXICO DE EQUIPOS
DE 3000-5000 HP. EN MEXICO PARA PEMEX Y CFE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N ,

ANTONIO ARREOLA CARREON

ROSA MARIA PEREZ ROMERO

DIRECTOR DE TESIS.

ING. XAVIER CORTES OBREGON

MEXICO, D. F.,

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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

	Pág.
INTRODUCCION	1
Capítulo I	
CONTEXTO ECONOMICO INTERNACIONAL Y NACIONAL	3
Contexto Internacional	
Contexto Nacional	
El Medio Económico Mexicano	
Desarrollo Industrial.	
Capítulo II	
EL PAPEL DE LA TURBOMAQUINARIA	22
Consideraciones Sumarias	
La Selección de las Turbomáquinas	
Turbinas de gas	
Plantas de vapor	
Clasificación de los compresores	
Definición y clasificación de bombas.	
Capítulo III	
ESTUDIO DE MERCADO	43
El Producto.- Turbina de Gas	
La Turbina GT-35	
Productores de Turbinas de Gas	
Precios	
Demanda	

	Pág.
Capítulo IV	
CONSIDERACIONES TECNICAS	59
LA TURBINA DE GAS	
El Compresor de Flujo Axial	
La Cámara de Combustión	
Tipos de Cámaras de Combustión	
Grado de Expansión	
La Máquina Motora	
Materiales usados en el compresor axial	
El Compresor Centrifugo	
Compresor Axial	
Compresor C304/C305 Centrifugo para Gas Natural	
Bombas Centrifugas	
SELECCION DE MAQUINARIA	
Generalidades	
SELECCION DE PROCESOS	
Estimación de la capacidad requerida	
Maquinaria	
Capítulo V	
LOCALIZACION DE LA PLANTA	118
Capítulo VI	
CONSIDERACIONES ECONOMICAS	125
CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFIA	146

INTRODUCCIÓN

Frecuentemente los periódicos informan de los fracasos, liquidaciones y quiebras de negocios individuales y sociedades anónimas. También dan noticias de acreedores que llegan a un acuerdo respecto a sus intereses con la esperanza de que las empresas deudoras puedan sostenerse a flote.

Concientes de esta situación que actualmente sufre el país, con grandes crisis económicas, políticas y sociales, nos vemos obligados a realizar cambios tecnológicos muy fuertes, aprovechándolos a su máxima capacidad, creando así nuevos sistemas productivos.

De continuar bajo la línea de bajos índices de productividad no podríamos hacer frente a las demandas nacionales, pero peor aún, seguiremos en el problema antiquísimo de la dependencia del exterior; mientras, por otro lado, la capacidad de endeudamiento, para la adquisición de productos del exterior, se fué agotando, de modo que se presenta la imposibilidad de adquirir más bienes, para la satisfacción del mercado interno.

La consecuencia de la dependencia tecnológica para un-

país es nociva, tanto en su desarrollo científico como tecnológico.

Por ello, es conveniente impulsar la capacidad de innovación y creatividad para el surgimiento de tecnología propia, de acuerdo con las necesidades de la comunidad para la cual es diseñada. Tratando de que el fortalecimiento industrial se dé a partir de tecnologías ya existentes, aplicadas a los recursos renovables y no renovables, en la planta industrial ya instalada o en vías de desarrollo.

CAPÍTULO I

CONTEXTO ECONOMICO INTERNACIONAL Y NACIONAL

Contexto Internacional

Para reducir la vulnerabilidad del país frente al exterior, la estrategia interna de desarrollo debe de tomar como referencia la evolución de desarrollo en el contexto internacional.

La economía mundial se encuentra en una situación crítica y para superar esta etapa va a llevar tiempo.

Esta crisis se originó por una concentración en la demanda de bienes de consumo duradero y la sobreproducción de bienes intermedios (productos siderúrgicos, petroquímicos).

Al iniciarse la presente década, el comportamiento de los mercados internacionales de materia prima, no es muy alentador.

La recuperación económica a escala mundial es incierta, por lo que la demanda de materias primas continuará restringida y los precios fluctuarán hacia la baja. De acuerdo con las previsiones más recientes, el precio real del petróleo, después de haberse deteriorado hasta mediados de los ochenta, tendería a estabilizarse y a incrementarse ligeramente mien-

tras que el nivel de consumo de petróleo de los países industrializados permanecería constante durante todo el decenio.

Este comportamiento frenará el proceso de sustitución de hidrocarburos por otros energéticos y reforzará el nivel de la demanda, sobre todo en los países en desarrollo; por otro lado, la debilidad de los precios reales tenderá a desealentar el incremento en la producción, sobre todo en los países industrializados, donde se concentran las zonas de alto costo de producción de hidrocarburos. Los países en desarrollo con horizonte amplio de reservas volverán a ampliar, en el mediano plazo, su participación en la producción y en el mercado mundial del petróleo.

Contexto Nacional

La crisis estructural del país tiene diversas e importantes consecuencias sobre la economía nacional. Estas consecuencias son: Crecimiento del PIB nulo, insuficiencia del ahorro interno, escasez de divisas, desigualdad en la distribución de los beneficios económicos, desequilibrio de la - - planta productiva y distributiva.

La evolución de la estructura económica del país ha sido dispareja, restando eficiencia al conjunto, pues en algunos sectores ha habido acelerados avances contrastando con - otros donde ha habido atrasos considerables, este crecimien-

to disparaje se manifiesta como:

- Incapacidad para enfrentar la competencia interna
- Gran dependencia de insumos
- Bienes de capital y tecnologías importadas
- Tecnologías que no utilizan adecuadamente los recursos humanos y naturales disponibles
- Escasa difusión tecnológica
- Concentración de la actividad económica

El Medio Económico Mexicano

A través de los últimos años, el factor de la economía en todas las ramas industriales ha revestido una importancia capital, producto de atinadas o equivocadas políticas de asignación y orientación de recursos. En este momento se vive una situación difícil, que obliga a nuevas estrategias económicas que coadyuden al logro pleno del desarrollo nacional. Con cambios sustanciales, de raíz, de nuestros viejos modelos empresariales y económicos, a fin de cambiar el lastre de la dependencia financiera, tecnológica y alimentaria, entre otras que impiden el desarrollo pleno e independiente del país.

Afortunadamente la conciencia nacional se ha convencido que un elemento de apoyo importante en su desarrollo económico reside en su crecimiento y desarrollo industrial.

El desarrollo del país es posible con una mayor capitalización pública y privada en la industria; a una solidez en la posición financiera; al esfuerzo realizado en la preparación y educación de su pueblo y a la estabilidad política -- del país, que permitan encauzar los esfuerzos dentro de un marco institucional de orden, derecho y progreso.

Desarrollo Industrial

Antecedentes. Después de la revolución mexicana se dió un fuerte impulso al desarrollo del sector agrícola y se establecieron las bases para ampliar el mercado doméstico que permitiría la posterior industrialización del país.

Como consecuencia de la segunda guerra mundial, en que se registró una aguda escasez internacional de bienes de consumo, se inició un proceso de substitución de importaciones de bienes de consumo.

Esta etapa continuó hasta finales de los sesenta, ampliando su radio de acción hacia otros productos para promover la industria nacional.

Los muy modernos avances tecnológicos y el alto proteccionismo le dieron a la industria, en los setentas, un avance exclusivamente local.

Es así, que la industria, con sus productos, no estaba-

a la altura de los productos externos, y se ignoraba u omittía, que para competir con el extranjero es necesario estar a la altura de cualquier fabricante internacional, que lleva muchas décadas de ventaja incursionando en esos mercados, desarrollando su tecnología, con productos modernos, atractivos, con calidad, contra los que la industria mexicana fabricaba entonces.

Concluyendo, el proceso de industrialización de México ha seguido estas etapas:

- a) Sustitución de importación de bienes de consumo del período de 1939 a 1960.
- b) Sustitución de productos intermedios y bienes de consumo duradero en el período 1960 a 1973.
- c) Sustitución de importaciones de bienes de capital - de 1970 a 1972.
- d) Desarrollo del sector petrolero, combinado con aceleración del binomio inflación-devaluación del período 1976 a 1982.
- e) La etapa comprendida después de los acontecimientos de 1982, obliga a una reflexión sobre las estrategias económicas.

Es a partir de estos últimos cuatro años que la industria ha tenido que entrar, o pretendido la llamada "Reconver

sión Industrial"; que podría sintetizarse como el cambio de la estrategia económica e industrial, de forma estructural y del modo de ver y resolver los retos que enfrenta un país como lo es México.

Producción

El grado de expansión y evolución de la industria se comprueban al analizar los índices de producción industrial.

De ella podemos resumir, que los sectores más dinámicos de la industria han sido la petrolera, cuya producción y crecimiento, al verse afectados en los periodos 1981-1984, muestran una recuperación del 1.9 al 2.3%, facilitando esto por sus ventas al exterior; la generación de energía eléctrica es otro sector, cuyo crecimiento es del 2 al 3%, al menos, no ha sido negativo, para el periodo que se analiza. Seguidos por el sector agropecuario que sin crecimientos espectaculares, se ha mantenido, con excepción del periodo 1981-1983, en que decayó, aunque no tan dramáticamente como otros sectores, gracias al apoyo dado por el gobierno federal, para mantener y sostener a este importante sector. La industria manufacturera, que del periodo 1979-1983 decreció espec

tacularmente, a razón del 2 al 3% anual, inicia su repunte a partir de 1983.

Empleo

La fuerza de trabajo, en este período que se analiza, - ha descendido, aunque en comparación con el total de la población representa el 36.36% de la población.

La estructura ocupacional ha sufrido importantes modificaciones derivadas a su vez de cambios en la estructura económica. La de trabajo según censo de 1980, estaba empleada en actividades primarias (Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Caza y Pesca), en un 36.36%, mientras que el 18.8% trabajaba en la industria, el 11% en manufactura y el resto en -- transportes, comercio y servicios.

En términos absolutos, la industria empleó a 3'840,184- personas. Aunque, del período siguiente 1981-1983, el crecimiento fué negativo.

Productividad

En el año de 1980 la participación de la industria en - el producto interno bruto fué de 37.5% (1'594,615 millones - de pesos), para 1983 éste fué del 40.6% (6'951,615 millones- de pesos).

La participación de la industria petrolera en 1980, en-

el producto interno bruto nacional fué del 6% (282,783 millones de pesos), en 1983 fué del 13.1% (252,199 millones de pesos).

Inversión

La inversión pública industrial, se ha dirigido fundamentalmente a la producción de petróleo y derivados, generación de energía eléctrica y construcción. Los inversionistas privados se han preocupado por aumentar y diversificar el conjunto productivo de la industria de transformación.

Estado actual de la industria

Las estadísticas de la situación de la industria, por rama de actividad, se indican en los cuadros, que muestran los sectores más importantes de la industria mexicana.

INDUSTRIA PETROLERA

- a) Participación de la industria petrolera en el valor bruto de la producción nacional y el sector industrial (1980-1983, millones de pesos corrientes).

Concepto	AÑO			
	1980	1981	1982	1983
1. Valor bruto de la producción nacional	6 749 299	9 189 298	14 466 576	76 562 142
% variación anual	37.2	36.2	57.4	83.6
2. Sector industrial	3 338 598	4 461 432	7 105 706	13 518 991
% participación - en el VPB nacional	49.5	48.6	49.1	50.9
3. Industria petrolera	387 567	511 117	1 183 052	2 913 971
% participación - en el VPB nacional	5.7	5.6	8.2	11.0
% participación - en el VPB del sector industrial	11.6	11.5	16.6	21.6

b) Participación de la industria petrolera en el producto interno bruto nacional (1980-1983, millones de pesos corrientes).

1. Producto interno bruto	4 276 490	5 874 385	9 417 089	17 141 694
% variación	39.4	37.4	60.3	82.0
2. Sector industrial participación en el PIB nacional	1 594 615	2 142 696	3 602 238	6 951 615
%	37.3	36.5	38.3	40.6
3. Industria petrolera Participación en el PIB nacional	282 783	375 786	942 331	252 199
	6.6	6.4	10.0	13.1

c) Empleo (personas ocupadas/año)

1975	80 243
1980	137 977
1981	154 945
1982	162 114
1983	184 888
1984	143 291
1985	124 415

PRODUCCION TEXTIL

Año	Estableci- mientos	Toneladas	Millones de pesos	Exportación (millones - de pesos)	Importación (millones - de pesos)
1980	2 425	422 300	119 910	1 806	6 758
1981	2 495	417 300	137 897	1 852	10 003
1982	2 220	386 100	253 579	3 118	14 542
1983	2 150	350 000	467 503	7 424	4 747
1984	nd	582 359	779 334	21 198	19 482
1985	nd	527 709	nd	18 817	38 828

Industria Textil

La participación de la industria textil dentro del producto interno bruto global se mantuvo relativamente estable- 2.8 y 2.3%, para el período comprendido entre 1970 y 1985, - no hacia dentro de la industria manufacturera, en la cual di cha participación osciló en un 9.3% en 1985.

En cuanto al valor de las importaciones de la industria textil la rama con mayor importaciones es la de hilado y tejido de fibras blandas.

Personal ocupado en la industria textil (1980-1984)

1980	18 795 212
1981	20 042 777
1982	19 683 193
1983	19 571 520
1984	20 091 600

Industria Automotriz

Dentro del producto interno bruto global, la participación de la industria automotriz alcanzó en 1981 su nivel más alto con un 1.8% dentro del total nacional; mientras que su nivel más bajo se encuentra en 1983, con un 1.0% de participación dentro del PIB.

Su participación en la industria manufacturera permaneció relativamente estable entre 1980 y 1982, disminuyendo a una participación de sólo 4.3% en 1983.

En 1982 - 1983 se presenta una fuerte concentración, -- asociada a una tasa de inflación para la industria automotriz de 69.2% y 107.8% para los años mencionados, superiores a las registradas en años anteriores; en cambio para 1984 se observa, asociada a una tasa de inflación menor que en 1982- y 1983, una tasa de crecimiento del PIB real del 23.3%.

La mayor tasa de inflación de los principales productos automotrices, una tasa del 205.6% y la gasolina con una tasa de 181.5%.

Participación de la industria automotriz en el valor bruto de la producción nacional y del sector manufacturero.

Período	Total Nacional	Industria Manufacturera	Participación	Industria Automotriz	Participación
1980	6 749 299	2 335 171	34.5	175 892	2.6
1981	9 189 384	3 095 253	33.5	260 686	2.8
1982	14 466 576	4 634 780	32.2	344 480	2.4
1983	26 562 142	8 960 903	33.7	492 672	1.9
1984	45 190 106	15 865 715	35.1	1 022 225	2.3
1985	79 287 306	19 275 416	37.4	1 563 827	2.7

Participación de la industria automotriz en el PIB nacional y del sector manufacturero

(Millones de pesos corrientes)

Año	Total Nacional (1)	Industria Manufacturera (2)	Participación 3 = 2/1	Industria Automotriz (4)	Participación 6 = 4/2
1980	4 276 490	985 013	23.0	62 184	1.4
1981	5 874 386	1 311 493	21.2	89 682	1.5
1982	9 417 089	2 000 786	21.2	121 098	1.3
1983	17 141 694	3 871 597	22.6	174 356	1.0
1984	29 101 181	6 857 215	23.6	368 488	1.3

Industria de la Construcción

	1981	1982	1983	1984
Producción bruta	839 745.4	1 235 265.5	1 835 604.5	3 036 583.0
Consumo Interno	430 427.9	645 438.4	957 351.9	1 597.274.8
PIB	409 317.9	589 827.1	878 252.6	1 433 308.2

Industria Cervecera (1982- 1985)

	Número de Expendios	Consumo (miles litros)	Exportación (miles de dólares)
1982	20 605	2 963 562	28 216
1983	23 620	3 426 220	27 560
1984	25 117	2 544 939	57 026

Participación de la inversión pública y privada en el período (1970-1980)

Período	Inversión	Inversión	Inversión	% de Participación Pública	Participación Privada
1970	82 300.0	29 205	53 095	35.5	64.5
1971	81 600.0	22 397	59 203	27.4	72.6
1972	97 800.0	33 298	64 502	34.0	66.0
1973	126 400.0	49 838	76 562	39.4	60.6
1974	173 600.0	64 817	107 893	37.3	62.7
1975	221 700.0	95 767	125 933	43.2	56.8
1976	267 600.0	108 611	158 989	40.6	59.4
1977	339 100.0	140 102	198 998	41.3	58.7
1978	476 100.0	217 382	258 717	45.7	54.3
1979	698 100.0	313 741	384 349	44.9	55.1
1980	1 049 244.0	486 177	563 047	46.3	53.7

A partir de 1980 se ha incrementado la participación del sector público sobre el privado, a raíz del impulso del sector petrolero, eléctrico y el rescate de empresas privadas, aumentando el número de empresas paraestatales.

Suponiendo que la población del país mantenga su ritmo de crecimiento general, (alrededor del 2.5%), conforme a datos estadísticos, en 1987 con una población de 85 millones de habitantes.

De esto se desprende que la población económicamente activa, se incrementará, de tal suerte que esto hace suponer un crecimiento general mínimo en la economía, del mismo número - de nuevas ocupaciones que se incrementen cada año, y eso supo- niendo que la población ocupada actualmente siga ocupada, - - pues el incremento del desempleo hará más difícil la dotación de empleo a la población económicamente disponible para una - ocupación.

Este problema establece la necesidad nacional de llevar- a cabo el desarrollo industrial a un ritmo que permita la ab- sorción de gran parte de este incremento en actividades manu- factureras. En tal virtud, el nivel del ritmo de desarrollo- deberá ser fijado en relación a las posibilidades nacionales- de inversión.

Asimismo, estas consideraciones exigen como mínimo un pa- ralelismo del desarrollo energético de oferta sobre el desa- rrollo del resto de la industria.

Conclusiones, Estrategias y Metas del Desarrollo Industrial

En nuestro país, los problemas estructurales, son los si- guientes:

1. Influencia alta de los desequilibrios con el mercado exterior.

2. Escaso desarrollo tecnológico propio. Los recursos--destinados a la investigación, desarrollo y adapta--ción tecnológica han sido escasos, pues al empresa--rio le ha sido más fácil adquirir tecnología que de--sarrollarla para evitar la dependencia.
3. Producción de bienes manufacturados, cuyas condicio--nes de productividad, precio y calidad no son lo su--ficientemente competitivos con productos en el exte--rior y, por políticas proteccionistas, limitan el sa--no desarrollo del mercado interno.
4. Ubicación de la industria concentrada en grandes cen--tros de consumo.
5. Insuficiente coordinación entre los agentes producti--vos.
 - a) Elegir el mercado al que podemos incurrir con -- los recursos con los que cuenta el país, para -- ser más competitivos.
 - b) Un nuevo patrón tecnológico que incorpore a la - planta industrial nuevas tecnologías acordes a - la realidad nacional.
 - c) Una racionalización industrial con uso óptimo de los recursos y capacidad instalada.

- d) Una estrategia de localización industrial que de un desarrollo armónico y equilibrado.
- e) Una estrategia de participación de los sectores público y privado en la industria.
- f) Una dimensión social que de una generación continua de empleos y la creciente satisfacción de las necesidades básicas de la población.
- g) Considerar que la exportación es un tema de moda en término o concepto.
- h) La industria maquiladora está creciendo deseosa de poder ser una alternativa del nuevo desarrollo industrial, aprovechando la mano de obra mexicana, que es de buena calidad y de bajo costo; aunado al porcentaje de la industria inactiva por la situación precaria de la economía de consumo, puede ser el bastón de repunte que nuestra economía necesite.

Debemos reconocer que con lo hasta ahora logrado, nos ha puesto en el camino al desarrollo pero que el esfuerzo conjunto y planeado nos hará llegar a la meta.

Por tanto, enfatizando los conceptos antes mencionados - debemos decir, que es necesario incrementar aún más el desarrollo industrial como condición para el desarrollo económico y, que aquel sólo puede realizarse con base en la disponibilidad de energía, o el uso adecuado de los sistemas energéticos.

CAPÍTULO II

EL PAPEL DE LA TURBOMAQUINA

Desde su desarrollo práctico a fines del siglo pasado y comienzos del presente, la turbomaquinaria, permitió avances significativos en el campo energético y cambios profundos para la industria mecánica y metalúrgica.

La turbomaquinaria constituye la máquina básica de la industria moderna. En la generación de energía eléctrica - en el mundo, se estima entre un 70 a 80 por ciento. En compresión y bombeo ha desplazado casi por completo a las máquinas de émbolo.

Una visión sintética del papel de la turbomaquinaria - podría representarse así:

1) La turbina representa la supremacía tecnológica de máquinas, por sus aplicaciones, eficiencias y flexibilidad de diseños.

2) La industria productora de turbomaquinarias constituye el núcleo avanzado de las industrias mecánicas, en cuanto al progreso tecnológico, incluyendo diseño, materiales y fabricación, a la investigación que sigue desarrollando aplicaciones, eficiencias y como seguidora de los grandes desarrollos tecnológicos modernos.

3) La turbomaquinaria es componente vital de un sector moderno y dinámico del conjunto de las industrias mecánicas y metalúrgicas y suministrador vital de equipo para las actividades productoras de energía.

El desarrollo de la turbomaquinaria ha desplazado rápidamente a otras máquinas. La simplicidad operativa de las máquinas su relación alta de potencia a peso, así como su eficiencia, permitieron un notable desarrollo, primero en las turbinas de vapor, después en las turbinas de gas. En compresión y bombeo, la eliminación de los pistones simplifica las máquinas y las hace más versátiles, a medida que se logran progresos tecnológicos.

Su utilización industrial es muy extensa, en particular tienen mucho empleo en la industria química y petroquímica, azúcar, papel y celulosa, plantas metalúrgicas, en aprovechamiento térmico de desperdicios, como máquinas motrices, bombas y compresores, en la extracción de petróleo y gas y en la transformación de los hidrocarburos, entre otros muchos usos.

Las turbinas de pequeñas dimensiones y potencias tienen cada vez más aplicación, y vuelve a investigarse su aplicación al equipo de transporte moderno que incluye desde trenes hasta automotores, y ya se usan ciertamente en equipo militar como tanques, aviones, helicópteros, etc.

En cuanto al avance tecnológico, la turbomaquinaria ha desempeñado un papel vital en la industria moderna.

Los límites actuales al diseño y fabricación son los límites del conocimiento de la ingeniería y la capacidad de los materiales para resistir los esfuerzos, vibraciones y temperaturas a que están sometidos los equipos.

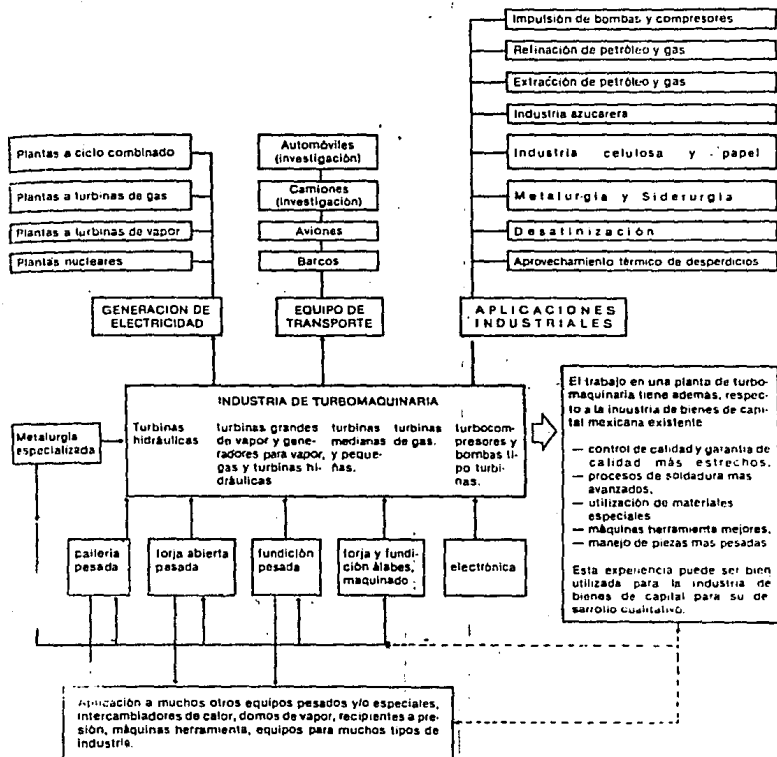
Después de la segunda guerra mundial, el diseño cada vez se volvió más técnico y menos empírico, y con ello pudo mejorarse la eficiencia de las turbinas. En particular, el diseño de los álabes que en parte operan a velocidades supersónicas, se ha transformado en un diseño técnico aerodinámico, para las turbinas.

El papel de la turbomaquinaria como núcleo económico en la estructura de los bienes de capital se aprecia en el cuadro V-3. La industria de la turbomaquinaria surte a los procesos de generación de electricidad, en la fabricación de equipos de transporte y en otras aplicaciones industriales.

El desarrollo de las industrias de base debe estar acorde a estas necesidades. Una vez alcanzado este desarrollo, la industria de base estará en posibilidad de mejorar la producción de otros equipos pesados o especiales.

Asimismo, el dinámico de la industria de las turbomáquinas y sus exigencias tecnológicas, sienten las pautas de calidad, dimensión y diseño en una serie de industrias, tanto

ESQUEMA DEL PAPEL DE LA INDUSTRIA DE TURBOMAQUINARIA EN LA APLICACION Y MANUFACTURA DE BIENES DE CAPITAL.



usuarias como suministradoras.

Aspectos económicos de la turbomaquinaria

En los últimos años, la magnitud de la demanda interna por turbomaquinaria ha adquirido significación internacional e incluso en algunos casos, supera el mercado de países Europeos grandes. Sin embargo, al no haber producción interna - deben importarse estos equipos, con lo que nuestro país se - transforma en un mercado muy atractivo para la exportación - internacional. En contraste, los países europeos tienen -- plantas productoras con capacidad que supera las necesidades propias y en algunos casos exportan el 80% de su producción.

Los planes recientes de CFE (Comisión Federal de Electricidad), previos a la recesión económica, estimaban una de manda, en turbinas, aproximadamente de 1 800 MW/Año, durante 1985-1988, o sea, un incremento del orden del 9% al año.

El incremento de la capacidad instalada, del 6.3% anual, entre 1977-1982, resultó insuficiente dando por ello problemas en 1982.

Resulta claro, a pesar de la situación actual, que una recuperación de la economía mexicana, llevará en pocos años a una demanda por turbinas que puedan situarse entre los -- 2 000 y 3 000 MW/Año hacia 1990-1994. Estas cifras pueden - compararse con la capacidad y desempeño de algunos de los --

grandes productores actuales.

El primer exportador mundial es Mitsubishi (Japón), pero es importante observar que GEC, de Inglaterra, es el segundo exportador del mundo, con 12% de dicho mercado, con capacidad que en breve será similar a la demanda del mercado mexicano.

La cercanía del mercado mexicano a escalas de interés económico internacional, aunque señalan la necesidad de cuidar la integración de dicho potencial.

Debe señalarse que en turbinas de gas de uso industrial, México fue el primer comprador mundial durante seis meses en 1980, con un 30% de la demanda mundial por este tipo de turbinas y los productores estimaron que en 1985 fue el segundo mercado de exportación del mundo, después de la URSS, a pesar de las circunstancias económicas.

Actualmente se cuenta con gran parte del equipo que sería necesario para producir turbomáquinas. Aún cuando, algunos componentes muy modernos y especializados, por un tiempo, sea necesario importarlos.

A su vez, la CFE y la Cía. de Luz y Fuerza representaron un 20% de la inversión paraestatal de la cual un 52% fue de origen exterior. En estas importaciones ocupa un lugar importante el sector de turbomaquinaria, pues representan un 20% de las importaciones de CFE.

Consideraciones Sumarias

El conjunto de industrias vinculadas a la turbomaquinaria forma la columna vertebral de todos los bienes de capital pasados que suministra piezas para turbomaquinaria, también lo hace para equipo complementario y grandes bienes de capital de otras industrias usuarias.

Así, puede reiterarse que la turbomaquinaria es una de las líneas de bienes de capital con aplicaciones más críticas, con ingeniería de diseño y fabricación relativamente estabilizados, pero muy modernos y que forma el núcleo de la industria dinámica de bienes de capital.

El dinamismo del mercado, de no cubrirse la demanda con producción interna, llevaría a importaciones muy elevadas, a una reducción en las perspectivas de la industria de base complementaria y un serio retraso del país en una de las ramas más importantes de la ingeniería y la tecnología moderna.

Se han venido negociando y promoviendo proyectos de turbomaquinaria, se cuenta con gran parte de equipo en el país para, con pequeñas inversiones adicionales, lograr un significativo grado de integración en la fabricación de turbinas.

Es esencial no sólo evitar la fragmentación del mercado, sino lograr una experiencia común en términos de la tecnología, ingeniería y fabricación de la turbomaquinaria.

El desafío es, entonces, para el país la fabricación ini

cial de turbomaquinaria, con el mínimo de inversión, aprovechando los equipos e instalaciones ya completadas o en curso de realización, sentando la base para el despegue en el desarrollo de este importante sector industrial.

Para desarrollar un producto, o incurrir en un mercado de alta tecnología, con las condiciones que se encuentra -- nuestra nación, es posible tomar a elementos que han dado -- buenos resultados en otros países, como Japón, Korea, Taiwan, entre otros, que han iniciado maquiladoras, y gracias a los recursos generados por esta actividad han impulsado la investigación en sus países, de acuerdo a sus metas establecidas, por sus planes de desarrollo.

De modo que al contar con los recursos técnicos, financieros y siendo, como el nuestro, países ricos en potencial humano deben de desarrollar sus propios productos con sus -- propios recursos tecnológicos, humanos y financieros, siempre en sectores que eliminen las tres del exterior.

La selección de las turbomáquinas

Las turbomáquinas para su elección, presentan ciertas -- características técnicas imposibles de ser pasadas por alto, las cuales son, potencia, capacidad, revoluciones por minuto de movimiento de sus elementos, tamaño. Por las cuales se -- pueden aceptar o rechazar, sino cumplen con las especificaciones y rangos necesarios.

Entre las características técnicas más comunes encontradas, en los sistemas de los sectores paraestatales PEMEX y - CFE, se observó que primeramente en Pemex, los equipos motrices que actualmente se están impulsando, su rápido crecimiento son las turbinas de gas, y del que por las facilidades de contacto, prestadas, partiremos del productor de gas de 5000 HP y las 14 000 R.P.M., para su análisis.

Así como el de compresores y bombas aplicables a este tipo de máquina. Para los sistemas de ductos de manejo de hidrocarburos.

Los equipos más comunes que se encontraron para sistemas de potencia y generación Turbina de gas. Para manejo de hidrocarburos; el compresor centrífugo y la bomba centrífuga.

Turbinas de gas

La turbina de gas es una máquina relativamente nueva en la generación energética. Las estadísticas mundiales revelan el aumento tan pronunciado que poseen las plantas termoeléctricas a base de este tipo de máquina.

La causa principal de esta tendencia es su diseño simplificado y fácil operación.

México posee varias plantas de este tipo, tanto en servicio público como en privado.

Procesos principales en la turbina de gas

La turbina de combustión es básicamente una máquina de calor, donde se genera energía térmica que luego es convertida en energía mecánica por la aplicación de procesos termodinámicos dispuestos para ocurrir en un ciclo de eventos.

Compresión.- El aire es comprimido.

Combustión.- El combustible es añadido al aire comprimido y encendido.

Expansión.- El aire y los gases de combustión se expanden por las toberas.

Escape.- El aire y los gases de combustión se descargan a la atmósfera.

Los procesos termodinámicos que toman lugar en una turbina de combustión son continuos; así pues hay un flujo continuo de aire comprimido en la sección del compresor, una combustión continua dentro de la cámara de combustión, y una producción continua de potencia en la sección de la turbina.

El aire es aspirado a la sección del compresor, el cual, primero es accionado por la potencia entregada por el sistema de arranque, y posteriormente, por la potencia producida por la sección de la turbina una vez que la combustión comienza.

El aumento rápido de temperatura dentro de la cámara de

combustión produce un aumento considerable en el volumen y - la velocidad de flujo de los gases de combustión. Sin embargo, la presión no cambia, esto da por resultado que los gases calientes se expanden por la sección de la turbina, donde el movimiento giratorio o la energía cinética de los rotores de la turbina es producido por los gases que empujan los alábes.

Más o menos dos tercios de la energía total es producida por el rotor de la turbina productora de gas. La potencia de este rotor impulsa al compresor de la turbina y los accesorios. El tercio restante de la energía generada es -- producida por el rotor de la turbina de potencia e impulsa - el equipo accionado.

Los gases expulsados pierden presión y temperatura a medida que impulsan los conjuntos del rotor de la turbina. A continuación salen por el difusor de escape de la turbina a la atmósfera.

El flujo de aire a través de la cámara de combustión.

A diferencia de un motor alternativo de combustión interna, no todo el aire que entra a la cámara de combustión - entra en el proceso de combustión. Parte del aire (más o menos el 20-30% del aire a plena carga), es usado para la combustión, y el resto del aire es calentado por la combustión, para expanderse a través de la turbina. El aire usado en la

combustión se llama aire primario y es regulado por la cantidad y tamaño de los agujeros de aire que lo admiten a la zona de combustión.

La mayor parte del aire de combustión entra a la cámara de combustión por los tubos de chorro de aire localizados entre cada protuberancia del inyector de combustible.

Las turbinas de gas se dividen fundamentalmente en dos ramas:

- a) Turbinas de gas de ciclo cerrado.
- b) Turbinas de gas de ciclo abierto.

En las primeras, el suministro y expulsión de calor se realiza a través de cambiadores de calor. Mientras que en las segundas, el suministro de calor se efectúa mediante la combustión directa del combustible dentro del fluido, por otra parte, la expulsión del calor se realiza descargando los gases de combustión ya expandidos a la atmósfera, que hace las veces de recipiente térmico.

La turbina de gas frente a otras máquinas motoras.

Rangos de potencia

Las turbinas de gas de ciclo simple abierto de aplicación industrial generan potencias nominales desde 10 KW hasta 40,000 KW. mientras que las turbinas de gas que integran

ciclos compuestos generan desde 13,000 hasta 60,000 kilo - -
watts.

La eficiencia de las turbinas de gas varían desde 5% --
hasta el 35% de acuerdo con el diseño y el ciclo de opera- -
ción.

Ventajas e inconvenientes

- a) Diseño simple.
- b) Dimensiones y peso reducido.
- c) Independencia del agua de enfriamiento.
- d) Excentas de vibraciones.
- e) Consumo de energía por auxiliares mínimo.
- f) Arranque rápido y aceptación de la plena carga en -
tiempo mínimo.
- g) Inversión inicial inferior con relación a otros pri
motores.

La turbina de gas también tiene algunos inconvenientes,
dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- a) Menos eficiencia que los motores diesel.
- b) Reducción de la potencia y la eficiencia con la ele
vación de la temperatura ambiente.
- c) Especificación precisa de los combustibles, espe- -

cialmente en máquinas de alta temperatura.

- d) Operación ruidosa, a menos que se instalen supresores de ruido.

Plantas de vapor

Rangos de Potencia

El cuadro siguiente muestra los rangos de potencia para los diferentes tipos de plantas termoeléctricas en relación a las características del vapor suministrado a la turbina -- así como a su velocidad.

Condensación

Hasta 20.0 Kg/ cm ²	y	300°C
De 3 600 R.P.M.		3 000 KW - 10 000 KW
De 1 800 R.P.M.		10 000 KW - 30 000 KW

Regeneración

Hasta 50.0 Kg/ cm ²	y	400°C
De 3 600 R.P.M.		15 000 KW
De 1 800 R.P.M.		75 000 KW
Hasta 85.0 Kg/ cm ²		160 000 KW

Recalentamiento

Valores superiores a 85.0 Kg/cm^2 , y 510°C 160 000 KW

Recalentamiento y Regeneración

Presiones Supercríticas 125 000 KW 450 000 KW

Ventajas

A excepción de las plantas relativamente pequeñas, las termoeléctricas de vapor pueden considerarse de media y alta eficiencia y dominan completamente la industria de la generación eléctrica al tipo de combustible que esté usando.

La siguiente tabulación muestra las eficiencias totales de las plantas de vapor así como su consumo de vapor según el ciclo termodinámico que utilizan.

Tipo de planta	Consumo de calor	Eficiencia
Condensación		
Directa	3 640 Kcal/KWHR	23.6%
Regeneración	2 390 Kcal/KWHR	35.9%
Recalentamiento		
Doble y Regeneración	2 040 Kcal/KWHR	42.3%

Los inconvenientes de las plantas de vapor residen básicamente en los requisitos de agua, ya sea para la generación del vapor o para el enfriamiento en el condensador.

Compresión del aire y de los gases

Aplicaciones del aire comprimido. El aire comprimido - tiene una infinidad de aplicaciones, debido a su adaptabilidad y facilidad de transporte en comparación con el vapor de agua.

Una importante aplicación es el accionamiento de tala-- dros, martillos, chorros de arena, controles, pulverizadores y bombas. La compresión del aire constituye un factor capital en el funcionamiento de los motores de combustión interna y turbinas de gas.

Para el transporte de un gas natural y otros gases mediante tuberías, se utilizan compresores muy parecidos a los empleados para aire. La obtención del oxígeno, nitrógeno y gases raros se efectúa comprimiéndolos y a continuación enfriándolos hasta alcanzar el punto de licuefacción.

Clasificación de los compresores

Para producir aire a bajas presiones, inferiores a 385 mm de agua, se utilizan generalmente ventiladores, por encima de este valor se emplean varios tipos de compresores, y - ventiladores, los cuales pueden clasificarse como sigue:

I. De desplazamiento Positivo.

- a) Compresores de Embolo
- b) Ventiladores-Compresoras

c) Ventiladores- no Compresores

II. De desplazamiento no Positivo o Dinámicos

- a) Ventiladores Centrífugos de Flujo Radial
- b) Compresores de Flujo Axial
- c) Compresores de Flujo Mixto

Compresores centrífugos

Son máquinas de elevada velocidad (3 000 a 40 000 rpm), y frecuentemente son accionados por turbinas de características de velocidad similares. Estos compresores se emplean muchísimo para la sobrealimentación de motores de combustión interna, así como también en gran número de aplicaciones en que se requieren grandes cantidades de aire o gas o presiones relativamente bajas.

Un compresor consiste en un impulsor rotatorio y en uno de pasos divergentes, a cuyo través se descarga el aire. El aire es aspirado por el impulsor y este recibe un movimiento tangencial de velocidad mediante las paletas del impulsor, - siendo lanzado hacia afuera de la fuerza centrífuga. A medida que el aire pasa a través del impulsor la fuerza centrífuga. A medida que el aire pasa a través del impulsor la fuerza centrífuga crea una presión, de forma que la presión estática va creciendo desde el ciclo hasta la periferia del impulsor.

Una desventaja de las máquinas de elevada velocidad es el ruido que producen, el cual ha limitado el empleo de los compresores centrífugos, si bien es posible adaptarles amortiguadores de ruido con una considerable efectividad.

Compresor de flujo axial

En el compresor axial los álabes consisten en paletas - aerodinámicas, situadas de modo que al girar, el aire se mueve hacia el grupo siguiente de paletas móviles. En las paletas móviles el aire adquiere una componente de rotación la cual es dirigida por las paletas fijas. Estos elementos pueden ser tan eficientes, para conseguir una elevación de presión por acción de difusión como las propias paletas móviles.

Bombas

Una bomba es una turbomáquina generadora para líquidos. La bomba absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica. Son empleadas para bombear toda clase de líquidos, por ejemplo: agua, aceite, diferentes tipos de ácidos, cerveza y leche. En los dos últimos -- ejemplos se utilizan bombas sanitarias.

Clasificación de las bombas

Bombas Rotodinámicas

Estas son siempre rotativas, su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler y su órgano transmisor de energía se llama rodete.

Se llama rotodinámica porque su movimiento es rotativo y el rodete comunica energía al fluido en forma de energía cinética.

Este tipo de bombas se clasifica de la siguiente manera:

Según su dirección del flujo:

Bombas de flujo radial, de flujo axial y de flujo radioaxial.

Según la posición del eje:

Bombas de eje horizontal, de eje vertical y de eje inclinado.

Según la presión engendrada:

Bombas de baja presión, de media presión y alta presión.

Según la entrada del flujo:

De simple aspiración y doble aspiración.

Según el número de rodetes:

De un escalonamiento o de varios.

Bomba Axial

Estas bombas suministran un caudal de 6 000 L/seg. El rodete tiene forma de hélice y son adecuadas para grandes caudales y pequeñas alturas.

Bomba Horizontal de Múltiples Escalonamientos

Es en contraste con las dos anteriores, es más adecuada para pequeños caudales y grandes alturas manométricas estas bombas se construyen para presiones por encima de las 300 atmósferas lo que es casi un record en bombas rotodinámicas. - Se utilizan en la alimentación de calderas.

Bombas Verticales de Múltiples Escalonamientos

Estas bombas trabajan para caudales de hasta 400 M³/hora y presiones de hasta 320 atmósferas.

Pérdidas Mecánicas

Las pérdidas mecánicas se originan en:

El rozamiento del prensaestopas con el eje de la máquina.

El rozamiento del eje con los cojinetes

El rozamiento del disco: se llama así al rozamiento de la pared e interior del rodete con la atmósfera líquida que la rodea.

Rendimientos

Rendimiento Hidráulico: tiene en cuenta todas las pérdidas hidráulicas en la bomba.

Rendimiento Volumétrico: tiene en cuenta todas las pérdidas volumétricas.

Materiales de Construcción

Las bombas rotatorias están clasificadas por el Instituto Hidráulico como todas de fierro.

Aditamento de bronce.

Todas de bronce.

En una bomba de fierro todas y cada una de sus partes - de la unidad en contacto directo con el líquido están hechas de metal ferroso.

En una bomba de aditamentos de bronce la carcaza está - hecha de metal ferroso y algunas partes sujetas a desgaste - tales como rotores, álabes y otras partes móviles están hechas de bronce.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE MERCADO

En un estudio de mercado se da el marco detallado del entorno de un producto. Se hace la investigación de variables sociales, económicas y tecnológicas que condicionan el proyecto.

Se mencionan aspectos tales como la necesidad o el volumen de la demanda del bien que se va a producir. La forma en que el mercado cubierto sus necesidades. Los sectores industriales a los que va dirigido. La influencia de la calidad y el precio en la producción y la demanda. Tecnología involucrada. Políticas de compra-venta. Entre otras muchas variables involucradas.

Nuestro estudio de mercado se apoya en tres aspectos de análisis que son: el Producto, la Oferta y la Demanda.

El Producto.

La turbina de gas. La turbina de gas es una máquina de combustión interna, en la que el proceso se inicia en la compresión del aire. Este aire alimenta a una cámara de combustión, en la que el combustible se oxida en presencia de aire comprimido, que crea un flujo constante, que al incidir so-

bre los elementos móviles de la turbina, origina el movimiento de la flecha a la que están sujetos los discos que contienen los álabes.

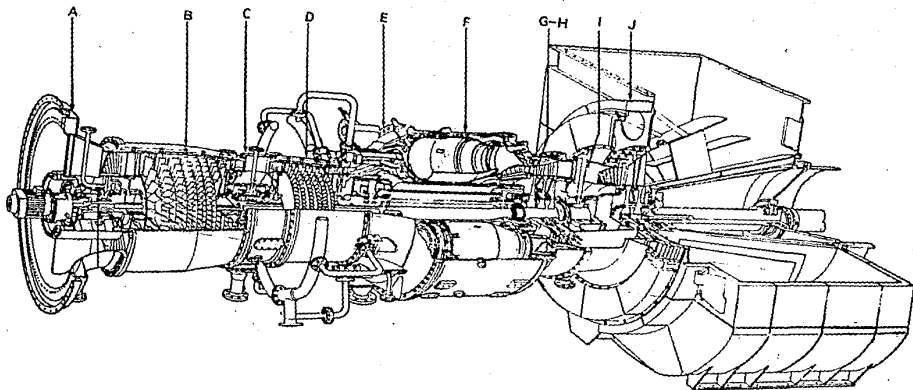
La turbina presenta en general, las siguientes partes constitutivas (tomadas de la turbina GT-35, de STAL LAVAL -- PARS, con aplicación a la generación de energía eléctrica y potencia de 35 MW).

La turbina GT-35 se compone de:

- a) Sección de entrada
- b) Compresor de baja presión
- c) Sección intermedia del compresor
- d) Compresor de alta presión
- e) Sección del difusor
- f) Cámaras de combustión
- g) Turbina de alta presión del compresor
- h) Turbina de baja presión del compresor
- i) Sección de unión
- j) Turbina de poder (2 pasos)

Características técnicas

Los datos que a continuación se detallan son las características técnicas generales de la turbina de gas marca -- SOLAR Centauro modelo GSC-400.



TURBINA DE GAS
GT-35 STAL LAVAL

Potencia nominal: 5 000 HP, 2.8 MW

Pasos del compresor: 11 discos

Pasos de la turbina: 3 discos

Combustores: 1

Velocidad:

Turbina de compresor: a potencia de régimen nominal
10.600 RPM

Turbina motriz: 7. 900 RPM

Eje de salida: dependiendo de la caja de engranes del
reductor de velocidad

Sobrevelocidad: 10% en exceso de la velocidad de régimen
arriba indicada.

Índice de regulación de velocidad: desde sin carga a --
plena carga. Ajustado nominalmente a 4%
 $\pm 1/3\%$ de la velocidad de régimen.

Temperatura: 807°F.

Presión: En operación normal: 50 lb/in²

Dispositivo de seguridad: Presión demasiado baja parada
35 lb/in² (2.41 bares)

Aviso de temperatura alta: 66°C (151°F)

Aviso de temperatura demasiado alta: 74°C (166°F)

Combustible: Gas natural seco según aprobación RTG.

Destilado: según la norma británica BS. 2869 clase "A".

Eficiencia térmica: 25%.

Dispositivos de seguridad de la turbina de gas

Aviso de temperatura alta:	510°C \pm 3°C
Parada de falla de temperatura alta:	520°C \pm 3°C
Parada falla de salida de la turbina motriz demasiado caliente:	600°C \pm 5°C
Turbina de gas demasiado caliente:	130°C
Aviso de desviación:	60°C

Uso: industrial y generación eléctrica

Dimensiones:

Largo	302 in.	(7,670.8 mm.)
Ancho	70 in.	(1,778 mm.)
Alto	108 in.	(2,743.2 mm.)
Peso	40 000 lb.	(18,000 kg.)

Diseño: 30,000 HRS de operación antes de mantenimiento
mayor (3.6 años)

Las turbinas de gas se rigen bajo la norma API (American Petroleum Institute) Std 611.

Productores

A nivel mundial se tienen identificados 32 grandes productores de turbinas de gas, en cuanto a número de fabricantes la mayor cantidad de estos se halla en Europa, seguido - de Norteamérica y finalmente Asia.

La distribución de las grandes empresas que producen -- turbomáquinas es como sigue:

America 12

Asia 4

Europa 16

De esos los que abastecen la demanda de PEMEX y CFE, -
son como sigue:

FABRICANTE	% PARTICIPACION
Solar	14
Stal-laval	07
Ruston	25
I. Rand	16
Mitsubishi	11

Dadas las características del rápido crecimiento, obligado por el gran impulso dado a la industria petrolera, a partir de 1976, los productores vieron en esta situación una importante ampliación de sus mercados llegando México a ser un importante importador al representar el 30% del mercado - en 1980, que lo colocó como el primer demandante de turbomáquinas en ese año.

Precios

Actualmente el HP instalado, en el sistema troncal de ductos, de PEMEX, tiene un costo aproximado de 483 \$U.S. -- Por ser precio-gobierno la política de precios es diferente a la que priva en el mercado de los consumidores privados.

Por tanto, a pesos de noviembre de 1988, el costo estimado por HP instalado es de aproximadamente \$ 1'101,723 M.N. siendo el tipo de cambio \$ 2,281 M.N. por dólar controlado.

La Demanda

En México, el consumo aparente es satisfecho en su totalidad por empresas extranjeras. Para el caso que nos ocupa, PEMEX compra a los productores siguientes, con su respectiva participación porcentual:

PRODUCTOR	% PARTICIPACION
Ruston	25
Solar	25
I. Rand	16
Stal-Laval	10

Quedando distribuidas en el sistema troncal de ductos - como sigue:

SISTEMA TRONCAL DE DUCTOS	MAQUINAS INSTALADAS	POTENCIA INST. TOTAL (HP)
Sur Centro	90	274,370
Centro	59	83,310
Norte	12	18,120
Golfo	22	90,625
Sureste	<u>51</u>	<u>299,845</u>
Total	224	766,270

* A mayo de 1987

Quedando por productor y modelo como siguen:

PRODUCTOR - PAIS DE ORIGEN	MODELO
Ingersoll Rand (EE.UU.)	GT - 22/PSVG-10
Solar - Caterpillar (EE.UU.)	Cantaur
Stal - Laval (Suecia)	C - 13
Ruston Gast Inc. (EE.UU.)	TB - 5000
Clark (EE.UU.)	LM - 2 - 500
General Electrica (EE.UU.)	LM - 2 - 500

La Bomba Centrífuga

En México, el mercado de bombas centrífugas está configurado por una amplia gama de productos con características acordes a las necesidades de la población; se tienen bombas para alimentación de la red de agua potable, bombas para refineries de petróleo, para plantas químicas, etc.

El bombeo puede definirse como la adición de energía a un fluido para que se desplace de un punto a otro. No es, como frecuentemente se piensa, la adición de presión. Como la energía es capacidad para hacer trabajo, al adicionarla a un fluido se obliga a éste a realizar trabajo normalmente -- fluyendo por una tubería o elevándola a un nivel superior.

Una bomba centrífuga es una máquina que consiste en un conjunto de paletas rotatorias encerradas en una caja o cárter, con una cubierta o carcasa. Las paletas imparten ener-

gía al fluido por la fuerza centrífuga que descarga al líquido a una velocidad mayor en su periferia. Tal velocidad se convierte en energía de presión por medio de una voluta que rodea a la periferia del impulsor.

Características técnicas:

HP:	5000
RPM:	6690
Dimensiones:	6 x 8 x 12 1/2 AMS
Pasos:	6
GPM:	7301.2
Gravedad específica:	2624 ft
Temperatura:	80°F
Marca:	Bingham Willemite

La vida promedio que anuncia el productor es de 30 años. La realidad es que éste es menor, dadas las características del trabajo en el sistema troncal de ductos, siendo el estimado de 20 años, de acuerdo a informaciones proporcionadas por los usuarios.

Usos. Las bombas centrífugas son utilizadas para el -- bombeo de combustóleo en el sistema de ductos de PEMEX.

El uso probable en CFE es el destinado al enfriamiento de las centrales termogeneradoras.

Productores

Existen alrededor de 60 fabricantes de bombas centrífugas en el país, los cuales están ubicados en el área metropolitana de la ciudad de México y, en menor grado, en los estados de Nuevo León y Jalisco.

TIPO DE BOMBA	% DE PARTICIPACION
Pozo profundo y hélice	37
Proceso	33
Uso general y doméstico	30

Los cinco principales fabricantes de bombas centrífugas participan con un 52% del mercado.

FABRICANTE	% DE PARTICIPACION
Peerless Tisa	15.4
Jacuzzi Universal	11.5
Worthington	8.8
Fairbanks Morse	8.8
Byron Jackson	7.5

Este indicador permite identificarlo como un sector poco fragmentado.

Bombas de Proceso

Se utilizan para el manejo de líquidos corrosivos, abrasivos o de alta viscosidad. Requieren fabricarse con mate-

riales y diseños especiales. Participan en este segmento - diez empresas manufactureras, las cinco principales son:

FABRICANTE	% DE PARTICIPACION
Byron Jackson	21.8
Peerless Tisa	19.9
Jacuzzi Universal	15.9
Worthington	14.8
Ingersoll Rand	10.8

El resto del marco de adquisiciones se haya repartido - en:

United SDF
Bingham Willemite
Sulzer

La estructura del sector industrial de fabricantes de - bombas centrífugas no permite el fácil ingreso a fabricantes nacionales, porque las empresas transnacionales han desarrollado tecnología en la fabricación de bombas que les permite buscar horizontes favorables en otros países, cuando los -- mercados internos pueden considerarse en declinación. Por - tal motivo las empresas nacionales de los países en desarrollo tienen pocas oportunidades de sobrevivir.

En México el consumo aparente de bombas lo satisfacen - casi en su totalidad las empresas transnacionales, el resto lo hacen las empresas nacionales.

En términos de costo, las bombas de proceso constituyen más de la mitad del consumo de bombas centrífugas, ya que -- por su complejidad son más caras que el resto de las bombas.

Consumo

El consumo nacional de bombas centrífugas es satisfecho por la oferta nacional en un 62%, mientras el 38% restante se satisface por vía de la importación de equipo de otros países. El siguiente cuadro muestra el consumo aparente por tipo de bomba, en millones de pesos de 1986.

Tipo de bomba	Oferta Nacional	Importación	Exportación	Total
Pozo Profundo	2 412	34	43	2 403
Proceso	2 127	1 026	41	3 112
Uso doméstico	1 983	68	33	2 018

La importación de bombas centrífugas fue del orden de 1 128 millones de pesos, de los cuales el 3% correspondió a bombas de pozo profundo, el 6% a bombas de uso doméstico y 91% a bombas de proceso.

La industria de la función ferrosa comprende alrededor de 500 empresas de las cuales sólo 19 tienen capacidad superior a 5000 toneladas anuales de fundición, 43 figuran entre 1000 y 5000 toneladas; el resto -438- firmas tienen capacidades menores a 1000 toneladas al año.

De las 19 empresas grandes, sólo tres fabrican material para el sector industrial de bombas y de las empresas medianas sólo cinco.

Compresores

Los compresores centrífugos son máquinas accionadas por turbinas de características de velocidad similares.

Consisten en uno o más impulsores rotatorios en uno o más pasos divergentes estáticos, a cuyo a través se descarga el aire. El aire aspirado por el impulsor y este recibe un movimiento tangencial de velocidad mediante las paletas del impulsor, siendo lanzado hacia afuera por la fuerza centrífuga. A medida que el aire pasa a través del impulsor la fuerza centrífuga crea una presión de forma que la presión estática va creciendo desde el "Oído" hasta la periferia del impulsor.

Características técnicas:

Los datos que a continuación se detallan corresponden al compresor de la marca SOLAR modelo C-304/C-306.

Potencia: 3 830 HP
Volumen manejado: 700 a 6000 Ft³/min de entrada dependiendo del volumen y configuración de los pasos internos.

R.P.M.: 14 940
 Pasos: Variable según modelo
 1-4 pasos modelo C-304
 3-6 pasos modelo C-306

Productores

Los abastecedores de compresores para la empresa estatal PEMEX, son totalmente extranjeros, en rangos de potencia de 3000 a 500 PH, principalmente de EE.UU.

La distribución de estas empresas está detallada como sigue:

FABRICANTE	% DE PARTICIPACION
I. Rand	31
Worthington	03
Bessemer	07
Solar	25
Clark	04
Byron Jackson	25
Bingham	05

Precios

Actualmente se tiene estimado que un turbocompresor instalado tiene un costo de instalación por HP de U.S. \$ 375.00 que con un tipo de cambio de \$ 2,281 M.N. de pesos por dólar

controlado, quedaría un costo estimado de \$ 855,375.00 M.N.

Demanda

El consumo de compresores centrífugos en la empresa - - PEMEX, se satisface con el abastecimiento que hacen los productores de empresas transnacionales, quedando distribuidas de la siguiente forma:

FABRICANTE	% DE PARTICIPACION
I. Rand	31
Worthington	03
Bessemer	07
Solar	25
Clark	04
Byron Jackson	25
Bingham	05

Las estadísticas de equipos instalados, obtenidos a - - través de la gerencia de ductos es como se indica.

SISTEMA TRONCAL DUCTOS	MAQUINAS INSTALADAS	POTENCIA (HP) INSTALADA
Centro	0	0
Norte	12	18,120
Golfo	02	55,000
Sureste	21	170,920
Sur Centro	27	83,370

Se dividen por productor y modelo en:

PRODUCTOR

I. Rand (EE.UU.)	CDP-416/CDP-70
Worthington (EE.UU.)	4X10W
Bessemer (EE.UU.)	RCB-14
Solar (EE.UU.)	C-304/C-306
Clark (EE.UU.)	75-7-SP
Byron Jackson (EE.UU.)	DVMX/HSB
Bingham	DMSD

CAPÍTULO IV

CONSIDERACIONES TECNICAS

TURBINA DE GAS

Tipos de construcción de las turbinas de gas.

Las turbinas de gas industriales desarrolladas hasta -- 1955 fueron de origen aeronáutico o bien, especialmente industrial.

Los objetivos tan diferentes de los modelos fundamentales (ligereza y área frontal reducida para el aeronáutico; -- confiabilidad y duración para el industrial), condujeron a -- tipos especiales de construcción. Por lo tanto, es necesario considerar estos aspectos en el análisis de los diferentes tipos de componentes y del comportamiento integral de -- los distintos arreglos de la turbina de gas.

El Compresor de Flujo Axial

La turbina de combustión Centaur incorpora un compresor de flujo axial con once etapas.

El término flujo axial significa que la trayectoria -- del flujo de aire es paralela al eje del rotor o a la línea central longitudinal del compresor.

Esta trayectoria del flujo disminuye el diámetro a lo -

largo del compresor a medida que el aire se comprime.

Los componentes del Compresor.

En el compresor hay muchas hileras de álabes semejantes a las paletas de un ventilador eléctrico.

Más o menos la mitad de estos álabes están conectados a la carcaza del compresor en hileras estacionarias y se les conoce como estatores. Cada par de hileras, se conoce como una etapa, y trabajan juntas para producir una cantidad pequeña de compresión.

Mientras que los álabes giratorios aceleran el aire para moverlo a través de la turbina, los álabes estacionarios lo detienen y transforman la energía extra de velocidad en energía de presión.

La siguiente etapa recibe el aire levemente comprimido de la etapa anterior y hace su acción de acelerar y detener el aire, de tal manera que cada etapa entrega el aire con prácticamente la misma velocidad con que lo recibió. El efecto de las etapas no es de sumar la presión, sino más bien de multiplicar la presión en cada etapa sucesiva.

Las etapas generalmente multiplican la presión de la etapa anterior por un valor de 110% a 120%.

El compresor de flujo axial usa centenares de perfiles aerodinámicos. Cada uno de los álabes giratorios (rotores)

del compresor tiene la forma de una ala pequeña y está conectado a una serie de discos llamados discos del rotor del compresor.

Al girar, los álabes del rotor de la primera etapa - - crean una presión baja en su lado curvo que atrae aire hacia el compresor.

Una vez que el aire ha entrado en el compresor, los álabes del rotor aumentan la velocidad del aire y lo empujan hacia los álabes del estator.

El espacio limitado por dos álabes adyacentes del estator, el cubo del rotor en el interior, puede ser considerado como un agujero u orificio por el cual fluye aire.

La velocidad disminuye y la presión aumenta por medio - de los procesos de difusión, o sea de reducción de la velocidad del aire, se ha aumentado la presión del aire.

El aumento total de la presión en la descarga del compresor resulta del hecho de que cada etapa multiplica la presión de la etapa previa.

Y sigue así, por el proceso de difusión etapa tras etapa, multiplicando gradualmente la presión hasta pasar el último álabes del compresor.

Un aumento adicional de presión ocurre en la sección directamente atrás del compresor.

Tres cajas (el difusor, la caja de soporte del cojinete del compresor y la caja de soporte del cojinete de la turbina) están unidas para proporcionarle al aire una trayectoria para que se dirija del compresor a la cama de combustión.

La Cámara de Combustión

El proceso de combustión en una turbina de gas es contínuo en lugar de intermitente, como sucede con el motor Diesel, sin embargo se dificulta porque la presión del aire es relativamente más baja y la temperatura asociada a ella es inferior que la del punto de inflamación del combustible.

Este no se enciende espontáneamente, como en el motor Diesel sino que cada partícula de combustible absorbe energía por radiación de alguna partícula en combustión. De esa forma, la flama se mantiene encendida exclusivamente por propagación y por lo tanto, es indispensable mantener la estabilidad de las condiciones que influyen en la combustión.

La perfección de la combustión depende principalmente de la uniformidad de la mezcla del combustible con el aire y se caracteriza por la generación de calor muy elevada con una flama corta y que generalmente no alcanza a penetrar en la zona secundaria, donde el resto del aire, llamado "Aire Secundario" se mezcla con los gases de combustión para abajar su temperatura hasta el valor de la temperatura máxima -

del ciclo.

Tipos de Cámara de Combustión

Siguiendo los preceptos indicados anteriormente, los fabricantes de turbinas de gas han desarrollado diferentes tipos de cámaras de combustión, siendo los principales, en máquinas de tipo industrial, los siguientes:

- a) Cámara de combustión multicelular, con flujo directo.
- b) Cámara de combustión multicelular, con flujo opuesto.
- c) Cámara de combustión única, con flujo opuesto.

Características de los tipos multicelulares.

La cámara de combustión con flujo directo se construye de tal forma que su cubierta exterior es de sección anular y sus extremos se convierten en una continuación más o menos suave de las áreas anulares de la descarga del compresor y la entrada de la turbina. En su interior están colocados -- los tubos de flama o "Canastas" distribuidos circunferencialmente a intervalos angulares iguales y el número puede ser -- hasta 12 canastas, pero siempre impar. Las pérdidas de presión, que pudieran suponerse reducidas por la trayectoria -- del fluido, son considerables a causa de las velocidades -- elevadas que establecen para aquél. Tienen a su favor que -- su disposición permite una reducción en la longitud total de

la máquina y que el aire al fluir por la parte exterior de la canasta en contraflujo adquiere un precalentamiento adicional facilitando la combustión.

Inconvenientes de este tipo de cámaras:

- a) La temperatura de los gases a la salida de cada canasta es generalmente diferente, pudiendo tenerse diferencias hasta de 50°C , lo cual perjudica considerablemente la turbina por el desequilibrio en sus expansiones.
- b) Vida corta de las canastas.
- c) Necesitan que el combustible que se les suministre sea muy bien filtrado.

La Cámara de Combustión Única.

La cámara de combustión única es el resultado de estudios y experiencias cuyo objetivo principal fue desarrollar una cámara donde la combustión fuera perfecta, con la vida de servicio muy larga, relegando a segundo plano, los factores relativos a dimensiones.

En este tipo de cámaras es posible prolongar considerablemente la vida del tubo de flama constituyéndolo en secciones cilíndricas cuyo interior está protegido con ladrillo refractario y su exterior posea aletas de enfriamiento.

Ventajas de la cámara de Combustión Unica.

- a) Simplicidad de construcción.
- b) Flexibilidad de colocación con relación al resto - de la planta.
- c) Dimensiones amplias que permiten fácil inspección.
- d) Pérdidas de presión mínimas por las bajas velocidades del aire y los gases.
- e) Gran homogeneidad en la temperatura de los gases -- que van a la turbina de expansión.
- f) La regulación del suministro de combustible es simple y segura al tenerse una sola tobera de amplias dimensiones.
- g) Costo de mantenimiento mínimo.
- h) Posibilidad de quemar simultáneamente dos combustibles.
- i) Eficiencia de combustión óptima y larga vida.

Los inconvenientes:

- a) Mayor peso que el tipo multicelular.
- b) En algunos casos, ocupa mayor espacio

Grado de Expansión

La expansión de los gases es total en la máquina que se

destinan a la producción de energía mecánica, disponible en su flecha. Mientras que la expansión es parcial en los casos en que, como el motor Jet, la turbina de expansión atrae de los gases exclusivamente la energía necesaria para cubrir la demanda de su compresor. La expansión es fraccionada, en aquellas turbinas de gas que requieren dos o más turbinas de expansión en serie para agotar al máximo la presión de los gases. Es decir, resumiendo la expansión puede ser:

a) Total simple

- 1.- Uso Aeronáutico: Turbo-hélice de un eje.
- 2.- Uso Industrial: Turbina de gas de un eje.

b) Parcial simple

- 1.- Uso Aeronáutico: Jet de un eje.
- 2.- Uso Industrial.

c) Parcial Fraccionada

- 1.- Uso Aeronáutico.
- 2.- Uso Industrial.

d) Total Fraccionada

- 1.- Uso Aeronáutico.
- 2.- Uso Industrial
 - 2.1.- Turbina de gas de ciclo compuesto.
 - 2.2.- Turbina de gas de flecha dividida.
 - 2.3.- Sistema de turbogasificadores alimentado a una turbina de expansión.

Una turbina de gas con flecha dividida es una máquina con dos secciones de expansión. La turbina de alta presión y la turbina de baja presión.

La máquina motora

La sección de generador de gas de la máquina motora comprende el compresor, la cámara de combustión y la turbina de compresor, conjuntamente con sus componentes afines.

- 1.- Carcasa de entrada a la turbina del compresor.
- 2.- Carcasa de la turbina del compresor.
- 3.- Válvulas de purga de aire.
- 4.- Ducto transversal.
- 5.- Carcasa de admisión de aire.
- 6.- Cámara de combustión.
- 7.- Motor de arranque.
- 8.- Compresor
- 9.- Voluta de salida del compresor
- 10.- Selenoide de válvulas de purga de aire.

Estos forman la unidad, la cual funciona independientemente de la turbina motriz y produce el flujo de gas, para accionar la turbina motriz.

Montura de la turbina de compresor

La unidad va instalada en la montura de la turbina del

compresor, la cual forma el aditamento principal de la unidad al bastidor.

Van sujetos a la cara celantera de la montura: el cojinete posterior del compresor, la carcasa de salida del compresor y la carcasa del compresor. En la parte posterior so porta el alojamiento de cojinete de la turbina del compresor y el miembro interior de la voluta de entrada a la turbina. La carcasa de entrada de la turbina del compresor va empernada a la brida central.

A través del centro de la montura pasan al eje cardán - conectando el compresor y su turbina, las tuberías de alimen tación de aceite al cojinete de las tuberías del aire de en friamiento para el rotor de la turbina.

Carcasa de Admisión

La carcasa de admisión de aire es una pieza de aluminio aleado colado, comprende la mitad inferior y la superior. - Las dos mitades van sujetas entre sí por medio de espigas y pernos a lo largo de sus caras horizontales mecanizadas. El extremo abierto de la carcasa termina en una brida mecaniza da rectangular a la que se emperna el conducto de la admi - sión del aire. Las caras anterior y posterior tienen bridas anulares mecanizadas a las que va sujeto el miembro de sopor te de cojinetes, así como la montura para el motor de arran que.

El Estator del Compresor

La carcasa del estator es de hierro grano colado, en -- cuatro secciones. Las secciones de delante y detrás van con juntamente empernadas. Las partes van unidas por chavetas y pernos a lo largo de sus bridas horizontales, para formar -- una carcasa única.

Conjunto de la Carcasa Central

La carcasa del centro es un pieza de acero colado, partida a lo largo de su línea central horizontal y las dos mitades se sujetan entre sí por chavetas y pernos. La brida - delantera tiene un rebaje para alojar el extremo posterior - terminado en saliente de la carcasa del estator de la com-- presora y la brida posterior va retenida a la carcasa de soporte de los cuadrantes. Hay cuatro bridas equidistantemente espaciadas alrededor de la cara delantera de la pieza colada y en ángulo con la línea central de la máquina motora, estas bridas se han mecanizado para retener las cuatro cámaras de combustión.

La carcasa de soporte de los cuadrantes es en forma de anillo de acero colado embridado y empernado en su cara de-- lantera a la carcasa central. Está retenida por su brida -- posterior a la cara delantera de la carcasa del conducto intermedio.

Rotor del Compresor

El rotor es formado mediante una serie de discos sujeta dos conjuntamente por un perno pasante. Una vez montado y - equilibrado no debe ser desarmado.

El rotor funciona concéntricamente con el estator en -- dos cojinetes. Los cojinetes son de metal blanco y lisos y descansan en los alojamientos del cojinete.

Difusor del Compresor

El difusor es construcción soldada y sirve para dirigir suavemente el flujo de aire adentro de la carcasa y al mismo tiempo reducir la velocidad y aumentar la presión.

El difusor va fijado a la montura de la turbina del com presor y soporta el extremo posterior de la carcasa del está tor.

Carcasa de la salida del compresor

La carcasa de la salida, formada como voluta soldada, - lleva el aire desde el compresor al ducto transversal conduciendo a la entrada de la cámara de combustión. Va soportada detrás del anillo del difusor.

Ducto Transversal

El ducto transversal transfiere el aire desde el compre

sor a la cámara de combustión y comprende dos unidades de codo conectadas por un codo de difusor. Un codo va empernado a la brida de entrada a la cámara de combustión y el otro codo está empernado en la voluta de salida del compresor.

Cámara de Combustión

La cámara de combustión consiste en una carcasa exterior de acero dulce y un tubo interior de llama de aleación nimónica. La carcasa exterior de tres partes: un cuerpo cilíndrico principal con una entrada de admisión de aire formada en un costado, un posterior y una placa de extremo, y las tres secciones están empernadas entre sí. El extremo abierto del cuerpo principal está conectado a la carcasa de entrada a la turbina del compresor vía el codo caliente, y la sección de admisión de aire está empernada al ducto transversal. En el exterior de la carcasa del cuerpo principal el tubo de la llama está soportado por tres pasadores de soporte y en el extremo de salida por un resalte.

Se emplean cuatro cámaras de combustión separadas.

El tubo de llama manufacturado de aleación de nimonio se halla dispuesto centralmente formando un pasaje anular para permitir la circulación del aire desde la compresora al cabezal de la cámara de combustión, donde se efectúa la com-

bustión del combustible.

Carcasa de entrada a la turbina

El flujo de gas caliente saliendo de la cámara de combustión pasa al exterior de la carcasa de entrada a la turbina. Esta, consiste en una carcasa exterior de acero dulce - con una voluta interior de plancha metálica resistente al calor.

La carcasa exterior va empernada a la brida central de la montura de la turbina y el extremo interior de la voluta va sujeto a la cara posterior de la montura.

Rotor de la turbina del compresor

El rotor de la turbina del compresor de dos etapas, es formado por dos discos de turbina sujetos por espigas y un perno pasante que también sirve para retener el rotor al eje (flecha) cardán. El primer disco también va unido por espigas al eje.

La turbina está soportada por un cojinete de cupro-plomo apoyado en el alojamiento retenido detrás de la montura de la turbina del compresor. Así pues, la turbina está en voladizo en relación con el cojinete, cuyo gorrón es formado en el extremo posterior del eje, permitiendo que el cojinete sea alojado en una ubicación comparativamente fresca.

Estátor de la turbina del compresor

El estátor está compuesto de doce segmentos. Los doce segmentos se apoyan en rieles en una carcasa, las uniones en tre las caras de extremo siendo cerradas por tiras sellado--ras insertadas.

Estas tiras hacen que sea necesario considerar el estátor como comprendiendo dos mitades, en vez de cuatro, puesto que es imposible quitar un cuarto desde un anillo completo - del estátor.

El rotor de la turbina de la compresora consiste en dos discos ubicados con precisión en relación al eje corto y entre sí por medio "acoples" mecanizados en sus caras y reteni dos por un perno pasante entallado.

Turbina Motriz

El conjunto de caja de engranajes, montado en el bastidor de la turbina, lleva el cono de salida de la turbina motriz en una extensión adelante. El estátor de la turbina -- motriz va fijado a este cono de salida, la turbina motriz es tá completamente sostenida por la caja de engranajes.

Conjunto del rotor de la turbina motriz

El conjunto del rotor de la turbina motriz consiste en dos discos del rotor retenidos en un eje común. El diámetro

de ambos discos es reducido en sus caras de emparejamiento y los mismos son mecanizados para formar el miembro interior - de sello envolvente de la turbina motriz.

Cada uno de los discos del rotor lleva setenta y cinco álabes, ubicados en ranuras mecanizadas en forma de raíz de abeto y retenido en posición martillándose en ambos costados del disco.

El eje de salida de potencia de la turbina motriz se mecaniza para incluir el miembro interior del sello del laberinto del alojamiento de cojinetes de la turbina motriz, los gorriones de cojinetes de delante y detrás, un asiento para el anillo de sellado del aceite y una brida para el cojinete de empuje.

Ducto Intermedio

El ducto comprende un casco interior de acero dulce de construcción soldada alojando un doble cono de acero resistente al calor, los gases circulando entre las paredes del - doble cono.

La carcasa interior va empernada en su extremo poste---rior va empernada en su extremo posterior a la turbina mo--triz en el extremo delantero se coloca por deslice en el anillo de posicionado y empuje fijado a la salida de la turbina del compresor.

Rotor de turbina motriz y eje (Flecha) Cardán

El rotor está constituido en dos etapas, en forma similar al rotor de la turbina del compresor. El rotor va fijado al eje flecha cardán, con el que se equilibra como conjunto único, por un perno pasante retenido conjuntamente con los discos y el eje (flecha). En el extremo posterior del eje (flecha) un acoplamiento flexible de tipo dentado acciona los engranajes.

El eje (flecha) cardán está soportado en el extremo delantero por un cojinete de cupro-plomo con revestimiento de plomo, ubicado en el alojamiento de hierro colado fijado a la cara frontal de la caja de engranajes.

Ducto bifurcado

El ducto bifurcado está retenido a los costados de la caja de engranajes por soportes enchavetados y va conectado al como de salida por una junta flexible. Conduce el gas del escape de la turbina.

Conjunto del alojamiento

El conjunto del alojamiento de cojinetes de la turbina motriz consiste en un miembro de soporte de cojinetes de acero colado y en forma de cono. Este como va empernado al conjunto del conducto de salida por medio de una brida meca-

nizada en su extremo más ancho y contiene los conjuntos de sello de laberinto y de los cojinetes de la turbina motriz.

Alabes directrices de admisión de aire variables

La máquina motora (turbina de gas) está dotada de álabes directrices de admisión de aire, cuyos ángulos son variables de acuerdo con las condiciones de la máquina motora.

Los álabes de guía se mueven a una u otra de dos posiciones por medio de un sistema autónomo automático comprendiendo válvulas, cilindros y palancas neumáticas operados por presión de aire tomada de la compresora de la máquina motora.

Bastidor

El bastidor es de una construcción soldada y se manufactura de dos formas, una versión angosta que lleva el generador de gas, la turbina motriz y la caja de engranajes y otra versión de tipo prolongado en la que también puede montarse el equipo auxiliar. Ambos tipos son de vigas de perfil cuadrangular y forman en el depósito del aceite lubricante. La capacidad en el aceite lubricante del bastidor angosto es de 450 litros y la del bastidor ancho es de 585 litros.

La caja de engranajes va montada rígidamente en una base de pedestal ubicada detrás del bastidor, la expansión de

la turbina motriz siendo absorbida por la junta deslizante - del extremo delantero del ducto intermedio.

Caja de Engranajes

Se halla disponible una gama de engranajes reductores - con el fin de proporcionar apropiadas velocidades de accionamiento final para cada instalación en particular.

En los casos en que la velocidad del accionamiento final es la misma que la velocidad de la turbina motriz no se monta la caja de engranajes reductores y entonces un eje - - (flecha) de prolongación conecta el eje (flecha) cardán de - la turbina motriz directamente al equipo accionado.

Materiales usados en el compresor axial

Carcasa de admisión de aire

Hierro nodular ASTM-A-436, GR-65-45-12

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

c	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
3.28	0.47	2.67	0.035	0.014	0.00	0.00	0.04	Balance

Microestructura constituida de nódulos de grafito en matriz preferentemente ferrítica.

Alabes variables del estátor IGV, 1° y 2° paso.

Acero inoxidable 17-4 PH endurecido por precipitación.

Análisis químico cuantitativo típico en% de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Co	Al	Fe
0.06	0.35	0.87	0.047	0.015	15.92	3.80	0.10	2.50	0.24	0.28	Bal- lan- ce

Microestructura tipo martensítica.

Dureza: 31 RC.

Carcasa del compresor

Brida - Acero ASTM - A 285 Gr C

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.17	0.69	0.15	0.13	0.019	0.00	0.00	0.03	Balance

Microestructura constituida por ferrita y perlita.

Dureza: 67 RB.

Tubo.- Acero ASTM - A 106 Gr C

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.27	0.60	0.00	0.006	0.018	0.00	0.00	0.03	Balance

Microestructura constituida por ferrita y perlita

Dureza: 73 RB.

Anillos y álabes del estátor.

Acero inoxidable AISI - 410 con temple y revenido.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.12	0.48	0.28	0.015	0.019	12.48	0.62	0.41	Balance

Microestructura constituida de martensita revenida en -
diferentes grados.

Dureza: 23 RC.

Rotor del compresor

Cono delantero

Acero AISI - 4340 con tratamiento térmico de temple y
revenido.

Muñón - Tratamiento superficial de temple por inducción.

Laberintos - Tratamiento superficial de temple por in--
ducción.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.40	0.81	0.79	0.013	0.012	0.84	0.72	0.29	Balance

Dureza: Cuerpo 30 Rc

Muñón: 56 Rc

Laberintos: 56 Rc

Microestructura del cuerpo: martensita revenida.

Microestructura del muñón: martensita agresiva.

Microestructura del laberinto: martensita agresiva.

Alabes del rotor

Del 1° al 10° paso - Acero inoxidable 17 - 4 Ph endurecido por precipitación.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cb	Al	Cu	Fe
0.03	0.64	1.01	0.014	0.006	15.96	3.82	0.10	0.22	0.23	2.60	Bal- lan- ce

Dureza: 31 RC

Microestructura constituida por martensita

Disco de balance

Alabes: Igual a los pasos de 1° al 10°

Cuerpo: Acero AISI - 4340 tratamiento térmico de temple y revenido.

Muñón: Tratamiento superficial de temple por inducción.

Laberintos: Tratamiento superficial de temple por inducción.

Análisis químico típico cuantitativo en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.42	0.76	0.28	0.003	0.006	0.91	1.79	0.29	Balance

Dureza: Cuerpo: 29 RC

Muñón: 52 RC

Laberintos: 52 RC

Chumacera basculante (tilt-pad)

Caja: Acero AISI - 1095 con tratamiento térmico de tem
ple incompleto.

Perno: Acero AISI - 1095 con tratamiento térmico de tem
ple incompleto.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.97	0.38	0.20	0.003	0.020	0.18	0.00	0.02	Balance

Dureza: 58 RC

Microestructura: Fina constituida por martensita y car-
buro precipitado.

Segmento: Bronce SAE - 793.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

Cu	Pb	Sn	Zn	Ni	Fe
83.38	7.16	6.42	2.94	0.00	0.10

Dureza: 78 RE

Microestructura: Partículas de plomo en una solución de
estaño y zinc, en cobre.

Manga sello de laberinto de aceite

Soporte: Acero AISI - 1010

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.90	0.40	0.00	0.003	0.017	0.0	0.00	0.01	Balance

Dureza: 75 RB

Microestructura: Principalmente ferrita y en menor proporción perlita.

Parte interna: metal antifricción bronce SAE-793.

Análisis químico cuantitativo típico en % de peso.

Cu	Pb	Fe	Sn	Zn	Ni
83.09	9.08	0.10	3.19	4.54	0.00

Dureza: 91 RE

Microestructura: Partículas de plomo en una solución sólida de estaño y zinc, en cobre.

Recubrimiento sermetel en los álabes del rotor y estator del compresor axial.

Sermetel es una marca registrada de recubrimientos, fabricada por la División Sermetel Inc., subsidiaria de Teleflex Incorporated, que se ha especializado en recubrimientos de partes críticas de turbinas de gas, como son álabes del rotor y del estator del compresor axial de productores de gas.

El Sermetel es un recubrimiento de tecnología avanzada contra la corrosión, en la cual combina cerámica con partículas de aluminio encapsulado, varios fosfatos y aditivos.

Los componentes metálicos de este sistema de protección, son electroquímicamente más activos que el metal base al que se aplica, de modo que la corrosión ataca primero a dicha -- protección y de esa manera se retarda la del metal base.

La carcasa es un tubo de línea embridado en sus extre-- mos, de 17 - 13/16" de diámetro y 19 7/8" de largo, fabricado en acero ASTM - A 285 Gr C, sin recubrimiento interior. - En dicho tubo van alojados los anillos del estátor del 3° al 11° paso de compresión, 9 en total.

El anillo está fabricado en acero inoxidable AISI - 410. Alabes del rotor y estátor deformados y golpeados.

Material álabes estátor: Acero inoxidable AISI - 410.

Material álabes rotor: Acero inoxidable 17 - 4 PH en endurecido por precipitación.

La turbina del productor de gas consiste principalmente de las siguientes partes:

- Rotor de dos pasos.
- Malla colectora de aire de enfriamiento.
- Carcasa de toberas.
- Toberas del primer paso.
- Diafragma del primer paso.
- Toberas del segundo paso.
- Toberas del tercer paso.

- Diafragma del tercer paso.
- Zapata sello del rotor del primer paso.
- Zapata sello del rotor del segundo paso.
- Zapata sello del rotor de la turbina de potencia.
- Chumacera basculante del rotor de la turbina gasógena.
- Sello de laberinto de la chumacera basculante.

Materiales usados en la turbina gasógena.

Carcasa de combustión.

Acero ASTM - A - 285

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.17	0.69	0.15	0.13	0.018	0.00	0.00	0.03	Balance

Microestructura constituida por ferrita y perlita.

Dureza: 67 RB.

Cámara de combustión anular.

Superaleación Hasteloy X.

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Co	W	Cb	Fe
0.10	0.50	0.50	0.017	0.002	22.00	45.00	8.00	2.24	0.70	0.00	Ba lan ce

Microestructura constituida por precipitados de carburo metálico en una matriz GAMMA.

Dureza: 90 RB.

Rueda del primer paso de la turbina gasógena.

Superaleación A - 286 con tratamiento térmico por envejecimiento.

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mi	Mo	Ti	Al	Co	Fe
0.50	1.50	0.60	0.015	0.00	15.00	25.00	1.30	2.20	0.20	1.65	Ba- lan- ce

Microestructura austenita con precipitados intermetálicos.

Dureza: 24 RC.

Rueda del segundo paso de la turbina gasógena.

Superaleación V-57.

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	Al	B	No	V	Fe
0.08	0.05	0.15	16.00	25.00	4.00	0.15	0.008	1.25	0.30	Balance

Microestructura constituida por precipitados de carburos metálicos en una matriz GAMMA.

Dureza: 24 RC.

Malla colectora de aire de enfriamiento.

Acero inoxidable AISI - 304.

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
2.11	0.45	2.28	0.020	0.005	1.94	31.71	0.93	Balance

Microestructura constituida de nódulos de grafito en -- una matriz.

Flecha de la turbina gasógena.

Acero AISI - 4340.

Análisis químico cuantitativo típico.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0.40	0.81	0.79	0.013	0.012	0.84	1.72	0.29	Balance

Microestructura constituida por martensita revenida para todo el cuerpo, excepto la de tratamiento superficial por inducción donde presenta una microestructura martensítica -- más agresiva.

Dureza: Cuerpo: 30 RC

Muñón: 56 RC

Laberinto: 56 RC

El material de que están hechas las cámaras de combustión, es superaleación forjada Hasteloy X, en láminas de -- 0.0625 plg., de espesor.

Las características más sobresalientes de esta aleación derivadas de los elementos que la forman son los siguientes:

Elevada resistencia mecánica a valores altos de la relación - temperatura de operación de -- temperatura del punto de fu- - sión de la aleación.

Elevada resistencia mecánica - comprendida entre 650 y 1000°C.

Elevada resistencia a la oxida ción en caliente entre 600 y - 1000°C.

Elevada resistencia a la corro sión en caliente a temperaturas en el rango de 1200°C.

Elevada resistencia al choque térmico.

Buena resistencia a la termo-- fluencia.

Debido a que es base ní- - quel y a su alto contenido de molibdeno, 9% en peso.

Debido a que es base ní- - quel y a su contenido de - tungsteno 0.7% en peso.

Debido a su alto contenido de cromo, 22% en peso.

Debido a su alto contenido de cromo, 22% en peso y a su contenido de cobalto, - 2.5% en peso.

Porque el níquel le dá a - la aleación alta ductili-- dad y baja expansión térmi- ca.

Por su alto contenido de - níquel 45% en peso y su -- contenido de cobalto 2.5% en peso.

Efectos de los elementos de aleación en las superaleaciones de cobalto.

ELEMENTO	E F E C T O
Cromo	Resistencia a la corrosión y formador de carburos tipo $M_7 C_3$ y $M_{23} C_6$.
Molibdeno y Tungsteno	Aumenta la resistencia mecánica por solución sólida y contribuyen a la formación de carburos del tipo $M_6 C$ y del intermetálico CoM.
Tántalo y Columbio	Aumenta la resistencia mecánica por solución sólida, contribuyen a la formación de carburos del tipo MC, $M_6 C$ y del intermetálico $Co_3 M$.
Aluminio	Resistencia a la oxidación y forma el intermetálico CoAl.
Titanio	Formador del carburo Mc, del intermetálico $Co_3 Ti$ y $Ni_3 Ti$.
Níquel	Estabiliza la cristalización de la matriz en el sistema cúbico centrado en las caras, y forma el intermetálico $Ni_3 Ti$.
Boro y Zirconio	Resistencia a la termofluencia.
Carbono	Forma los carburos indicados.

En 1964 la Fuerza Naval de U.S.A., estableció un programa para desarrollar aleaciones más resistentes a la corro-

sión, con el objeto de emplearlas en la fabricación de álabes y toberas para turbinas de gas de uso marino.

Las bases del programa fueron las siguientes:

- Desarrollar una aleación para álabes de turbina, -- que combine la resistencia a la corrosión en caliente del Udimet 500, en gases de combustión producidos por el diésel conteniendo 1% de azufre en peso y la ductilidad de la aleación 713 a 870°C.
- Desarrollar una aleación base cobalto para toberas de turbinas que a 1040°C (100 horas de vida a la -- ruptura a 7 Kg/mm²) pero con mayor resistencia a la corrosión en caliente.

Algunas de las aleaciones desarrolladas fueron las siguientes:

MAR - M - 421	de Martín - Metals
UNDIMET 710	de Special - Metals
IN - 738	de Internatónal Niquel Co.
MAR - M - 432	de Martín - Metals

Efectos de los elementos de aleación en las superaleaciones base níquel.

ELEMENTO	E F E C T O
Cromo	Resistencia a la corrosión, forma los carburos $M_{23}C_6$ y M_7C_3 .

Molibdeno y Tugsteno	Resistencia mecánica por solución sólida y forman los carburos MC y M_6C .
Aluminio y Titanio	Forman los precipitados $Ni_3(Al,Ti)$, además el titanio forma los carburos MC.
Cobalto	Eleva la línea solvus para la fase precipitada.
Boro y Circonio	Resistencia a la termofluencia. El boro forma además boruros cuando se presenta en cantidad considerable.
Carbono	Forma los carburos anotados.
Columbio	Contribuye a la formación de los precipitados Ni_3Cb y MC.
Tántalo	Aumenta la resistencia mecánica por solución sólida y junto con el carbono forman el precipitado MC.

El Compresor Centrífugo

Los compresores que se utilizan actualmente en las turbinas de gas son los "Centrífugos" y el "Axial". Existe un límite bastante bien definido en la aplicación de ambos tipos, mientras que el primero domina en unidades cuya potencia útil es inferior a los 600 CV, el axial es privativo de las máquinas de potencias mayores.

El compresor centrífugo o de flujo radial consiste de un impulsor y una carcasa que incluye dos difusores y el colector. El aire penetra axialmente por la succión del compresor hacia el impulsor, el cual le imprime una velocidad angular cuyo reflejo es una fuerza centrífuga que comprime y obliga al aire a fluir hacia la periferia del impulsor y posteriormente a los difusores, los que al reducir la velocidad del aire aumentan aún más su presión.

La experiencia ha demostrado que de los diferentes diseños de impulsores, el mejor es el de álabes radiales, asimismo, que los difusores múltiples generan los mejores resultados especialmente cuando la turbina de gas posee cámara de combustión del tipo multicelular.

Una de las ventajas más sobresalientes de este tipo de compresor es su flexibilidad de operación, es decir, que el compresor centrífugo trabaja satisfactoriamente dentro de un amplio rango de presiones y flujos asociados a diferentes velocidades.

Ventajas e inconvenientes

Además de la flexibilidad de operación, el compresor centrífugo presenta las ventajas siguientes:

- a) Construcción barata.

- b) Eficiencia tolerable en atmósferas que contienen - -
 polvos.
- c) Alta relación de compresión por etapa.
- d) Longitud reducida.

Por otra parte, sus principales inconvenientes son:

- a) Eficiencia total y capacidad relativamente reducidas.
- b) Construcción complicada cuando la máquina es de va--
rias etapas.
- c) Area frontal considerable.

El Compresor Axial.

El compresor axial es una máquina compuesta por un mo--
tor que gira dentro de un estator; en ellos están colocados
los álabes, estos son superficies aerodinámicas en forma de
ala de avión. Los álabes están dispuestos de tal manera que
se forman hileras alternadas, móviles y fijas. Al conjunto
formado por una hilera móvil y la siguiente, fija, se le de--
nomina etapa y la presión del aire al final de ésta es lige--
ramente superior a la de la entrada, por lo que es necesario
colocar varias etapas en serie con el objeto de tener una re--
lación de compresión tan considerable. El área anular forma--
da por el rotor y el estator se reduce progresivamente para
acomodar al aire, que por efecto de la compresión reduce su
volumen específico.

Tipos de Empaletados.

Una de las diferencias principales en el diseño de los compresores axiales (y de las turbinas) radica en la forma de los álabes. En efecto, mientras unos constructores eligen un tipo de álabes con grado de reacción constante, y especialmente el llamado "Alabes Simétricos" (50% de reacción) otros prefieren utilizar un tipo de álabe cuyo grado de reacción aumenta desde su base hacia su extremo, con el objeto de satisfacer las condiciones de flujo con Vértice Libre. El resultado es un álabe muy torcido, si se le compara con el álabe con grado de reacción constante, que es sensiblemente recto.

El álabe de reacción constante requiere de altas velocidades para obtener una eficiencia satisfactoria por etapa. Así, la velocidad axial del aire y la velocidad tangencial del extremo de la paleta son del orden de 200 y 370 m/seg. respectivamente. Estas condiciones conducen a integrar pérdidas elevadas en la descarga del compresor: sin embargo, este tipo de álabe tiene una relación de compresión por etapa superior hasta en un 10% que la del álabe con vértice libre.

Por lo tanto, los compresores contruidos con álabes con reacción constante resultan de pocas etapas, para una relación tal de compresión determinada. Lógicamente, este tipo de empaletado es muy propio para fines aeronáuticos.

Los álabes de vórtice libre poseen una relación de compresión por etapa del orden de 1.104 a 1.121 y eficiencias - hasta de 90.0% y por lo tanto, más elevada que la del álabe de reacción constante, además, la velocidad axial del aire - es del orden de 120 m/seg., mientras que la del extremo de - la paleta radica en la vecindad de 240 m/seg. Estas velocidades relativamente bajas, prolongan la vida útil del propio empaletado y del compresor, por lo que su empleo es muy - - atractivo para máquinas industriales: permitiendo, además, - el acoplamiento directo entre el turbogruppo y la máquina impulsada.

Para ambos tipos de empaletados se ha demostrado que la eficiencia de la etapa obtiene su valor máximo en la vecindad del 50% de reacción, disminuyendo casi linealmente hasta el 97.8% de su valor máximo para un grado de reacción del -- 80% después de este punto, el descenso de eficiencia es más pronunciado, de tal forma que para un grado de reacción de - 100% la eficiencia es 93.4% de su valor óptimo. Esto justifica la elección, por parte de algunos fabricantes, del álabe simétrico, mientras que otros prefieren el álabe de vórtice libre con un grado de reacción de 50% en su parte media, - no obstante que este tipo de álabe, presenta considerables - dificultades para su fabricación.

Por lo que concierne al número de etapas del compresor axial la práctica indica que el máximo es 17, resultando - -

unas relaciones de compresión total hasta de 10.

Cuando el ciclo termodinámico requiere de niveles superiores, es necesario dos o tres compresores axiales en serie, con el objeto de obtener las dimensiones y las velocidades angulares más favorables y consecuentemente, una operación más satisfactoria de los mismos.

COMPRESOR C 304/C 305 CENTRIFUGO PARA GAS NATURAL

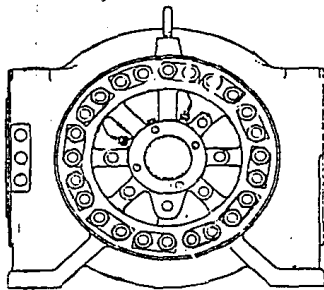
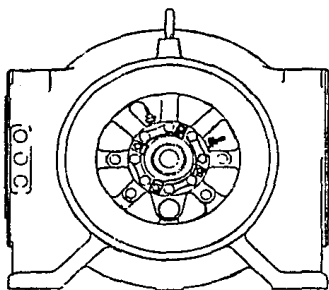
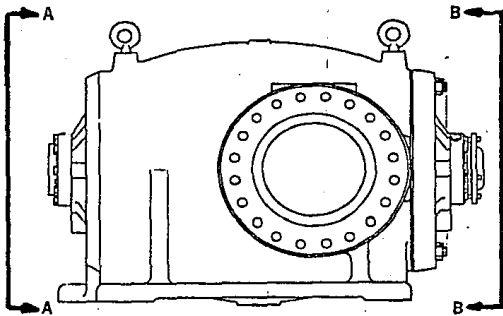
El compresor de gas, es un compresor centrífugo, diseñado para un servicio eficiente en servicio de baja presión. - Los rangos de presión son, 1.2 a 1, hasta 2.4 a 1 (en el compresor C 304) y 3.5 a 1 (en el compresor C 305), y los rangos de flujo de 700 a 6000 pies cúbicos por minuto.

Uno, dos, tres o cuatro etapas en el C 304, o tres, - - cuatro, cinco o seis etapas en el C 305. Cada estado lo forman la cavidad del estator y el impulsor.

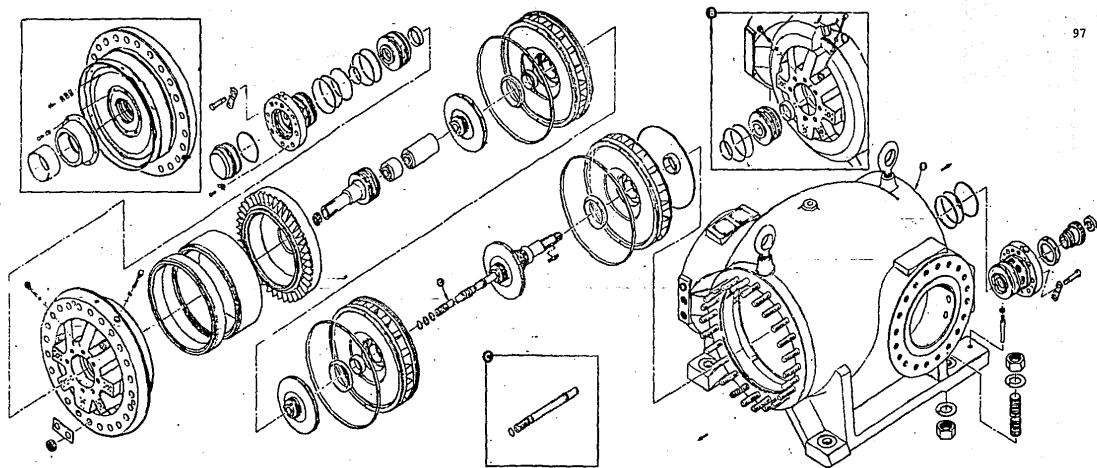
El Compresor de Gas Natural se compone de:

La caja o bastidor, tapas, cojinetes y sellos de ensamble; componentes aerodinámicos; aceite de lubricación, sello de aceite y sistemas de sello antifugas.

La caja tipo camisa incorpora un sistema integral de -- puertas de succión y descarga, un barreno a través del centro para los componentes aerodinámicos, los soportes para el compresor son integrados al mismo en el bastidor.



Compresor C 304/C305



COMPRESOR C 304/305

El aceite lubricante, sello de aceite y el sistema de -
conexión están localizados en las etapas de succión y des--
carga.

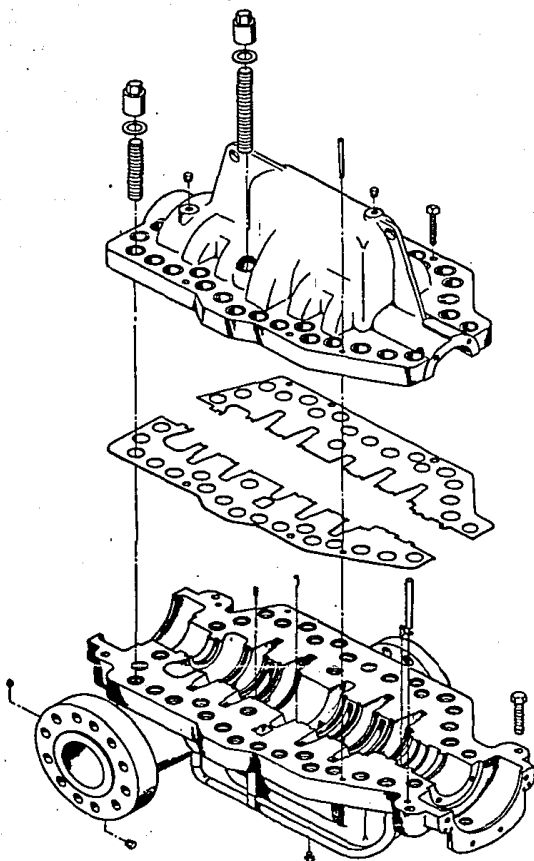
Los componentes aerodinámicos incluyen componentes esta-
cionarios, y componentes rotacionales, todos en la barra lon-
gitudinal de la caja del compresor.

Los componentes rotacionales aerodinámicos constan del
rotor de montaje. El rotor de montaje contiene un árbol de
entrada, un árbol de salida, uno o seis impulsores, árbol --
central y sello.

Los impulsores están ensamblados en la periferia y el -
rotor es soportado en los extremos por los cojinetes y se---
llos de ensamble.

BOMBAS CENTRIFUGAS

Estas máquinas para trasiego de líquidos se basan en -
los mismos principios que los ventiladores centrífugos utili-
zados para mover masas de aire y otros gases, y su funciona-
miento sigue las mismas leyes generales. Las bombas centrí-
fugas son máquinas de velocidad relativamente elevada y ge-
neralmente son acopladas directamente a una turbina de vapor
o a un motor eléctrico. El agua entra en el impulsor por su
centro, fluye radialmente hacia afuera y abandona la perife-
ria del impulsor a una velocidad que es la resultante de la



BOMBA BINGHAM. 4 ETAPAS

velocidad periférica del álabe del impulsor y de la velocidad relativamente del líquido. En la envolvente o carcasa de la bomba, en cuyo interior gira el rodete impulsor, la velocidad del líquido (agua) va decreciendo gradualmente, y la energía de movimiento se transforma en energía de presión. El líquido que se bombea queda a presión y sale de la bomba venciendo la resistencia que encuentra a su paso.

Las bombas centrífugas pueden agruparse, desde el punto de vista comercial, como sigue: de espiral, de turbina (difusor), y de flujo axial; por número de escalonamiento; de aspiración simple, y de doble aspiración, de impulsor abierto y de impulsor cerrado; horizontales y verticales.

Clasificación de las bombas por el número de revoluciones específicas.

El rodete reviste formas muy variadas y aún caprichosas cuando la aplicación particular lo requiere.

Los rodetes de tipo semicerrado sólo tienen dos álabes para evitar obstrucciones por los sólidos en suspensión que arrastra la corriente, este tipo de rodete sirve para bombear pasta de papel para achique de aguas sucias, así son los rodetes que tienen algunos barcos.

Las caras inferior y posterior forman una caja, entre ambas caras se fijan los álabes.

Sistema Difusor

El sistema difusor en una bomba consta de tres elementos:

Corona Directriz

Caja de Espiral

Cono Difusor

no siempre existen tres elementos. En las bombas de alta calidad sí existen los tres. Su función de estos elementos es transformar la energía dinámica que da el rodete en energía de presión con el mínimo de pérdidas.

Selección de Maquinaria.

Generalidades.

El proceso de manufactura, es el procedimiento mediante el cual se transforma la materia prima, en cuanto a su forma, dimensiones y acabado superficial requeridos; dando, a su vez, otras características, como dureza, ductilidad, reducción de tensiones internas (relevado de esfuerzos), etc.

La ejecución racional de un proceso de manufactura, busca la exactitud de dimensiones, la economía del proceso y la rapidez de ejecución del proceso en la pieza.

De acuerdo con el principio físico fundamental de transformación, podemos citar cuatro grupos principales de proceso de manufactura, que son:

- a) Procesos de fundición.
- b) Procesos de deformación.
- c) Procesos por corte con arranque de viruta.
- d) Procesos especiales.

Por el criterio de finalidad, tenemos el siguiente agrupamiento:

- a) Proceso para modificar la forma de los materiales.
- b) Procesos que provocan un desprendimiento de viruta - para obtener las piezas dentro de las tolerancias indicadas.
- c) Procesos para obtener acabados superficiales.
- d) Procesos para unir materiales.
- e) Procesos utilizados para modificar las propiedades físicas de los materiales o piezas.

La compra de la maquinaria, exige la necesidad de un plan e investigación, de puntos que pongan en relevancia, los factores, técnicos y de costo, que hagan económica la adquisición de una máquina.

Maquinaria para una fábrica nueva.

Es necesario, antes de adquirir una máquina, considerar los siguientes puntos, que nos darán los elementos para determinar el tipo, capacidad, operaciones, rentabilidad, etc.

de la máquina, estos puntos son:

- 1.- Especificaciones del producto. Materiales, piezas, operaciones, que se necesitan.
- 2.- Estimación del volumen de fabricación.
- 3.- Diagramas de operaciones para las piezas, submontajes y montaje final.
- 4.- Listas de operaciones por clase de máquina.
- 5.- Estimación de tiempos estándar de las operaciones, estimar capacidad de cada máquina, función de esto es la cantidad de máquinas que se requerirán, en el proceso.
- 6.- Estudio de disposición de la maquinaria, para obtener los rangos de tamaño de la maquinaria.

En cuanto a situaciones particulares, para cada máquina conviene cuestionarse, una vez elegida una máquina:

- a) Grado de avance de la obsolescencia técnica contra - otras máquinas.
- b) Velocidad, calidad, resistencia frente a otras marcas.
- c) Sofisticación electrónica y grado de seguridad.
- d) Versatilidad de operaciones.
- e) Facilidad de preparación del trabajo, comodidad, man

tenimiento.

- f) Costos de mantenimiento.
- g) Grado de economía de materiales.
- h) Vida útil estimada.
- i) Período de recuperación de la inversión.

La industria de la turbomaquinaria, exige la colaboración de industrias de apoyo, ya que son tantos los elementos de integración, que unificada sería altamente difícil operar controlando todas las variables óptimamente.

Al igual que otras industrias, como la automotriz, aeronáutica, electrónica, se requieren industrias de apoyo, quedando el papel de las primeras como el de integradores de -- una gran cantidad de productos, necesarios pero que salen en acciones, del contexto en el que están situadas.

La necesidad de componentes plásticos, obliga a la industria automotriz, cuya función primordial es la elaboración de vehículos automotores, depender de otra industria -- que es la de plásticos para allegarse de estos elementos, -- que ella no hace.

De hecho, toda la industria requiere de otros elementos productores, para satisfacer sus necesidades de materiales, máquinas, elementos elaborados usados en procesos, etc., que obliga a establecer a cada empresa como una integradora de -- recursos.

A pesar de que los procesos de manufactura puedan ser - muy diferentes, para cada componente, el integrador final -- con otros, quizá algunos ya aplicados a ese componente, da - forma a un producto resultante de ese último transformador.

Así, en empresas que producen automóviles, los procesos de manufactura (integradores de componentes) son similares, o generalizando, muy equivalentes, entre cada una de las empresas. Las fábricas de ropa, difieren una de la otra muy -- poco en cuanto a la confección de sus prendas, dada única-- mente por el tipo de prenda.

Podríamos citar muchos más procesos, en la que el artículo final, independientemente de la empresa citada, ha se-- guido similares procesos de transformación.

La turbomaquinaria no es la excepción. Al igual como - se hace una bomba ZULZER (en cuanto a procesos de manufactu-- ra implicados), se obtiene una WORTHINTONG.

En circunstancias como las que nos ocupan, de que la industria de la turbomaquinaria no está totalmente desarrollada, es decir, falta el elemento integrador final de todos -- los demás elementos que componen este sector, es conveniente tomar elementos de otras fuentes ya establecidas y en su caso, hasta consolidadas, para obtener el nacimiento de ese - integrador final.

Sentar las bases de factibilidad es un proyecto que nos

cupa, tarea nada fácil, si observamos que esta área de la industria no ha sido desarrollada, más aún, no se ha intentado su exploración, salvo contados intentos a muy pequeña escala, por algunos institutos, con fines científicos.

Concluyendo. La industria de la turbomaquinaria es de lo más completa que existe, por el grado de industrias de -- aporte en torno a ella, tomando elementos de los ya existentes pretendemos sentar las bases de una industria integrad--ra, como lo sería la de la turbomaquinaria, citando los elementos más generales en la producción, de modo que se tengan las variables y características que una empresa como ésta requeriría con un grado de dispersión lo más reducido posible, que sirvan como eje estimativo de las necesidades, tamaños, tecnologías, economías, etc., que girarían en torno a una empresa como éstas.

Selección de Procesos.

De una consideración de una empresa ya consolidada, para las partes de compresores, bombas y turbinas, tendríamos que podemos usar los siguientes elementos:

Un flujo de operaciones como el siguiente (no necesariamente en el orden que se presenta, dadas las características de cada pieza).

Recepción de los materiales.

Fundición.

Corte.

Maquinado.

Solado (unión de materiales).

Tratamientos térmicos.

Embarque.

Particularizando para cada elemento:

P r o c e s o

Turbina de gas	<p>Fundición (álabes, carcasa, bastidor).</p> <p>Maquinados convencionales (torneado fre-sado, rectificado, etc.).</p> <p>Formado en frío y caliente.</p> <p>Maquinados no convencionales (electroero-sión para algunos elementos especiales).</p> <p>Soldadura.</p> <p>Tratamientos térmicos (revenido, temple, etc.).</p>
Compresor	<p>Fundición (carcasa, bastidor).</p> <p>Maquinados convencionales (torneado, fre-sado, rectificado, etc.).</p> <p>Soldadura.</p>
Bomba	<p>Fundición (carcasa, bastidor).</p> <p>Maquinados convencionales (torneado, fre-</p>

sado, rectificado, etc.).

Soldadura.

Estimación de la capacidad requerida.

Partiendo del conocimiento de la capacidad instalada de una planta ya establecida, en la producción de turbomáquinas hidráulicas con una capacidad de 67 875 H.H./Año.

La forma de estimar la capacidad de la planta indica -- considerar:

- a) El mercado disponible para el producto.
- b) El número mínimo de máquinas necesario para el proceso de máquinas.
- c) El área disponible para cada trabajador.

De acuerdo a una estimación podemos considerar un mercado de 407 Hp/año, para los próximos años. Por otra parte, - de acuerdo a datos estadísticos de empresas fabricantes de - partes para turbomáquinas (Escher Wyss, Mitsu bishi), para - producir 746 Hp, MW de energía son necesarios 500 Hrs/hombre.

Suponiendo, para el proyecto un 50% del total del mercado esto es 204 Hp/año y un 50% de integración en una etapa - inicial, lo anterior nos da una capacidad inicial del proyecto.

Capacidad de la planta: $407 \text{ Hp/año} \times 50\% \text{ del mercado} \times$
 $50\% \text{ de integración} \times 500 \text{ H/ Hp}$

= 50 875 H.H./año.

Capacidad de la planta: 50 875 H.H./año.

Maquinaria (cifras en miles) precios de octubre de 1988.

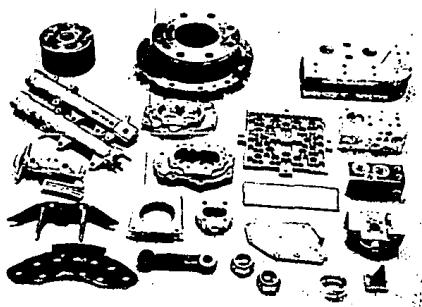
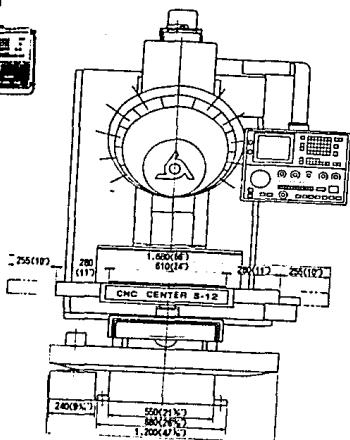
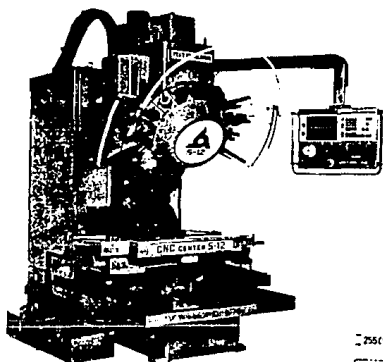
Se describe la maquinaria más importante y más general, usada en los diferentes procesos, de acuerdo a diferentes -- plantas de la industria metalmeccánica, que maneja procesos -- semejantes a los utilizados en una gran parte de los compo-- nentes de las turbomáquinas, estos son:

Proceso de Fundición.	Valor
Horno de arco, temperatura de envasado - - 2680°C, coraza placa de acero, bóveda de ace <u>ro</u> , recubrimiento interior electrofundido -- con enchaquetado para enfriamiento. Capaci-- dad 670 Kg/Vaciado.	\$ 805,166
Horno eléctrico de inducción, temperatura má <u>x</u> ima 2850°C crisol de 15" x 30".	213,294
Horno eléctrico de inducción, crisol 0.20 x 0.20 x 0.70 metros. Capacidad 0 - 2000°C, recubrimiento especial.	250,588
Troqueladora de 15 golpes/minuto. Capacidad 100 ton., mesa de trabajo 30 x 50 cms.	462,978
Troqueladora de 10 golpes/minuto. Capacidad	

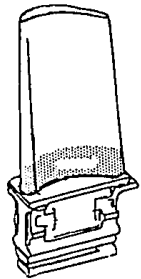
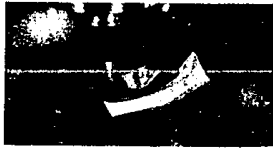
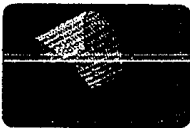
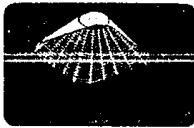
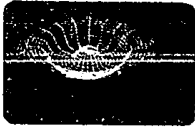
	Valor
200 ton., mesa de trabajo 30 x 50 cms.	\$ 482,787
Troqueladora de 15 golpes/minuto. Capacidad 150 ton., mesa de trabajo 60 x 100 cm.	682,618
Troqueladora de 10 golpes/minuto. Capacidad 200 ton., mesa de trabajo 60 x 100 cm.	842,880
Prensa mecánica de doble montaje. Capacidad 500 ton., 10 golpes/minuto, mesa de trabajo 27.43 x 20.32 cm.	1'753,176
Prensa mecánica de doble montaje. Capacidad 600 ton. 11 golpes/minuto, mesa de trabajo 30 x 22 cm.	1'872,929
Máquinas Convencionales.	
Tornos	
Vertical, Volteo 2.5 m. Capacidad 500 Kg.	1'575,266
Vertical, Volteo 0.90 m. Capacidad 120 Kg.	850,469
Vertical, Volteo 2.5 m. Capacidad 800 Kg.	1'209,713
Paralelo, Volteo 10 m., distancia entre centros 3000/5000.	244,720
Torno Nef Cnc., Volteo 6.6 m., longitud en-- tre centros 2000 mm.	208,000
Paralelo, Bancada 1.3, Volteo 0.60 m.	16,140

Valor

Torno de control numérico, distancia entre - centros 15 m. hasta 30 m., Volteo 7 m., Re- volver 12 posiciones.	492,318
Torno de control numérico, distancia entre - centros 10 m., Volteo 5 m., Revolver 12 posi- ciones.	353,099
Centro de maquinado vertical marca Mazak mo- delo VQC - 30/50B, con mesa de 750 x 1750 mm. distancia entre columnas: 860 mm, eje X: - - 1500 mm., eje Y: 760 mm., eje Z: 508 mm., -- Rango de velocidades 20 - 3150 RPM, motor -- 12 HP, Capacidad de herramientas 23, peso de la máquina 800 Kg. (2 centros)	2'851,500
Taladros y Fresadoras.	
Centro de maquinado eje XYZ - 120" x 41".	513,225
Taladro radial, brazo 1.95 m., mesa de 0.60 x 0.70 x 0.60	68,430
Taladro CNC, mesa 72" x 44".	702,667
Fresadora copiadora con pantógrafo tridimen- sional, mesa para copiado 0.30 x 0.20	588,787
Fresadora horizontal, mesa 1200 x 290 mm.	124,088
Fresadora copiadora, mesa 520 x 750 mm. peso máximo 1000 Kg.	



PIEZAS MECANIZADAS EN EQUIPO COMPUTARIZADO
FRESADORA CON 12 HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMERICO (CNC)



Los mecanizados especiales se realizan con equipos computarizados (CNC)

Centro de maquinado con el que es posible mecanizar los álabes.

	Valor
máximo 1000 Kg.	\$ 888,060
Centro de maquinado, campo de trabajo XYZ 300 x 400 x 500 mm.	321,350
Equipos Varios	
Rectificadora de superficies planas, mesa 0.79 x 0.17 m, cinco piezas.	107,405
Cepillo de codo, carro 0.82 m, mesa 0.30 x 0.40.	115,315
Seguete mecánica, longitud de corte 13"	10,135
Maquinados no Convencionales	
Electroerosionador, penetración de electrodo 0.10 m, con tina de trabajo con aceite -- 0157 x 0.36 x 0.36, desplazamiento transver- sal 1.12 m.	164,858
Electroerosionador, penetración 0.20 m, tina 0.57 x 0.36 x 0.36	477,584
Electroerosionador, penetración electrodo 0.10 m.	142,457
Máquina de electroerosión, campo de trabajo XYZ 500 x 350 x 350 mm, electrodos 150 Kg., peso máximo pieza 550 Kg., superficie de tra	

	Valor
bajo 450 x 650 mm.	\$ 243,521
Cepillo de codo, carrera 500 mm, mesa 500 x 355 mm, tres piezas.	64,110
Rectificadora, capacidad 1000 x 300 mm.	218,292
Soldadura	
Máquina punteadora, capacidad 40 KVA.	19,430
Soldadura por costura, con transformador a 440 KVA.	266,147
Soldadura por costura, corriente directa, capacidad 2 500 KVA.	220,934
Soldadura por resistencia tipo proyección con 75 KVA.	450,000
Equipo para soldar integrado por pinzas neu- máticas microprocesador, cuadro de termopori- zación con secuencias para soldadura para -- programación digital.	394,250
Grúa Viajera con claro de 10 m., desplaza- miento de 30 m., capacidad 30 ton.	700,000
Grúa Viajera con claro de 5 m. y 30 m. de -- desplazamiento y capacidad de 10 ton.	200,000
Polipasto eléctrico capacidad de 1/2 ton.	20,000

Valor

Tratamientos Térmicos

Horno eléctrico, capacidad 0-2000°C, para - relevado de esfuerzos.	\$ 395,161
Horno para tratamientos térmicos -3000°C.	164,858
Horno para temple de 300 KW.	<u>477,584</u>
Total	\$ 23'425,519 =====

Si se tiene una jornada semanal discontinua de 48 horas al año serán 2304 Hrs./año, tomando un factor de utilización de cada máquina de un 75% considerando que existen tiempos - en preparación de piezas, suplementario, improductivo, imputable al trabajador, mantenimiento, las horas productivas serían:

$$2304 \times 0.75 = 1\,728 \text{ Hrs./máquina-año.}$$

de este modo, podemos obtener la capacidad de la planta para cada turno diario.

$$\text{Capacidad de la planta: } 45 \times 1,728 = 77,760 \text{ Hrs./Hombre-} \\ \text{Máquina}$$

Considerando el número de empleados existentes en empresas del área de las turbomáquinas, por la capacidad de equipo, tomamos un estimado preliminar de 90 personas, considerando un total de 6.30 H.H./Día efectivo, para cada jornada, tendría:

$$95 \times 6.3 = 585.5 \text{ H.H./Día}$$

Número de días laborales al año 286 días por lo que el total de la planta en H.H./Día es de:

$$555.5 \times 286 = 167,453 \text{ H.H./año.}$$

Resumiendo:

- a) Capacidad de planta (H.H./Año)
50,875 H.H./Año
- b) Capacidad de planta (H.H./Máquina).
77,760 H.H./máquina
- c) Capacidad de la planta (H.H./Día de producción)
167,453 H.H./Día.

de a) Capacidad teórica, necesaria para la producción de --- equipos, tenemos en días de producción con respecto a la capacidad de la maquinaria inicial:

$$\text{que } \frac{(77\ 760 \text{ H./Año}) (746 \text{ PH})}{500 \text{ H.H.}} = 116,018 \text{ HP/año}$$

La capacidad media de los equipos está alrededor de los 5000 HP, por lo tanto nos da un total inicial de:

$$\frac{116,018}{5000 \text{ HP}} \text{ HP/Año} = 23 \text{ máquina/año}$$

para turbinas de gas.

Aproximadamente el 10% de las máquinas instaladas por - PEMEX, hasta mayo de 1987.

CAPÍTULO V

LOCALIZACION DE LA PLANTA

El problema de la localización del proyecto se aborda - en dos etapas: en la primera se elige la zona general en que se instalará y en la segunda se elige el punto preciso, considerando ya los problemas de detalle (Costos de Terreno, Es tículos Fiscales, Facilidades Administrativas).

La primera etapa de localización se hace tomando en -- cuenta los mercados y la infraestructura (caminos, ff.cc., - agua, combustibles, energía eléctrica, drenajes, tuberías, - etc.).

De acuerdo a la figura pueden distinguirse tres zonas - significativas. De donde se puede elegir la zona general, - como una primera opción de localización.

La segunda etapa de localización, se encuentra ya defi- nida por la primera, por lo que la localización se hace en - base a la zona elegida en la primera parte.

Se hace una evaluación geográfica, técnica, política y social de las ciudades localizadas en la zona.

Disponibilidad y características de la mano de obra.

La industria de transformación ha atraído a la población a los centros urbanos, dando origen, en su rápido crecimiento, a las grandes concentraciones humanas del país; estas son:

Distrito Federal
Tlalnepantla
Naucalpan
Monterrey
Guadalajara
Puebla
León
Torreón
Ciudad Madero
Salamanca
Reynosa
Poza Rica
Lázaro Cárdenas
Altamira

La mayor población de la República se encuentra en la meseta de Anáhuac, tanto por su clima o por ofrecer regiones planas para la agricultura.

Mediana población registran las llanuras costeras de Tamaulipas y Veracruz, en el litoral del Golfo.

Escasa población hay en las llanuras de Altiplanicie -- Septentrional.

En general todo el país cuenta con suministro de energía eléctrica.

La totalidad de las ciudades industriales tienen abastecimiento continuo interrumpido sólo por fenómenos no controlables (lluvia, sismos, accidentes, etc.).

Nuestro país, tiene en la gran mayoría de las ciudades, industriales o no, problemas de abastecimiento de agua potable. Pero los actuales sistemas de reciclaje de agua permiten abastecerse de considerables volúmenes de agua y salvar este obstáculo, ayudando también a la preservación del medio ambiente, tan necesario en nuestros días.

Aún cuando las necesidades de agua no sean tan marcadas como en las industrias papeleras, textil, refresqueras entre otras.

Existen disposiciones de descentralización de la industria, pero en las ciudades de mayor concentración industrial se están concentrando las plantas que generan los insumos necesarios para el desarrollo de las demás industrias. Monterrey, Guadalajara, Toluca y Cd. de México, son los ejemplos más comunes.

Servicios oficiales: En México son los siguientes.

Sistemas de Telecomunicación:

Teléfono

Telégrafo

Correo

Telex y Telefax

Sistemas de asistencia social

Hospitales

Guarderías

Servicios municipales

Agua potable

Alcantarillado

Vigilancia

Actitud de la comunidad

La industria de transformación ha atraído a la población a los centros urbanos, por ser este proyecto una posible fuente de ingresos para algunos miembros de ella y por no ser altamente dañina a la ecología del lugar.

Conclusiones

De todo lo anterior se puede tomar en cuenta, para el desarrollo del proyecto, los siguientes sitios:

Puebla

Querétaro

León

Toluca

Lázaro Cárdenas

Altamira

Conclusiones: Por disposiciones legales, se rechaza la Cd. de México.

Ventajas Impositivas

Por un decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de febrero de 1979, se dió a conocer el -- Programa de Desconcentración Territorial de las actividades Industriales. Con lo cual se divide al país en tres zonas:

ZONA I: De estímulos preferenciales.

IA: Desarrollo portuario industrial

IIA: Desarrollo urbano industrial

ZONA II: De propiedades estatales.

Los municipios de estas zonas serán designados por los gobiernos estatales de una manera que puedan integrarlos a - sus planes de desarrollo industrial.

ZONA III: De ordenamiento y regulación.

IA: Crecimiento controlado

IIA: De consolidación

A fin de realizar una evaluación adecuada de los dife--

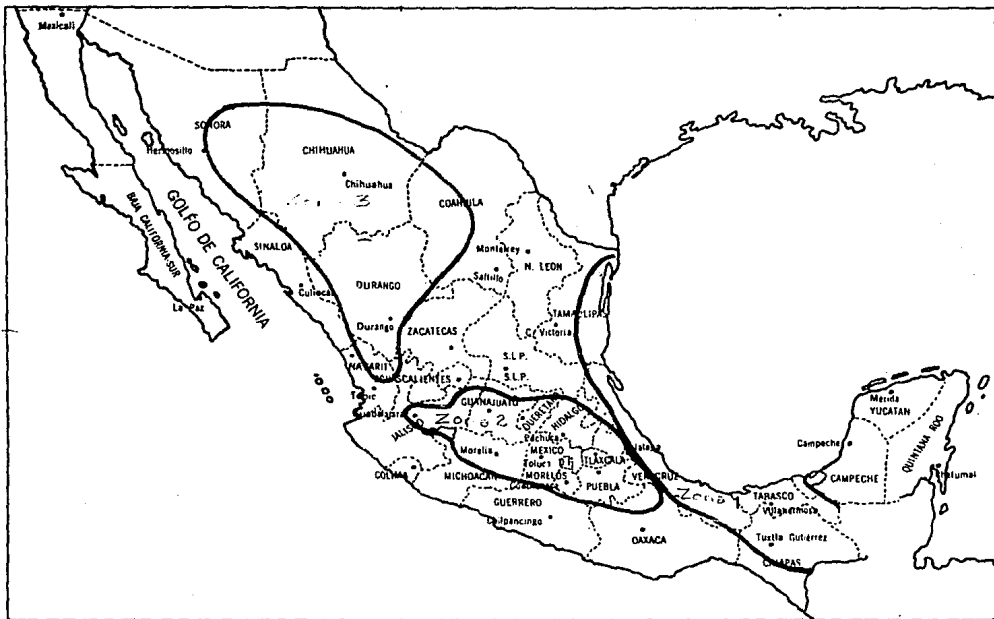
rentes lugares posibles de localización de la empresa, se ha ce una tabla con el siguiente concepto:

Se analizan los factores: materia prima, mercados, costos, etc. Dándoles un peso relativo a través de una clasificación. De modo que

Calificación (1 - 5)

FACTOR	CALIF.	PUEBLA	QRO.	LEON	TOLUCA	L.CARDENAS	ALTAMIRA
MAT. PRIM.	10	5/10	3/30	3/30	4/40	5/50	3/30
CARRETERA	10	5/50	4/40	3/50	5/50	5/50	5/50
FERROCARRIL	8	4/40	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40
TELEFONO	8	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40
AEROPUERTO	7	5/35	4/28	1/7	5/35	5/35	5/35
TELEX	4	5/20	2/8	1/4	4/16	5/20	5/20
TRANSPORTE							
URBANO	5	3/15	3/15	4/20	3/15	3/15	3/15
AGUA	8	1/8	4/32	4/32	4/24	1/8	3/24
LUZ	10	5/50	5/50	5/50	5/50	5/50	5/50
CONDICIONES							
POLITICAS	10	1/10	5/50	5/50	2/20	1/10	1/10
COND. SOC.	7	1/7	5/35	5/35	2/14	1/7	4/28
MANO DE OBRA	9	5/45	3/27	3/25	4/36	5/45	4/36
TERRENO	5	1/15	5/25	5/25	3/15	3/15	2/10
CLIMA	2	4/8	4/8	3/6	4/8	2/4	4/8
MERCADO	10	2/50	1/10	1/10	3/30	3/30	1/10
COSTO DE							
TRANSPORTE	10	5/50	3/30	3/10	4/40	2/20	2/10

En la tabla se puede observar que la mejor opción es - Querétaro seguida Toluca y Lázaro Cárdenas.



CAPÍTULO VI

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Introducción

Los costos de proyecto son costos de inversión y comprenden el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa, adquiriéndose los bienes de una vez durante la construcción y se utilizan a lo largo de su vida útil, estos constituyen el activo fijo de la empresa. Bajo la premisa anterior y debido a la etapa inflacionaria por la que atraviesa el país, es característica del proyecto, ser lo más austero posible, ya que, si la inversión inicial es grande, la empresa estará obligada a vender más, lo cual es muy riesgoso debido a la incertidumbre del mercado.

Lo anterior da pauta para determinar la capacidad de la planta y preveer el tipo de crecimiento, por lo que se proyecta el conjunto mínimo necesario para tener la capacidad de fabricación en el plazo menor y así empezar a amortizar la inversión, una vez que se empiecen a obtener ganancias, éstas se reinvertirán en ampliaciones que vayan integrando el proceso de fabricación.

Debido a las características del proyecto, no se espera

tener ganancias a corto plazo, por lo que se busca también - que los costos de ventas no se eleven mucho por concepto de la depreciación de maquinaria y edificios, para que los productos fabricados sean competitivos.

Componentes de los costos de inversión

Los rubros que componen la inversión fija son:

- a) Costos de las investigaciones y estudios previos.
- b) Costos de los terrenos para la instalación.
- c) Costos de estudio del proyecto.
- d) Equipo industrial y maquinaria
- e) Obra civil
- f) Costo de instalaciones auxiliares
 - Area de sistemas especiales
 - Energía eléctrica
 - Drenaje sanitario
 - Agua de alimentación
- g) Costo de instalación de los equipos
- h) Costos de transferencia de tecnología
- i) Costos indirectos
 - Organización de la empresa
 - Oficinas administrativas
 - Personal

- Gastos de representación

- j) Costos de Ingeniería y Administración durante la -- construcción, montaje y puesta en marcha.
- k) Escalación de los precios unitarios durante la construcción.
- l) Imprevistos (accidentes, seguros de maquinaria, etc.)

Método de Lang

La estimación de inversiones en los componentes de una planta puede realizarse por medio de métodos específicos. -- Que brinden una exactitud razonable, sin necesidad de entrar en detalle de construcción lo cual origina un ahorro de tiempo y capital.

Los costos de equipo por instalar o bien la inversión - del equipo puesto en planta, pueden ser usados como una base para estimar el costo de plantas completas.

El estimar cuidadosamente la inversión en el equipo necesario para la producción es sumamente útil, ya que a par--tir de esta se pueden obtener los demás renglones que vanã - integrar las empresas utilizando factores empíricos encontrados al analizar una serie de industrias.

Los principales estudios de este tipo son los realiza--dos por Lang y Chilton. Los métodos propuestos por ellos se

desarrollan tomando como base los costos de la maquinaria y equipo principales los cuales son determinados en primer término y los costos de inversión en el resto de los componentes de la empresa son obtenidos multiplicando los primeros - por factores obtenidos en sus estudios.

Hans J. Lang desarrolló a partir de un análisis en cierto número de industrias químicas un método para estimar inversiones tomando como base el costo del equipo de producción puesto en planta.

Para efectos de su estudio agrupó dichas empresas clasificándolas bajo rangos determinados por el monto total de inversión fija, subdividiéndolas a su vez por el tipo de materiales manejados en sus procesos, siendo éstos: sólidos, sólidos-líquidos y fluidos.

La inversión total fija la desglosó en las partidas más significativas de la rama industrial en estudio, las cuales se enumeran a continuación:

- 1.- Acondicionamiento del terreno
- 2.- Edificios
- 3.- Equipo de proceso
- 4.- Tubería de proceso
- 5.- Instalaciones eléctricas
- 6.- Servicios

7.- Otros gastos de instalación

Enlistó los datos de los renglones mencionados obteniendo de ellos promedios aritméticos y medianas, analizó los costos relativos de cada una de las partidas en relación al costo total, obteniendo con ello porcentajes. Por último relacionando estos porcentajes con la inversión en maquinaria y equipo, obtuvo factores que mediante su manejo, proporcionan un método simplificado para la estimación de inversiones en cada una de las partes que integran la inversión total fija de la empresa.

A continuación se expone el método de Lang.

B	=	A (1.43)	-----	1
C ₁	=	B (1.10)		
C ₂	=	B (1.25)	-----	2
C ₃	=	B (1.60)		
D ₁	=	C ₁ (1.50)		
D ₂	=	C ₂ (1.50)	-----	3
D ₃	=	C ₃ (1.50)		
E ₁	=	D ₁ (1.31)		
E ₂	=	D ₂ (1.35)	-----	4
E ₃	=	D ₃ (1.38)		

Combinando las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 tenemos que

$$E_1 = A(1.43) (1.10) (1.50) (1.31)$$

$$E_2 = A(1.43) (1.25) (1.50) (1.35) \text{ ----- } 5$$

$$E_3 = A(1.43) (1.60) (1.50) (1.38)$$

Efectuando operaciones

$$E_1 = A(3.10)$$

$$E_2 = A(3.63) \text{ ----- } 6$$

$$E_3 = A(4.74)$$

Que son las ecuaciones generales de Lang.

De donde E_1 = Factor general de Lang para plantas de
proceso sólido.

E_2 = Factor general de Lang para plantas de
proceso sólido líquido

E_3 = Factor general de Lang para plantas de
proceso líquido

Donde

A = Costo total del equipo de producción en
la planta.

B = Costo total del equipo de producción en
la planta.

$C_{1,2,3}$ = Costo total del equipo y tubería ya
instalada.

$D_{1,2,3}$ = Inversión en la construcción total sin considerar otros costos, tales como imprevistos y varios.

$E_{1,2,3}$ = Inversión total en la construcción de la planta considerando otros costos.

1.43 : Factor correspondiente a incremento por instalación.

1.10,1.25,1.60 : Factores correspondientes al incremento por la tubería

1.50 : Factor correspondiente al incremento por edificio y accesorios.

1.31,1.35,1.38 : Factores correspondientes al incremento por gastos generales.

El método anterior está basado en el costo del equipo de producción puesto en planta, teniéndose a continuación un factor que incluye la instalación del equipo, subsecuentemente a esto se cuenta con los factores que nos van a incrementar la inversión necesaria hasta llegar a la ecuación general de Lang que proporciona la inversión total requerida.

Método propuesto

La decisión de llevar adelante un proyecto, significa asignar a su realización una cantidad de variados recursos

que se pueden agrupar en tres grandes tipos:

- a) Los que requiere la instalación del proyecto, mismos que constituyen el capital fijo o inmovilizado del proyecto.
- b) Los requeridos para la etapa de funcionamiento propiamente dicha, o sea, los que forman el capital de trabajo circulante.
- c) Los que son erogados por adelantado, creando con estos derechos para con la empresa, mismos que constituyen el activo diferido.

Los puntos b) y c) son una aportación al método.

Activos Fijos

El activo fijo comprende el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa.

Se adquiere de una vez dentro de la etapa de instalación del proyecto y se utiliza a lo largo de su vida útil. Su valor monetario constituye el capital fijo de la empresa.

La cuantía relativa y la naturaleza de los rubros integrantes de la inversión fija varían considerablemente según los diversos tipos de proyecto. En términos generales son los siguientes:

- a) Costo de las investigaciones, experiencias y estudios previos.
- b) Costo del terreno para la instalación.
- c) Costo del equipo principal para el proceso.
- d) Costo de la instalación de los equipos.
- e) Costo de los equipos auxiliares.
- f) Costo de la instalación auxiliaria
- g) Costo de la ingeniería y administración de la instalación.
- h) Costo de la puesta en marcha.
- i) Costo de los transportes.
- j) Imprevistos y varios.

Dada la naturaleza de la industria investigada sólo se tomaron como significativos los puntos a,b,c,d,e y g, los cuales se detallan a continuación.

Maquinaria y equipo principal para el proceso: como se verá dicho rubro se considera el más importante, ya que a partir de él, podrán ser calculadas las partidas restantes de la inversión fija, así como la correspondiente al capital de trabajo.

En el presente análisis fue incluido el costo de instalación dentro del renglón correspondiente a maquinaria y - -

equipo.

Terrenos y edificios incluyendo servicios: en general, los terrenos y edificios son parte de la inversión financiera, pero no de la inversión financiera, en el sentido de la formación del capital, pues el pago que se efectuó para obtener su dominio no implica formación de ahorros ni representa un aporte al acervo renovable.

Los servicios a los que se hace referencia son aquellos como plomería, alumbrado, aire, etc.

Transportes: Los medios de transporte dentro de la inversión total están sujetos a depreciación, por lo cual, entran en el acervo o patrimonio físico de la empresa.

Otros activos fijos: Se agrupan aquí, por una parte renglones diversos que no fueron tomados en cuenta dentro de las partidas anteriores como son: herramientas, muebles y equipos de oficina.

Capital de Trabajo

Se llama capital circulante o de trabajo al patrimonio en cuenta corriente que necesitan las empresas para atender las operaciones de producción.

Así, en el caso de la industria manufacturera basta -- contar con todos los equipos e instalaciones para tener pro-

ducción; es preciso mantener un inventario de materias primas, repuestos y materiales diversos en almacén, bienes en proceso de elaboración, productos terminados en existencia, bienes en tránsito para la distribución y cuentas por cobrar. Se trata de acervos sustancialmente distintos de los que integran el capital fijo y por eso se designan como bienes de cuenta corriente de la empresa, a diferencia de los bienes de capital que integran los activos fijos.

Los límites precisos del concepto varían según los propósitos del análisis en que se va a emplear.

Los banqueros, contadores e inversionistas privados suelen definir el capital de trabajo también en términos netos es decir, como la diferencia entre los activos en cuenta corriente. Estos compromisos abarcan las deudas que se liquidarán dentro del año en curso ordinario de funcionamiento de la empresa. Por lo tanto, la aceptación neta del capital de trabajo lleva implícita la idea de a corto plazo, con créditos de diversa índole.

Ambas aceptaciones deben considerarse en la preparación de proyectos. Para fines de análisis interesa al economista conocer la totalidad de la inversión comprometida. Los bienes de inventarios son bienes sustraídos al consumo pues -- aunque circulen y giren a lo largo del año una proporción -- del volumen de giro queda permanentemente al margen del con-

sumo y a medida que algunos valores van saliendo por un extremo de la cadena productiva, otros entran tomando su lugar.

En cambio para el inversionista son significativos los beneficios que obtendrá con su capital propio y por ello le interesa más la expresión del capital circulante en términos netos. Este último está estrechamente relacionado con el -- problema del financiamiento a corto plazo, que será más difícil de precisar dada su naturaleza que el largo plazo. Pese a ello, conocidas las condiciones locales, siempre será posible realizar algún tipo de estimación sobre la cuantía del -- pasivo en cuenta corriente.

Caja y Bancos: Contablemente la caja representa dinero en efectivo como son: billetes de banco, monedas, cheques, -- giros bancarios, etc. La cuenta de bancos representa el valor de los depósitos a favor del negocio hechos en distintas -- instituciones bancarias.

Cientes, documentos por cobrar y deudores diversos: -- los primeros, son personas o negociaciones que deben a la em presa por haberles vendido mercancías a crédito, y a quienes no se exige especial garantía documental. Los documentos -- por cobrar son títulos de crédito a favor del negocio tales como letras de cambio, pagarés, etc. Los deudores diversos son personas que deben al negocio por un concepto distinto -- de la venta de mercancías.

Inventarios: Es la suma de inventario general de materias primas, materiales en proceso y productos terminados. - En este método se han tomado las partidas componentes del capital de trabajo como promedios del ejercicio considerado.

Activo Diferido

El activo diferido está integrado por todas aquellas erogaciones realizadas por la empresa por el pago de bienes o servicios que se recibirán en un futuro. Dentro de este renglón fueron consideradas las rentas pagadas por adelantado, primas de seguros, propaganda y publicidad, etc. Este rubro como en el caso del capital de trabajo fue tomado en cuenta del promedio del ejercicio.

Del capítulo V (Factibilidad Técnica) obtenemos la partida de maquinaria que arroja un costo total de:

\$ 23,425,519,000

Por lo que sustituyendo este valor en la fórmula general, obtenemos el valor estimado de la planta \$23'425,519,000

$$E_1 = \$ 23,425,519 (3.10)$$

$$E_1 = \$ 72,619,108,000$$

A precios de noviembre de 1988 con equipo totalmente nuevo.

CONCLUSIONES

La industria de la turbomaquinaria, y en particular la de grandes turbinas de vapor, ha experimentado gran dinamismo tecnológico y económico, actualmente algo más estabilizado.

Se dan grandes cambios en el comercio internacional, -- donde el primer exportador mundial es ahora Mitsubishi, en -- Japón, y en segundo GEC, de Inglaterra. Este último con -- planta moderna, pero con capacidad similar a la que alcanzará la demanda de México en una década.

El mercado mexicano es significativo, similar o mayor a algunos países europeos con producción propia. Por reducido que sea el desarrollo del mercado nacional, en breve alcanzará la capacidadde plantas importantes.

La ingeniería de la turbomaquinaria se aplica a un conjunto muy variado de equipos modernos que cada vez adquieren mayor importancia. En sus aplicaciones se trata de equipos vitales (electricidad, transporte, industrias).

El conjunto de industrias vinculadas a la turbomaquina-

ria (y en las cuales ésta es determinante en calidades y dimensiones básicas) forma la columna vertebral de todos los bienes de capital pesados. La misma fundición y forja pesadas que suministra piezas para turbomaquinaria también lo hace para equipo complementario y grandes bienes de capital de otras industrias usuarias (minería, metalurgia, siderurgia, cemento, petroquímica, petróleo, etc.)

Así puede reiterarse que la turbomaquinaria es una de las líneas de bienes de capital con aplicaciones críticas, con la ingeniería de diseño y fabricación relativamente estabilizados, pero muy modernos, y que forma el núcleo de la industria dinámica de bienes de capital.

Se cuenta con gran parte del equipo en el país para, -- con pequeñas inversiones adicionales lograr un significativo grado de integración en la fábrica de turbinas.

Es esencial no sólo evitar la fragmentación del mercado, sino lograr una experiencia común en términos de la tecnología, ingeniería y fabricación de la turbomaquinaria, que son aplicables en buena medida a los distintos tipos de fabricación de la turbomaquinaria, que son aplicables en buena medida a los distintos tipos de fabricación previsible, en el campo de los bienes de capital, con algunas adaptaciones y amplificaciones.

La evolución de las necesidades energéticas de la indus

tria en general, establece un crecimiento más pronunciado para el renglón eléctrico que para el mecánico.

Las características particulares de los diferentes tipos de este primotor y las necesidades especiales de las distintas ramas de nuestra industria, exigen la consideración de la turbina de gas en el campo de la generación de energía mecánica y térmica.

La del Petróleo

Esta industria constituye en sí, un conjunto de aplicaciones muy atractivas para la turbina de gas. En efecto para la extracción del petróleo de pozos. Por la situación de los yacimientos petrolíferos, la disponibilidad de un motor térmico es de especial importancia y por las características de potencia y velocidad (1000 a 10 000 CV con 9000 y 4000 - RPM) establecidas por las máquinas impulsadas.

La conducción por tubería del petróleo crudo y gas natural desde las zonas de producción hasta las plantas de proceso y sus derivados, hasta los centros de consumo, implica la existencia de estaciones de bombeo o recompresión, según el caso. Este campo constituye una aplicación natural de la -- turbina de gas puesto que sus características de operación -- se adaptan perfectamente a las de las turbomáquinas centrífugas, formando turbogrupos que satisfacen plenamente las con-

diciones de operación de los ductos.

En la refinación del petróleo se consume una gran cantidad de energía térmica y que en las instalaciones clásicas - se suministra en forma de Vapor de Proceso, procedente de -- turbinas de vapor de contrapresión y ocasionalmente de calderas de mediana y baja presión. Por otra parte, los equipos-auxiliares de una refinería, como los que integran los sistemas de aire comprimido, enfriamiento, suministro de agua de servicio, contra incendio, etc., establecen necesidades de potencia que se suman a la demanda ocasionada por el transporte del crudo y sus productos, a través de los procesos.

Este panorama induce a considerar la instalación de conjuntos "Turbina de gas, Caldera de recuperación", para la generación simultánea de energía eléctrica y vapor de proceso.

La Industria Siderúrgica

Para la producción de hierro de primera fusión en los - Altos Hornos se requieren grandes volúmenes de aire a presiones relativamente bajas. Por cada tonelada de hierro producido se requieren aproximadamente 3.5 toneladas de aire con una presión que varía de 1.1 a 3.3 Kg/cm² man. Durante la - reducción del mineral de hierro se genera una gran cantidad de gas inflamable constituido principalmente de Nitrógeno y Monóxido de Carbono y cuyo poder calorífico es del orden de-

800 a 900 Kcal. Esas condiciones han colocado al compresor axial impulsado por una turbina de gas en una posición muy ventajosa con respecto a otros arreglos.

Servicios Generales

Los procesos efectuados en las plantas de tratamiento de aguas negras requieren el paso de grandes cantidades de aire a baja presión a través de los lo-os, dentro de los recipientes llamados "Tanques de digestión". Este aire se combina con la materia orgánica presente en los tanques y fluye hacia la superficie. Este gas es muy propio para la utilización en las turbinas de gas y generalmente se dispone en cantidades suficientes para proporcionar la potencia necesaria para los compresores del proceso y además, para otros servicios auxiliares de la propia planta.

El problema nacional del suministro de energía es muy complejo no solamente por la variación instantánea de la demanda sino por el incremento constante de la misma, de ahí -- que su solución sea doble, la premisa inicial implica la necesidad de disponer de máquinas de tipo "base" combinadas -- con máquinas de tipo "Pico". La experiencia ha demostrado -- que la relación de capacidad entre estas y la total del sistema se asegura la economía óptima es del orden de 15 al 35%. La segunda premisa implica la necesidad de instalar nuevas -- plantas cuya capacidad, número y tipo requieren un estudio muy

profundo.

La electrificación del país se realiza a base de grandes obras hidráulicas en las regiones del sur y suroeste, -- mientras que en el norte el dominio es de las plantas térmicas a vapor, pero en todo el territorio nacional será de -- gran utilidad la disposición de plantas con turbinas de gas que por su rápida instalación e inversión mínima operen como unidades de generación de potencia intermedia cerca de los -- centros de consumo, durante las fases de construcción de las plantas de gran potencia.

La Turbina de Gas como Máquina de Emergencia.

Las principales industrias de tipo transformativo, como son la siderúrgica, la del aluminio, la petrolera, así como su nueva filial, la petroquímica, por citar solo algunas, -- funciona sobre la base de operación continua. Lo que determina una exigencia constante del suministro de energía eléctrica. Enfatizando que hasta una breve interrupción del servicio causa serios problemas a la operación e irreparables -- daños al equipo, traduciéndose lógicamente, en una pérdida -- económica.

La misión de una máquina de emergencia es suministrar -- la energía necesaria que asegure la continuidad de los servi -- cios indispensables de la instalación para evitar los sinies

tros, cuando falle la fuente normal de energía. Es indispensable que el suministro energético de emergencia se realice instantáneamente al ocurrir la falla.

La Industria Química, Textil y Azucarera.

La diversificación de procesos y productos de la industria química, las necesidades particulares de la azucarera y las capacidades tan variadas de la textil, establecen problemas energéticos muy distintos y complejos y que, por su importancia merecen la consideración específica de cada uno de ellos, quedando fuera de nuestro propósito su análisis. La consideración de la turbina de gas en sus diferentes tipos y capacidades, para la satisfacción de las demandas energéticas de electricidad y calor deberá compararse en función de los diferentes métodos para la generación simultánea de energía.

BIBLIOGRAFIA

Investigación directa de datos en la industria del calzado y su manejo para establecer índices utilizables en la estimación de Inversiones.
J.M. CORTES ROCHA
México 1971, UNAM. F.1.

Turbomachinery International
Julio/Agosto 1987, Vol. 28, No. 5
BPA, USA.

Turbomachinery International Hand Book
1985-1986,
BPA, USA.

Turbomachinery International Hand Book
1987-1988,
BPA, USA.

Análisis de las posibilidades de la Turbina de Gas en el Medio Mexicano.
JOSE MANUEL NIETO CARDOSO
México, D.F. 1966

36 Reparaciones más comunes en las Turbinas Solar Centauro del Sistema Troncal Ductos Centro.
Centro de Reparaciones San Martín Texmelucan
PEMEX 1986, México.

Apuntes de diseño de sistemas productivos.
Ing. Juan J. Dimatteo Comorran
F.I. 1984, México.

Manual de Composiciones químicas de aleaciones Hastelloy.
Haynes International, Inc.
Kokomo IN. 1987, USA.

Apuntes de Procesos de Manufactura
F.I. UNAM, 1985, México.