

25
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

**APLICACIÓN DE LA REINGENIERIA EN
MAQUINAS TURBO-BOMBAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

JUAN DE DIOS FLORES ARMENTA

ASESOR:

ING. ALFONSO J. ESPINOSA NAVARRO

MÉXICO

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

268975



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

JUAN DE DIOS FLORES ARMENTA
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 8 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. ALFONSO J. ESPINOSA NAVARRO pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA EN MÁQUINAS TURBO-BOMBAS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, Méxco., 21 de septiembre
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/Ila.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

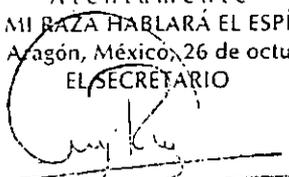
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 23 de octubre del año en curso, por la que se comunica que el alumno JUAN DE DIOS FLORES ARMENTA, de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA EN MÁQUINAS TURBO-BOMBAS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

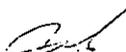
Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 26 de octubre de 1998
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBÁRR ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/lla.



AGRADECIMIENTOS

A Dios que me presto la vida y me dio las facultades necesarias para lograr una de las metas principales que tengo en esta vida.

**A mis Padres. Maria Armenta de Flores
Jesús Flores Cordero**

**A mis Hermanos. Martha Patricia Flores Armenta
Luis Gerardo Flores Armenta
Claudia Monica Flores Armenta
Gabriela Flores Armenta
Arturo Flores Armenta**

A mi Primo. Alfredo Flores Gómez

A mi Tia. Celia Flores Cordero

A mi Asesor. Ing. Alfonso J. Espinosa Navarro

A mi Novia. Karla Lopez Castellanos

INDICE

	No.
Introducción.....	1
CAPITULO I	
Codificación de materiales de alta pureza.....	4
Procesos de producción.....	6
Normas y comparaciones.....	11
Composiciones nominales de las superaleaciones.....	14
Características y propiedades.....	15
CAPITULO II	
Tecnología de las turbo-bombas y partes componentes.....	33
Mantenimiento preventivo y correctivo.....	35
Turbina de gas de alto rendimiento.....	37
Partes componentes de una turbina gasógena.....	39
Esquema de la turbina gasógena.....	46
Vista lateral de un ciclo combinado.....	50
CAPITULO III	
Clase de bombas.....	53
Bombas de potencia de movimiento alternativo.....	54
Bombas accionadas directamente por vapor.....	57
Bombas rotatorias.....	58
Bombas sin pistones.....	65
CAPITULO IV	
Funcionamiento, rendimiento y eficiencias de una maquina turbo-bomba.....	67
Materiales y capas de protección.....	75
Construcción de la turbina a gas.....	76
Rendimiento.....	79

CAPITULO V

Aplicación de la reingeniería en una maquina

turbo-bomba Ruston. Modelo Ta 1750.....	84
Plan de avance.....	84
Secuencia de trabajo.....	88
Maniobras de acomodo.....	89
Desensamble general de los paquetes.....	90
Remanufactura general de contenedor y patin.....	93
Remanufactura de ensambles mayores.....	95
Remanufactura de sistemas y componentes.....	97
Ensamble general.....	98
Pruebas operativas.....	101
Proyecto de programación y avance.....	103
Condensado de datos y operaciones.....	104
Recursos humanos.....	108
Recursos materiales.....	109

CAPITULO VI

Conclusiones y comentarios personales.....	111
---	------------

BIBLIOGRAFIA.....	114
--------------------------	------------

INTRODUCCION

Actualmente, la situación de la industria se ve reflejada en una crisis marcada en todos sus aspectos.

En lo que se refiere a la industria considerada como metal-mecánica, nos orilla a pensar en la RE-INGENIERIA.

La aplicación de la **re-ingeniería** se justifica desde el momento que somos un país tercermundista y el refaccionamiento actual, aparte de ser obsoleto; siempre es con un tiempo de entrega elevado, independientemente su costo y mantenimiento.

Se penso en la aplicación de la reingeniería en máquinas turbo-bombas, ya que dichas máquinas son de vital importancia para el sistema de bombeo en la Ciudad de México,

El aplicar la **re-ingeniería** en dicho equipo y en cualquier máquina " no " sólo es cambiar piezas, sino que se debe de contemplar en modernizar, actualizar e incluso mejorar el diseño anterior.

Daré énfasis al área metal-mecánica de toda la turbo-bomba, en lo que se refiere a las diferentes secciones que incluye dicha máquina, las áreas o secciones complementarias, serán mencionadas en una sección anexa.

Es de hacer notar que el equipo mencionado es de los años 50, y se tienen actualmente en operación, y se utilizan en equipos subterráneos que están colocados estratégicamente para evitar el no abastecimiento del combustible a la Ciudad de México.

Las zonas consideradas críticas son las que en su momento requieren mayor desarrollo y mención.

Su justificante es que; como la palabra " **re-ingeniería** "; implica un proceso de ingeniería en forma que se le debe de dar énfasis al desarrollo de las propiedades, y estas con respecto a los materiales desgastados, para que con ello tomar la decisión y corregir dicha anomalía.

En lo que se refiere a las secuencias que guarda la palabra turbobomba, en todas las zonas se deberá tener en cuenta que:

En el año de 1905 Alfred J. Buchi. ideó un sistema de sobrealimentación para el aprovechamiento de los gases de un motor creando de esta forma lo que se le conoce actualmente como sistema **turbo-cargado**.

Esta idea tardó en divulgarse ya que la primera aplicación práctica, ocurrió en el año de 1923, cuando se instaló en un motor diesel marino y después este proceso su desarrollo es día con día.

Se pensó en dicho tema por la simple razón que la " **reingeniería** " es un reto que NO cualquier persona acepta, ya que no es digna de confianza hasta que se justifique ampliamente y esta justificación debe repercutir en costos, funcionamiento y adaptación a la maquinaria.

Los grandes consorcios (extranjeros) no están de acuerdo en la aplicación de la " **reingeniería** " y argumentan que el equipo no alcanzará

la eficiencia a la cual fue diseñada dicha maquinaria y hacen lo imposible para guardar sus " secretos " y con ello lograr un mercado cautivo.

En lo personal creo que los inconvenientes son pocos y se mencionaran dentro de las ventajas y las desventajas de la reingenieria.

Cuando aplicamos la ingeniería se realiza siguiendo parámetros y principalmente para mejorar los diseños anteriores y/o actuales.

Se dará importancia a los siguientes elementos, tiempo de producción, mano de obra, secuencia productiva y costos actualizados con el apoyo tecnológico correspondiente.

Hay que tomar en cuenta que todo equipo rotativo debe tener una área de calidad y balanceo dinámico.

Al finalizar en un anexo, se darán las conclusiones correspondientes y en su momento haremos énfasis en las **NORMAS de CALIDAD** para lograr la satisfacción total del uso y adaptación del equipo mencionado.

ATTE. Flores Armenta Juan de Dios.

CAPITULO I

CODIFICACION DE MATERIALES DE ALTA PUREZA

Superaleaciones para la Ingeniería Aeroespacial

La evolución de los motores de turbina de gas de las aeronaves pioneras en su ramo, dependió de los materiales que se han desarrollado hasta hoy en día, aunque se desconocía la resistencia a la temperatura, esfuerzo y oxidación. Con esto en mente el gobierno Británico comisionó a la INCO para realizar un reto, y producir materiales con los niveles requeridos con dichas propiedades. Esta investigación culminó en 1941 en la primera serie de altas demostraciones de SUPERALEACIONES, NIMONIC aleación 75 que es una aleación para soportar altas tenacidades, INCONEL; INCOLOY y NIMONIC son una serie de aleaciones desarrolladas subsecuentemente por Inco Aleaciones Internacionales.

Breve reseña histórica.- La ingeniería de las turbinas a gas concierne a la propulsión de aeronaves civiles y militares. Los nuevos estándares para composición de materiales están cambiando todo el tiempo para las aeronaves, esto se hace para que estas puedan volar más alto, más rápido y sean más económicas y así mismo más silenciosas. Todos estos requerimientos dan lugar a nuevas demandas en

prototipos de materiales para operar a altas temperaturas y altos esfuerzos de ruptura o tenacidad mientras la calidad, seguridad y la confianza que conllevan se actualizan paralelamente, gracias al factor tecnológico.

Las superaleaciones son para apoyar los programas de manufactura y demandas de diseño para los años venideros.

Desde sus centros de producción en los E.U. y Europa, Inco ha abastecido siempre las necesidades de la industria aeroespacial por más de 50 años, para mantener el liderazgo en este campo, la institución ha estado haciendo investigaciones significativas en el desarrollo de aleaciones y capacidades de producción. Por ejemplo, se reconocen las necesidades de la industria para improvisar la producción de SUPERALEACIONES puras, es por esto que ahora ofrece el más comprensivo rango de rutas de fundición, incluyendo aspiradoras de inducción para reciclamiento, las aspiradoras son para refundición y electrofundición de partes de aleaciones mecánicas y procesos de automatización a base de gas inerte.

Para mantener el rango de calidad como el sustituto ideal de las superaleaciones en el mundo, Inco efectúa auditorias en sus rutas de producción y controles de calidad que se realizan por las autoridades de la aviación civil nacional y los departamentos de la defensa del gobierno nacional y todos los constructores de motores de turbina de gas.

Esto es solo con la finalidad de mantener el concepto de calidad total.

Procesos de producción utilizados.



1)



2)

1.) Proceso de arco eléctrico

2.) Molde en el aire (fundición aerostática)



1)



2)



3)

1) Fundición inducida en el aire.

2) Refinamiento al vacío

3) Molde en el aire.

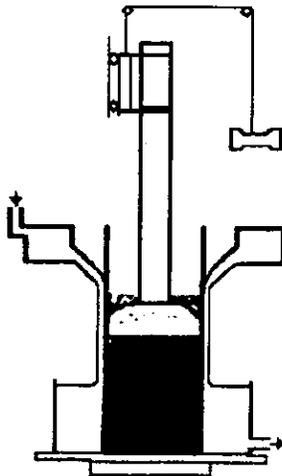


1)

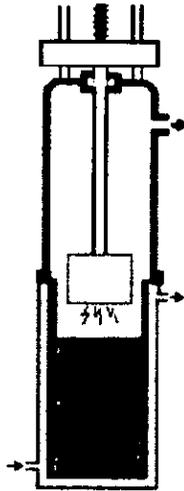
2)

1) Fundición inducida en el aire.

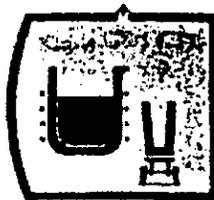
2) Molde vaciado en el aire.



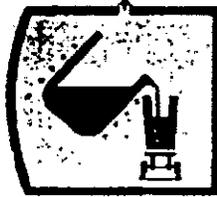
Reciclamiento electrostático.



Reciclamiento por medio de arco eléctrico al vacío.



Fundición inducida al vacío.



Fundición aerostática.

La capacidad de fundición electrostática de la Inco, incluye 4 opciones en los E.U y 3 más en Inglaterra.

La última tecnología para el horno de la INCO en Inglaterra incluye alimentación de electrodos por medios electromecánicos y/o semiautomáticos y control de fundición automático unido a un programa de computación, lo más reciente en tecnología.

De acuerdo a la metalografía se exponen a continuación las partes componentes más importantes de la turbo-bomba y con ello el material de aporte en dichas zonas.

1.- Aspas o alabes de compresión

INCONEL Aleación 718
NIMONIC Aleaciones 90 y901
INCOLOY Aleación 909

2.- Discos, compresores y estatores.

INCONEL Aleación 718
NIMONIC Aleaciones 80-A, 90, 105, 901, AP1, PK31 y PK50.

3.- Aspas o alabes de turbina gasógena.

INCONEL Aleaciones MA754 y MA6000
NIMONIC Aleaciones 80-A, 90, 91, 101, 105 y 115.

4.- Flecha de la turbina de potencia.

INCOLOY Aleaciones 903, 904, 907 y 909.
INCONEL Aleaciones 706, 718 y X-750
INCO Aleación MS-250
NIMONIC Aleaciones 80-A y 90.

5.- Cubierta y anillos

INCOLOY Aleaciones 903, 907, 909 y MA 956
INCO aleación HX
INCONEL Aleaciones 706, 718 y X750
NIMONIC Aleaciones 75, 80-A, 86, 90, 263, 901, PE16, PK33 y
PK50

6.- Fabricaciones de lámina (quemadores, ductos y sistemas
exteriores)

Motores de combustión y Revertidores (sopladores)

INCOLOY Aleación MA 956
INCONEL Aleaciones 600, 601, 617, 625, 718 y X750
INCO Aleación HX
NIMONIC Aleaciones 75, 86, 263, PE11, PE16 y PK33

COMPOSICIONES NOMINALES DE SUPERALEACIONES AEROSPAZIALES

ESPECIFICACIONES Y DESIGNACIONES POR INCO

Designaciones	UNS	SAE AMS	ASME	British Standard	Werkstoff Nr	AFNOR	AECMA	
INCONEL 600	NO6600	5540	SB-163	3072 (NA 14)	2,482	NC 15 Fe		
		5580	SB-166	3073 (NA 14)				
		5665	SB-167	3074 (NA 14)				
		5687	SB-168	3075 (NA 14)				
		7232	SB-564	3076 (NA 14)				
INCONEL 601	NO6601	5715			2,485			
		5870						
INCONEL 617	NO6617							
INCONEL 625	NO6625	5581	SB-443	3072 (NA 21)	2,486	NC 22 D Nb		
		5599	SB-444	3074 (NA 21)				
		5666	SB-446	3076 (NA 21)				
		5837	SB-564					
INCONEL 706	NO9706	5605						
		5606						
		5701						
		5702						
		5703						
INCONEL 718	NO7718	5589			2,467	NC 19 Fe Nb	Pr EN 2404	
		5590			2,467		Pr EN 2405	
		5596						Pr EN 2407
		5597						Pr EN 2408
		5662						Pr EN 2652
		5663						Pr EN 2691
		5664						Pr EN 3219
		5832						
INCONEL X-750	NO7750	5542	SB-637	HR 505	2,467	NC 15 Fe T		
		5582						
		5583						
		5598						
		5667						
		5668						
		5669						
		5670						
		5671						
5698								

ESPECIFICACIONES Y DESIGNACIONES POR INCO

Designaciones	UNS	SAE AMS	ASME	British Standard	Werkstoff Nr	AFNOR	AECMA
		5699					
		5747					
		7246					
INCONEL MA754	N07754						
INCOLOY 903	N19903					Z3 NK 38	
INCOLOY 907	N19907						
INCOLOY 909	N19909						
INCOLOY A-286	S66286	5625	SA-638	HR 51	1,498	Z3 NCT 25	Pr EN 2119
		5726		HR 52			Pr EN 2171
		5731		HR 650			Pr EN 2173
		5732					Pr EN 2174
		5734					Pr EN 2175
		5737					Pr EN 2303
		5858					Pr EN 2398
		5895					Pr EN 2399
							Pr EN 2417
INCO IIX	N06002	5390	SB - 435	HR 6	2,467	NC 22 FeD	Pr EN 2182
		5536	SB - 572	HR 204	2,467		Pr EN 2183
		5587	SB - 619				Pr EN 2184
		5588	SB - 622				Pr EN 2185
		5754	SB - 626				
		5798					
		7237					
INCO MS 250		6519					
NIMONIC 75	N06075			HR 5	2,465	NC 20 T	Pr EN 2293
				HR 203	2,463		Pr EN 2294
				HR 403	2,463		Pr EN 2302
				HR 504			Pr EN 2306
							Pr EN 2307
							Pr EN 2308
							Pr EN 2402
							Pr EN 2411
NIMONIC 80A	N07080			3076 (NA 20)	2,465	NC 20 TA	Pr EN 2188
				HR 1	2,463		Pr EN 2189
				HR 201	2,463		Pr EN 2190

ESPECIFICACIONES Y DESIGNACIONES POR INCO

Designaciones	UNS	SAE AMS	ASME	British Standard	Werkstoff Nr	AFNOR	AECMA
				HR 401			Pr EN 2191
				HR 601			Pr EN 2396
							Pr EN 2397
NIMONIC 90	N07090	5829		3075 (NA 19)	2,463	NCK 20 TA	Pr EN 2295
				HR 2	2,463		Pr EN 2296
				HR 202			Pr EN 2297
				HR 402			Pr EN 2298
				HR 501			Pr EN 2299
				HR 502			Pr EN 2400
				HR 503			Pr EN 2401
							Pr EN 2412
							Pr EN 2669
							Pr EN 2670
NIMONIC 105				HR 3	2,463	NK 20 CDA	Pr EN 2179
					2,463		Pr EN 2180
							Pr EN 2181
NIMONIC 115				HR 4	2,463	NK 20 ATD	Pr EN 2196
							Pr EN 2197
NIMONIC 263	N07263	5872		HR 10	2,465	NCK 20 D	Pr EN 2199
				HR 206	2,465		Pr EN 2200
				HR 404			Pr EN 2201
							Pr EN 2202
							Pr EN 2203
							Pr EN 2418
NIMONIC 901	N09901	5660		HR 55	2,466	Z8 NC DT 42	Pr EN 2176
		5661			2,466		Pr EN 2177
							Pr EN 2178
NIMONIC PE11				DTD 5037		Z8 NC D 36	
NIMONIC PE16				HR 55		NW 11 AC	
				HR 207			
				DTD 5057		NC 19KDwv	
NIMONIC PK50	N07001	5704			2,465	NC 20 K14	Pr EN 2193
		5706					Pr EN 2194
		5707					Pr EN 2195
		5708					Pr EN 2406
		5709					Pr EN 2958
		5828					Pr EN 2960
							Pr EN 3220

COMPOSICION NOMINAL % DE INCO ALEACIONES INTERNACIONALES SUPERALEACIONES INTERNACIONALES

Aleación	Ni	Cr	Fe	Ti	Al	Mo	Nb	Co	Otros
INCONEL 600	76.0	15.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INCONEL 601	60.5	23.0	14.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
INCONEL 617	52.0	22.0	1.5	0.0	1.2	9.0	0.0	12.5	0.0
INCONEL 625	61.0	21.5	2.5	0.0	0.0	9.0	3.6	0.0	0.0
INCONEL 706	41.5	16.0	37.0	1.8	0.2	0.0	2.9	0.0	0.0
INCONEL 718	54.0	18.0	18.5	0.0	0.0	3.0	5.1	0.0	0.0
INCONEL X-750	73.0	15.5	7.0	2.5	0.7	0.0	1.0	0.0	0.0
INCONEL MA 754	77.5	20.0	1.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	Y203 0.6
INCONEL MA 8000	68.5	15.0	0.0	2.5	4.5	2.0	0.0	0.0	Y2O3 1.1; W 4.0; Ta 2.0
INCOLOY 903	36.0	0.0	42.0	1.4	0.9	0.0	3.0	15.0	0.0
INCOLOY 904	32.5	0.0	51.0	1.6	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0
INCOLOY 907	36.0	0.0	42.0	1.5	0.03	0.0	4.7	13.0	Si 0.15
INCOLOY 909	36.0	0.0	42.0	1.5	0.03	0.0	4.7	13.0	Si 0.4
INCOLOY MA 856	0.0	20.0	74.0	0.5	4.5	0.0	0.0	0.0	Y2 O3 0.5
INCO A-286	25.5	15.0	56.5	2.1	0.0	1.25	0.0	0.0	0.0
INCO MS 250	19.0	0.0	76.0	1.4	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
INCO HX	47.5	21.8	18.5	0.0	0.0	9.0	0.0	1.5	W 0.6
NIMONIC 75	60.0	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NIMONIC 80A	76.0	19.5	0.0	2.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
NIMONIC 81	67.0	30.0	0.0	1.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
NIMONIC 86	65.0	25.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	Ce 0.03
NIMONIC 90	60.0	19.5	0.0	2.5	1.5	0.0	0.0	16.5	0.0
NIMONIC 91	48.0	28.5	0.0	2.3	1.2	0.0	0.0	20.0	0.0
NIMONIC 101	49.0	24.0	0.0	3.0	1.4	1.5	1.0	20.0	0.0
NIMONIC 105	54.0	15.0	0.0	1.3	4.7	5.0	0.0	20.0	0.0
NIMONIC 108	54.0	15.0	0.0	1.3	4.7	5.0	0.0	20.0	0.0
NIMONIC 115	60.0	14.2	0.0	3.8	4.9	3.2	0.0	13.2	0.0
NIMONIC 263	51.0	20.0	0.0	2.2	0.5	5.8	0.0	20.0	0.0
NIMONIC 901	42.5	12.5	36.0	2.9	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0
NIMONIC AP1	55.5	15.0	0.0	3.5	4.0	5.0	0.0	17.0	0.0
NIMONIC PE 11	39.0	18.0	34.0	2.3	0.8	5.2	0.0	0.0	0.0
NIMONIC PE 16	43.5	16.5	34.0	1.2	1.2	3.3	0.0	0.0	0.0
NIMONIC PK31	53.0	20.0	0.0	2.35	0.4	4.5	5.0	14.0	0.0
NIMONIC PK33	56.0	18.0	0.0	2.4	2.1	7.0	0.0	14.0	0.0
NIMONIC PK50	58.0	19.5	0.0	3.0	1.4	4.25	0.0	13.5	0.0
IncoMAP AL-605XL	0.0	0.0	0.0	0.0	Bal.	0.0	0.0	0.0	Mg4.0;Li1.3;C1.1;0.05

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES

Aleaciones Internacionales

Nota: No es para propósito de especificación.

Las aleaciones de INCONEL MA754 y MA6000, y la aleación INCOLOY MA956 están elaboradas por medio de dispersión de óxidos que son superaleaciones hechas especialmente por INCO para procesos mecánicos de aleación.

La aleación de NIMONIC AP1 es producto de la metalurgia de polvos hecha a base de automatización de gas inerte y de compresión isostática en caliente.

La aleación de INCOMAP AL-905XL es Litio (Li) conteniendo aleación de Aluminio (Al) y es hecha especialmente para procesos de aleaciones mecánicas.

Especificaciones y Designaciones de Superaleaciones Aeroespaciales para Inco Aleaciones Internacionales

Las facilidades de producción por medio de dispersión de óxido por medio de las SUPERALEACIONES hechas por INCO han hecho uso de procesos de aleaciones mecánicas incluyendo 7 molinos redondos en los E.U. y 3 en Inglaterra, con ello se logra abastecer a los países en su totalidad y sin ningún problema de abastecimiento.



Superalcaciones para cubiertas y anillos

El término "Cubierta" incluye una variedad de superficies y formas, desde la sección compresor hasta la flecha de potencia y pueden variar en el tamaño desde un par de pulgadas hasta grandes pies en diámetros. Los métodos de producción incluyen cubiertas, forja, rolado de anillos, formación y soldadura de la sección de extrusión.

Existen dos líneas de producto importantes desarrolladas por Inco son de mayor importancia para los diseñadores de componentes quienes están buscando otras aleaciones, como materiales para reducir el peso de la máquina o motor y así como costos de manufactura.

Un objetivo básico es usar un par de elementos de cubierta tanto como sea posible, y por lo consiguiente el perfil más difícil y que puede ser provisto por el material en bruto o manufacturar la mayor característica en flexibilidad del diseñador y esta será la de crear anillos que satisfagan los componentes rotativos.

La compañía tiene más de 25 años de experiencia en la producción de secciones por extrusión para subsecuente información y soldadura de anillos. En muchos casos los perfiles de extrusión especialmente desarrollados con el fabricante de anillos para unir o para conseguir un buen criterio de diseño.

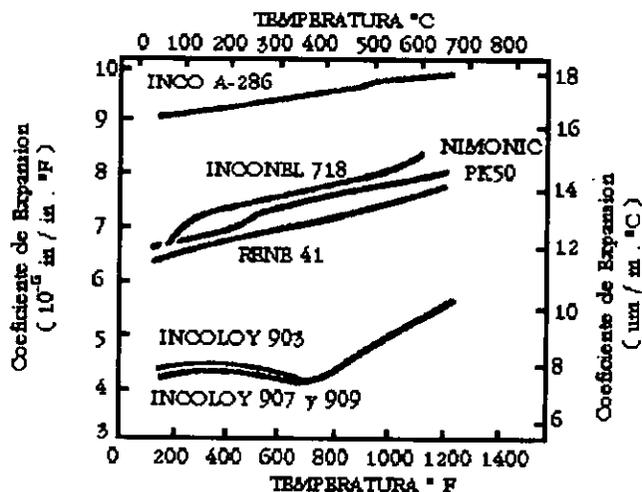
Este trabajo incluye el desarrollo de sección de extrusión con muy poca maquinaria y ahorrando material básico y costos de producciones subsecuentes.

En los E.U. INCONEL en sus aleaciones 718 y 625 son extensamente utilizadas para la producción de cubiertas de anillos forjados.

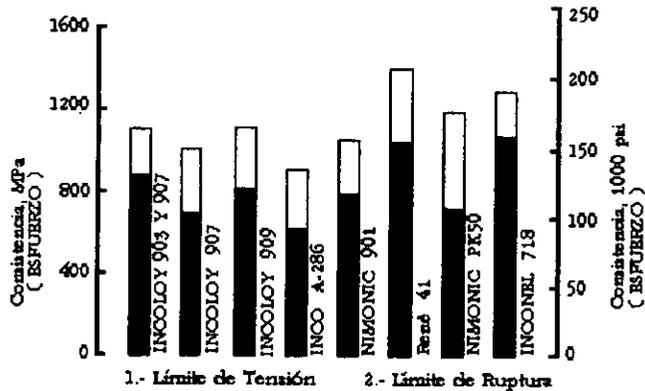
Aleaciones de Expansión Baja

Inco Aleaciones Internacionales está profundamente involucrada en el desarrollo de composiciones de aleación para esta aplicación, notablemente el Níquel, Fierro y Carbón de las aleaciones de INCOLOY 903, 904, 907 y 909.

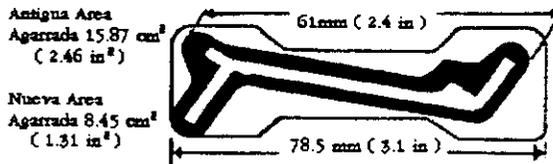
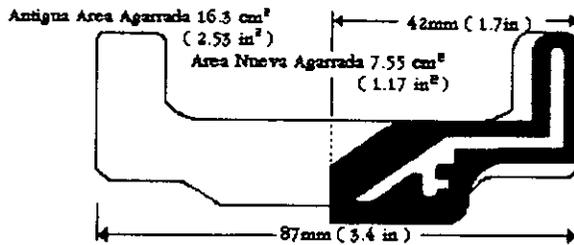
Utilizados especialmente para anillos y cubiertas de estas aleaciones de expansión baja, proporciona a los diseñadores de turbina de gas la reducción de asignaciones hechas para clasificar los componentes estáticos y rotativos, improvisando la eficiencia térmica y ofreciendo el prospecto significativo de reducciones en el consumo de combustible.



1.- Gráfica comparativa de la expansión térmica de las aleaciones de INCOLOY 903, 907 y 909 con otras altas composiciones se superaleaciones de turbinas a gas. Los coeficientes son desde la temperatura del cuarto, hasta la temperatura mostrada.



2.- Propiedades mecánicas a 538 °C (1000 °F) de aleaciones INCOLOY 903, 907 Y 909 y otras superaleaciones.



3.- Secciones extruídas con pequeñas cubiertas maquinadas, ahorran costos de producción en la manufactura de anillos y cubiertas por formación y soldadura.



4.- Sección de perfiles de extrusión para anillos y cubiertas manufacturadas por formación y soldaduras.

Superaleaciones Para la Fabricación de Lámina

Muchos componentes de turbina gasógena están hechos de aleación de lámina, muchos son usados para la dirección y concentración de gases a altas temperaturas y presiones. Estas aplicaciones incluyen sistemas de combustión, cubiertas y líneas de vapor, transición y ductos de descarga, quemadores, sopladores y alojamientos.

Los esfuerzos no son usualmente tan altos, como los experimentados por los componentes rotativos críticos, las demandas en la fabricación de lámina son severas. Las temperaturas de gas pueden ser tan altas como 2000°F (1090°C). Los componentes ligeros y subensambles par láminas de aleación con altos niveles de consistencia y resistencia a la oxidación. Los componentes complejos de diseño, proporcionan excelente ductibilidad y son de fácil fabricación.

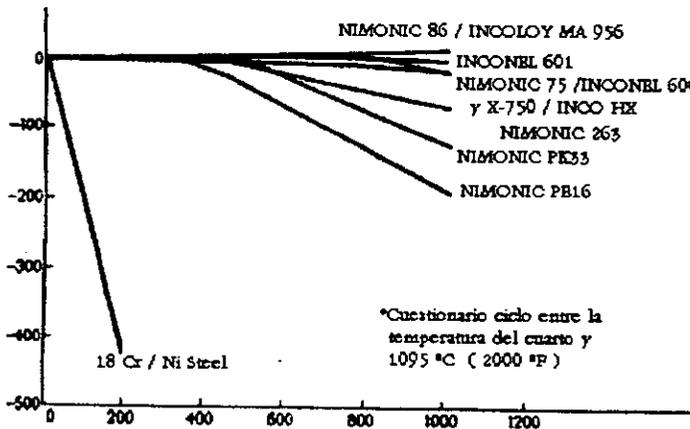
Los requerimientos básicos del material, se pueden resumir como térmicos altos y consistencia a la fatiga mecánica, resistencia al arrastre, resistencia a la oxidación y fácil formación y asociación.

Con el INCONEL, INCOLOY, NIMONIC y el INCO, que son series de aleación, se han estado formulando y desarrollando especialmente para este tipo de aplicación.



NOTA: Lámina de superaleación en producción con el espesor de la lámina es de 0.005 plg (0.125 mm) y el ancho es de 48 plg (1220 mm) están disponibles de estos molinos de rolado en frío de alta precisión siendo esta la de más uso.

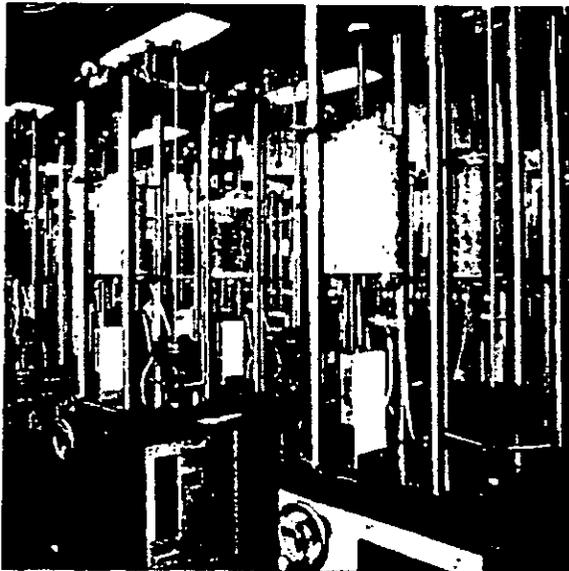
PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS



1.- Alcance cíclico de resistencia-oxidación de las aleaciones de Inco Internacional, Ciclo térmico entre la temperatura del cuarto y 1000 °C (1830 °F). 15 minutos calentando y 5 minutos enfriando.

2.- Datos de 1000 horas de arrastre y/o ruptura para el Níquel base, INCONEL, INCOLOY, INCO Y NIMONIC, que son aleaciones y hierro base, INCOLOY aleación MA956.

En nuestro laboratorio hay 120 máquinas de prueba operando bajo un reloj que está operando por una computadora. Este es el laboratorio más complejo que existe en el mundo.



Microscopios que detectan electrones en E.U. e Inglaterra son usados para detalladas investigaciones estructurales y para proveer un análisis cualitativo y cuantitativo de muy pequeñas áreas.

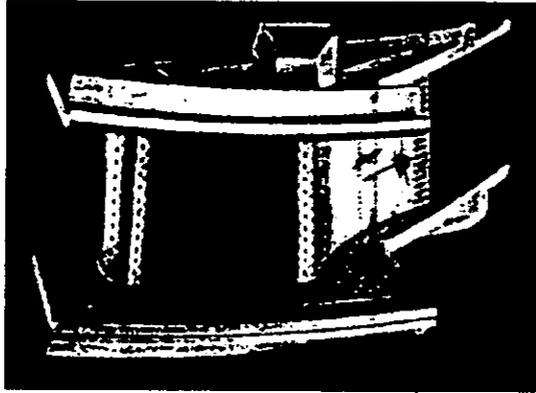
Superalcaciones Para Filos y Aspas (Puntas de Alabes)

El rotor de una turbina de gas opera bajo condiciones rigurosas de esfuerzos y temperatura que ningún otro elemento. La velocidad puede ser 1280 ft /s ó 390 m / s. Las temperaturas del gas pueden ser de 2200 °F (1200 °C) y la velocidad del gas de 1970 ft / seg. ó 600 m/s.

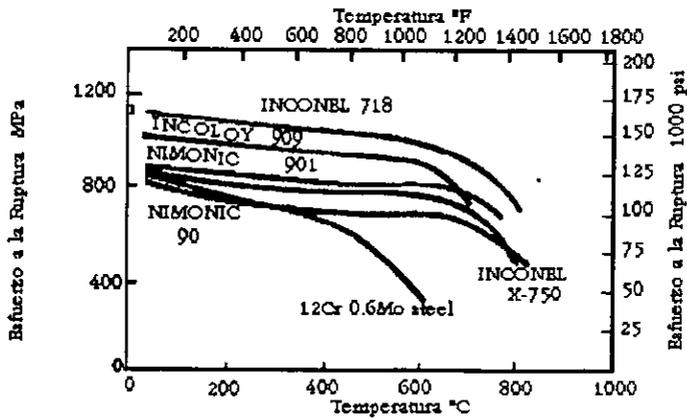
El material debe de ser resistente a la corrosión y erosión, debe sobreponerse a los esfuerzos por fatiga y a las cargas por impacto.

Las aspas del compresor no están sujetos a temperaturas y esfuerzos altos, ya que esto ocasionaría problemas de sección de material. Las propiedades necesarias para la nueva generación de aeronaves, incluyen alto rendimiento y fuerzas de tensión arriba de 1110 °F (600 °C), baja densidad, alta fuerza al impacto y buena resistencia a la fatiga.

Los productos de Inco Aleaciones Internacionales, han sido utilizados para rotores y aspas desde el inicio de los años de 1940. Recientemente la dispersión de óxidos INCONEL fortalece las **superalcaciones** hechas por medio de aleaciones mecánicas que han sido especificadas. Como los requerimientos de funcionamiento se han incrementado en sus funciones y en las regiones de enfriamiento de los motores, el rendimiento de níquel base ha sido especificado para las aspas de los compresores.

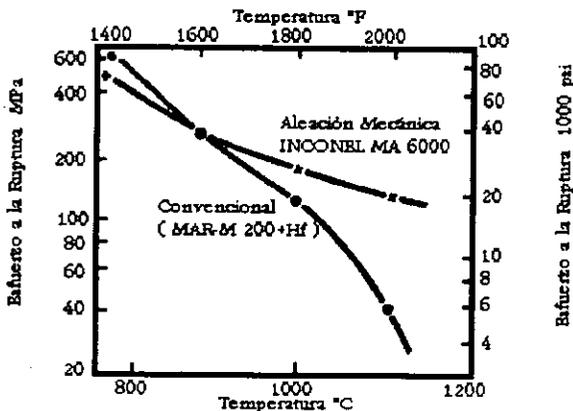
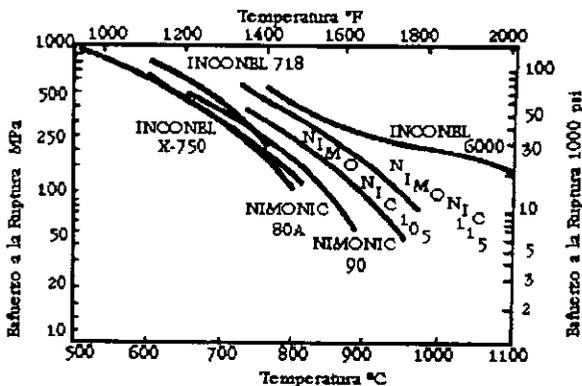


Una tobera hecha de dispersión de óxidos que fortalece a la aleación INCONEL MA754.

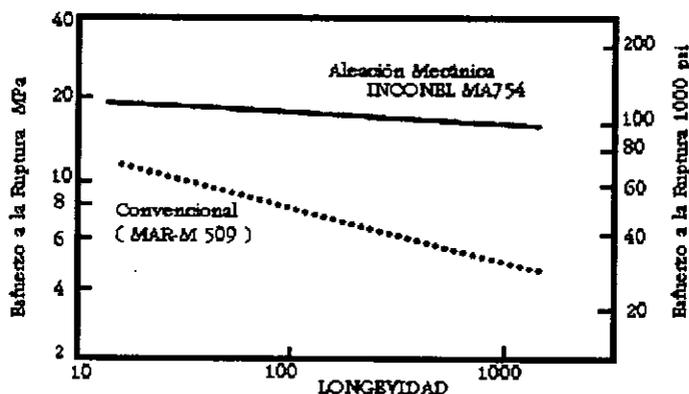


Con un 0.2% de fuerza de cedencia de 5 candidatos de aspas aleadas con 12 % de cromo y 0.6 % de molibdeno.

Fuerza de 1000 horas de arrastre-ruptura de rotor de turbina y aspas de compresor.



Fuerza de 1000 horas-ruptura mecánicamente aleadas de INCONEL aleación MA 6000 y convencionalmente fundida con MAR-M 200 + Hf.



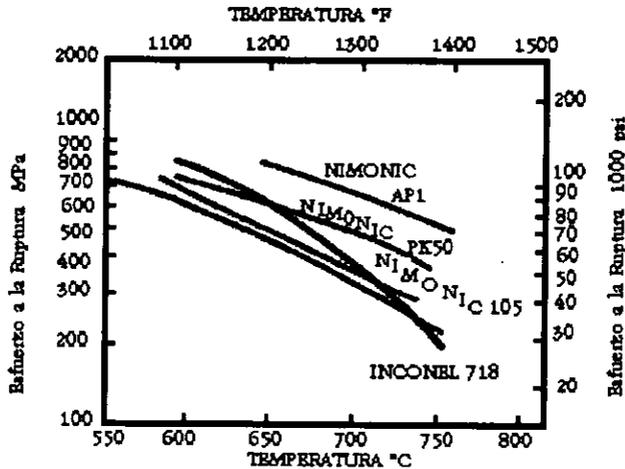
Para bajas temperaturas las aplicaciones de ejes donde los aceros son especificados, el material debe ofrecer una aleación de cobalto-libre, se sugiere INCO MS 250.

Para discos y unidades integrales disco / eje, y esos discos con aspas integradas, la propiedad principal que se considera es la resistencia a la tensión y ductibilidad, la resistencia a la ruptura (cracking) por propagación, y bajo ciclo de resistencia a la fatiga.

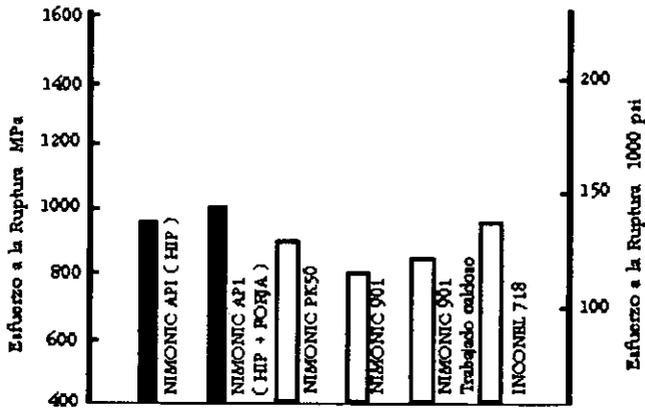
Para conocer estas necesidades se debe tener en cuenta que se tiene el mayor alcance de facilidades para la fundición por inducción al vacío, y también para vacío y electroerosión.

Principalmente se opera con un completo atomizador de gas inerte y una apremiante facilidad isostática.

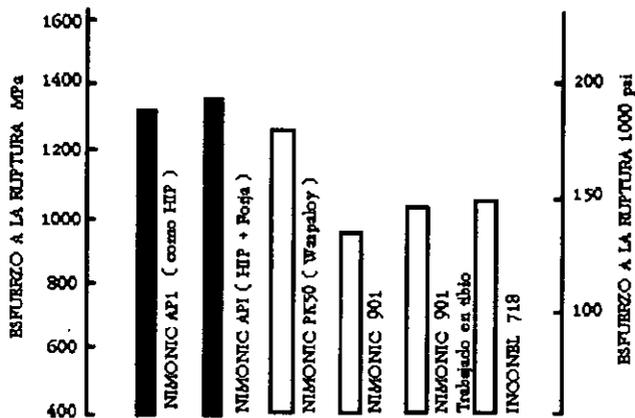
Los productos que provienen de esta facilidad deben de ser una aleación NIMONIC AP1, versión de bajo carbón ofreciéndola mejor comercialmente, disponible, es la mejor metalurgicamente estable y forjable.



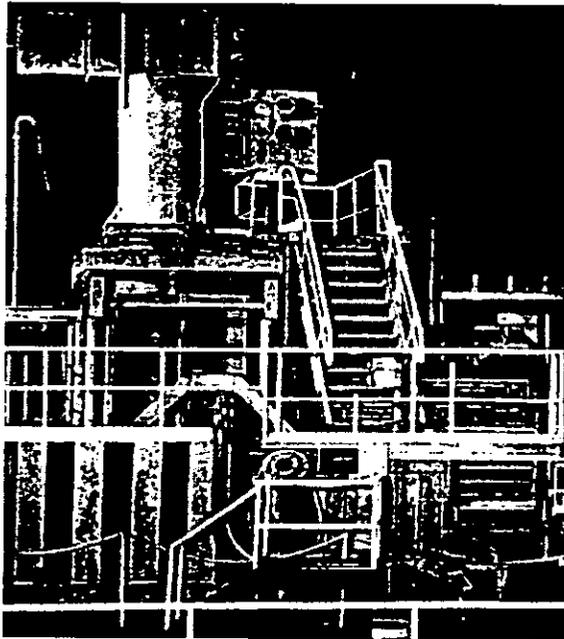
a) Esfuerzo para producir ruptura en discos de aleación en 1000 hrs.



b) 0.2% de esfuerzo a la cedencia a 650 °C (1200 °F) de aleación de discos incluyendo aleación NIMONIC AP1 fabricada por medio de gas inerte.



c) Fuerza de tensión a $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1200\text{ }^{\circ}\text{F}$) de discos de aleación, incluyendo NIMONIC aleación AP1, fabricada por medio de atomización de gas inerte.



La inducción al vacío facilita las operaciones de producción en los centros de los E.U e Inglaterra.

Aluminio basado en aleaciones hecho por el propietario de procesos mecánicos de aleación en una nueva sucursal en el norte de Carolina, esta figura muestra el proceso al vacío en el que la aleación de polvos son consolidados.

Aleaciones para Aplicaciones en Construcción Aérea.

Los productos usados en aplicaciones aeroespaciales fuera de los motores, incluye INCONEL aleación 625 e INCO aleación HX para ductos de gas caliente y sopladores, INCONEL aleaciones X750 y 718 y NIMONIC aleaciones 80A y PK50 e INCONEL aleaciones X750 y 718 estas son aleaciones para cuerpos resistentes al calor, exclusivamente para naves espaciales.

Las más recientes innovaciones surgen de la investigación fundamental de técnicas y sistemas de producción.

INCO invento los aceros "maraging" son series de la época de la martensita con ventajas significativas para aplicaciones de alta resistencia en forja de aeronaves. INCO ha introducido la aleación M-250, un cobalto libre, 19 % de acero níquel "maraging" con un 0.2 % nominal de fuerza de cedencia de 1720 MPa (250 000 Psi).

Es usado para los sistemas de casos de motores, misiles tácticos y así tienen un considerable potencial para sistemas estratégicos de misiles y también aplicaciones especiales.

Lo más reciente en material a utilizar en los procesos de aleación mecánica, la compañía ha removido su tradicional base de níquel, para desarrollar ligeras aleaciones mecánicas improvisando sistemas por el uso de procesos de aleación de polvos.

Para las industrias aeroespaciales ha creado IncoMAP aleación AL-905 XL, usando aluminio, magnesio y litio que ofrece reducción en la densidad, pero porque está hecha de aleación mecánica, sin el sacrificio de resistencia y tenacidad. IncoMAP aleación AL-905XL ofrece el 8 % de baja densidad y el 13 % de mejor dureza, comparada con aleaciones de aluminio hechas por medio de metalurgia convencional, es decir por medio de lingotes para aplicaciones de construcción aérea.

El forjado tiene excelente consistencia transversal, tenacidad y resistencia al esfuerzo mismo de la corrosión.

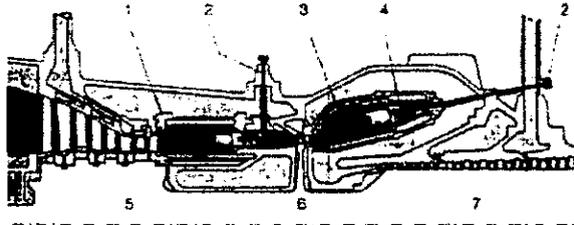
CAPITULO II

TECNOLOGIA DE LAS TURBO-BOMBAS Y PARTES COMPONENTES

Características constructivas de las turbinas gasógenas

La caja de admisión de las turbinas gasógenas es una construcción compacta con flujo de entrada optimizado. Los cojinetes y los sensores de vigilancia pueden extraerse sin necesidad de desmontar la caja. El compresor cuenta con 22 niveles (relación de presiones igual a 30) con 3 series de álabes directivos regulables. El resultado es una carga de los niveles relativamente baja y un buen comportamiento en carga parcial. En la siguiente figura se muestran los componentes principales de la parte intermedia y el sistema de combustión secuencial.

- 1 Cámara de combustión SEV
- 2 Inyección de combustible
- 3 Cámara de combustión EV
- 4 Quemador EV
- 5 Turbina de baja presión
- 6 Turbina de alta presión
- 7 Compresor



La ejecución de la compacta cámara de combustión anular de alta presión es semejante a la de la acreditado modelo anterior. Las envolturas interiores y exteriores están formadas por segmentos refrigerados por convección. En las turbinas gasógenas se han conservado en el segmento frontal los extremos de los 30 quemadores EV, fijados a la cubierta. En la cubierta se han integrado los sistemas de distribución de combustible, para gas natural y fuel-oil.

La cámara de combustión SEV de baja presión ha sido realizada como construcción anular compacta. Los segmentos están refrigerados por convección, igual que en la cámara de combustión de alta presión; los difusores, por el contrario, situados antes de las 24 lanzas de inyección para la combustión, están refrigerados por efusión. Los álabes de la turbina, con curvatura especial, han sido diseñados con placas de cobertura. Los álabes de rodete disponen de los llamados pies axiales de abeto. Los álabes del nivel de alta presión, así como tres niveles de la turbina de baja presión, están refrigerados para que el metal se mantenga a una temperatura moderada. Las aberturas boroscópicas simplifican la inspección de la turbina.

En la caja y el difusor de los gases de combustión se ha aplicado la mecánica de fluidos para conseguir recuperación máxima de presión. También en este caso se utilizado la probada construcción con aislamiento de la estructura portante. Además se ha asegurado el fácil acceso para las inspecciones. Los cojinetes están descargados por medio de soportes elásticos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Control de Procedimiento, Vigilancia y Protección.

Durante los últimos años se han endurecido notablemente las exigencias impuestas a la regulación de las turbinas a gas, concretamente la presión exigida a la regulación de los acontecimientos transitorios, como el arranque a la descarga y el sostenimiento de la frecuencia. La razón es que los límites de la zona operacional admisible se han hecho más estrechos, especialmente en cuanto a rendimiento y limitación de las emisiones.

Estos límites están determinados, entre otros, por límites de temperatura y de extinción, por las zonas de pulsación y por los límites de bombeo. Si la turbina funciona fuera de la zona operacional, pueden producirse graves daños, se pierden muchas horas de explotación equivalente y se reduce mucho la disponibilidad de la máquina. La combustión secuencial aporta flexibilidad, que puede aprovecharse plenamente en las turbinas a gas por medio de una regulación jerárquica (adaptación de la carga por los reguladores de combustible EV o SEV, o modificando el flujo másico por el ajuste de los álabes directores en los compresores).

Para ello se han tenido muy en cuenta los procesos físicos, ya de por sí jerarquizados, que tiene lugar en las turbinas a gas. El desarrollo del concepto de regulación se ha basado en modelos desde el principio; el concepto ha sido pensado y puesto a prueba con ayuda de un simulador dinámico de turbina a gas.

El simulador mismo ha sido posible gracias al sistema CACSD (Computer Aided Control System Desing), que permite desarrollar y optimizar reguladores muy complejos.

Otro dominio de aplicación posible del simulador de turbina a gas es llamado On Line Process Monitoring. Las divergencias entre el modelo y el procedimiento real permiten extraer conclusiones sobre cómo modificar el proceso, pueden usarse como base para elaborar un concepto de mantenimiento.

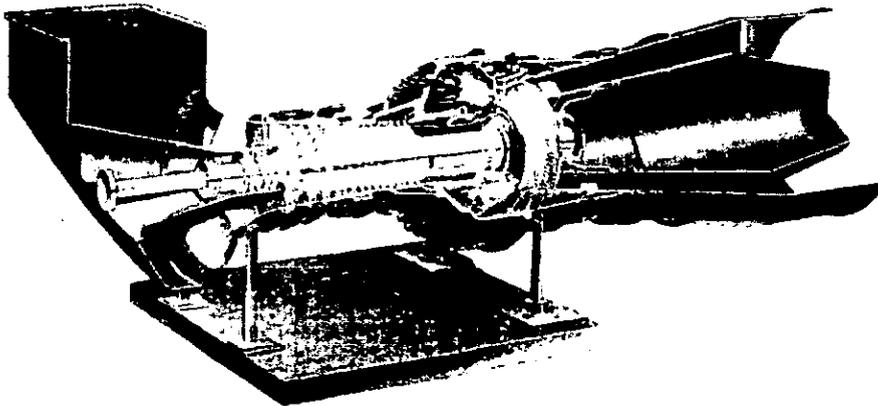
El concepto de protección ha de tener en cuenta todas las perturbaciones imaginables, algunas de las cuales pueden determinarse simulando el funcionamiento.

Las medidas de protección dan mayor seguridad de operación, pero en general afectan negativamente a la disponibilidad de las instalaciones. Esta, por tanto, ha de ser asegurada por medio de redundancias y procedimientos automáticos de control, y empleando componentes robustos.

Las principales acciones de protección son la descarga de protección (descarga hasta marcha en vacío en 2 minutos) y la desconexión urgente (GT-Trip), que debe evitarse en lo posible, pues somete a la máquina a altas solicitaciones y/o requerimientos.

LA TURBINA A GAS DE ALTO RENDIMIENTO

La capacidad de generar eficientemente energía y calor es un tema de importancia creciente para la industria de producción de energía, que se encuentra enfrentada a un proceso de desregulación y privatización a algunas exigencias rápidamente cambiantes de los clientes, una situación que hace imprescindible un retorno rápido y seguro de las inversiones. Las compañías eléctricas, la industria y los productores independientes de energía están investigando actualmente las tecnologías que puedan proporcionarles altos niveles de rendimiento que necesitan sin comprometer la fiabilidad o la seguridad.



La nueva turbina a gas cumple con estas exigencias y satisface otras necesidades importantes del ramo de la electricidad, tales como alcanzar un nivel bajo de emisiones y facilitar el mantenimiento.

La turbina a gas ha sido desarrollada para afrontar la creciente demanda de equipos fiables, limpios y eficaces para la producción de energía. Con esta nueva máquina, se ha cubierto un hueco que quedaba en su amplia gama de turbinas a gas, con potencias de entre 1,5 y los 265 MW.

Un mercado industrial en expansión

El mercado mundial de las turbinas a gas con potencias de 30 a 50 MW ha crecido constantemente durante los últimos años y actualmente asciende a más de 100 unidades por año. El mercado es realmente global y está constituido cada vez más claramente por productores de energía e industriales e independientes (IPP), cuyo interés principal es generar energía eléctrica de una forma eficiente y fiable, a menudo combinada con el calor de proceso. En la situación, de creciente inseguridad, estos clientes demandan instalaciones compactas, muy fiables y con gran disponibilidad, con bajos costos de explotación y mantenimiento y cortos plazos de entrega. La turbina gasógena satisface las necesidades de este mercado.

Diseñada para ser sencilla y robusta

La fiabilidad es el requisito clave del cliente en este segmento del mercado. Los productores independientes de energía (IPP) y las industrias de procesado dependen de un suministro regular y continuo de energía y calor para desarrollar sus actividades. Para garantizar su fiabilidad la turbina gasógena ha buscado la simplicidad, la robustez y el uso de tecnologías de eficacia probada.

La turbina gasógena está configurada con un solo eje. El rotor del compresor y el módulo de la turbina de tres niveles, fijados con pernos, forman un eje único que descansa sobre dos rodamientos estándar hidrodinámicos del tipo segmentado, esta configuración normalmente utilizada para las turbinas a gas más grandes. El alternador está accionado desde el extremo frío de la turbina a gas, permitiendo por tanto una configuración sencilla y eficiente de la salida del escape. La modularidad, y el bajo número y larga vida de los componentes, y facilidad de inspección garantizan largos intervalos entre revisiones, además de bajos costos de mantenimiento.

PARTES COMPONENTES DE LA TURBINA GASOGENA

DISEÑO

Parte del compresor

El compresor es una versión a escala reducida del modelo LP utilizado en las grandes turbinas a gas . Tiene 15 etapas y utiliza álabes aerodinámicos de difusión controlada para conseguir eficiencia máxima. Las primeras tres etapas son de geometría variable. Para minimizar las fugas en las puntas de los álabes se aplican revestimientos abrasibles en las etapas 4 a 15. El soporte de los álabes de la sección de alta presión, es decir en las etapas 11 a 15, donde los álabes son más cortos, está hecho con IN 909, material poco dilatante que ayuda a mantener las tolerancias en un mínimo.

El rotor del compresor está formado por discos soldados entre sí por haz electrónico, formando una unidad robusta. Esta tecnología ha sido empleada durante muchos años , y los rotores del compresor construidos según este método ha demostrado tener un funcionamiento muy fiable.

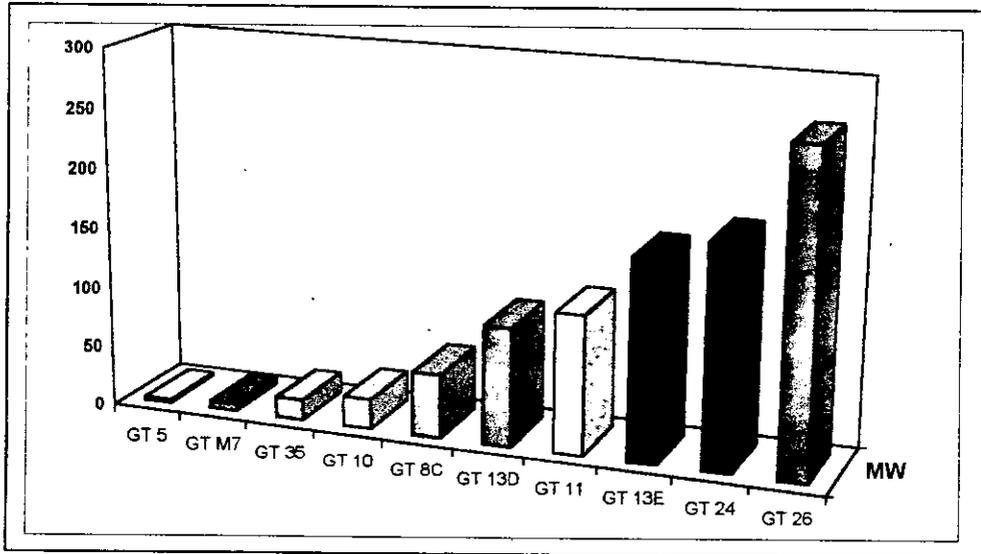
El aire de refrigeración para las secciones calientes de la turbina es extraído del compresor en las etapas 3, 5, 8, 10 y 15.

Parte cámara de combustión

La cámara de combustión, de diseño anular, está hecha de plancha metálica soldada. La superficie interna de la cámara está revestida con una barrera térmica que reduce la transmisión del calor y prolonga la vida útil de la cámara. Este principio de diseño se viene aplicando desde hace muchos años en las turbinas gasógenas.

El cumplimiento de las estrictas normativas medioambientales en muchos mercados y la conciencia ecológica están penetrando en un nuevo estadio. Se ha reconocido la importancia estratégica de considerar los temas medioambientales en una etapa temprana y ha tomado la delantera en el control de emisiones en las turbinas a gas.

En 1988, se lanzó al mercado el primer quemador denominado EV. Hasta hoy, la experiencia total acumulada con esta tecnología, de tipo seco y de baja emisión (DLE), asciende a más de 1,6 millones de horas de funcionamiento, incluyendo las de numerosas instalaciones de turbina GT10.



AEV, quemador seco con bajo nivel de emisiones utilizado en la turbina gasógena actual.



Con sus 43 MW, la turbina GTX100 completa el amplio programa de las turbinas a gas de ABB.

Con la turbina gasógena se ha dado otro paso hacia la reducción de las emisiones. La cámara de combustión tiene 30 quemadores del tipo advance EV (AEV). La tecnología de quemadores AEV ha sido desarrollada por el centro de investigaciones de ABB (Suiza). Con su aplicación en la turbina GTX100 se conseguirá que las emisiones de NO_x y CO estén por de bajo de 25 ppm. (15 % de O_2) con gas natural y por debajo de 25 ppm (15% de O_2) con combustible líquido, en una gama de cargas del 50 al 100 % sin necesidad de inyectar agua o vapor. La versión de DLE (tecnología de tipo seco con bajas emisiones) con dos combustibles es parte del equipamiento estándar.

Se han llevado a cabo numerosos ensayos para comprobar que los niveles de emisión son bajos en toda la gama de cargas de la máquina, utilizando tanto combustibles líquidos como gaseosos.

Parte de turbina

La turbina de tres etapas ha sido diseñada como modelo único para facilitar el mantenimiento, estando fijada con pernos al huso del compresor. Su avanzado diseño aerodinámico se caracteriza por un recorrido de flujo analizado exhaustivamente de tres dimensiones, con secciones cilíndricas sobre los álabes de primera y segunda etapa. Los álabes fijos y móviles de estas dos etapas están refrigerados con la misma técnica empleada en la turbina GT 24 / 26. El primer álabe está hecho de material monocristalino para asegurar una larga vida útil. Las bridas del estator de la turbina esta refrigeradas con aire de compresor para reducir las tolerancias y mejorar el rendimiento.

La configuración de la transmisión en el extremo frío permite instalar un difusor de escape axial con sección optimizada, lo que proporciona mejor rendimiento.

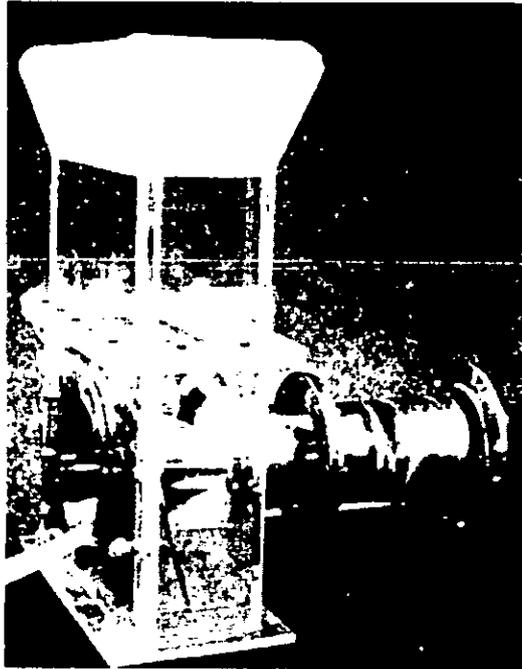
Se ha concedido especial atención al diseño del acoplamiento entre el difusor y la caldera de recuperación del calor (HRSG), que reduce las pérdidas de explotación en ciclo combinado y en caso de producción de vapor.

Engranaje principal

La turbina a gas está acoplada al alternador por medio e un engranaje paralelo helicoidal doble, que reduce las 6600 revoluciones por minuto del eje de la turbina hasta la velocidad del alternador, 1500 - 1800 r.p.m. El motor eléctrico de arranque está conectado a la caja de engranaje reductor por medio de un embrague con autosincronización y de un engranaje independiente al arranque.

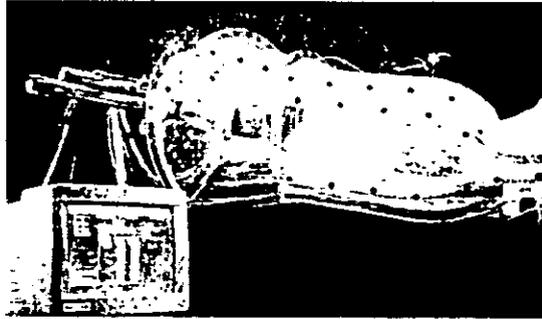
Homologación del diseño

Se ha llevado a cabo un programa exhaustivo de pruebas para conseguir la aprobación para los componentes críticos de la turbina. Se ha construido un modelo del compresor a escala reducida, que se ha utilizado exhaustivamente en el banco de pruebas en Alemania. Los ensayos realizados con los modelos de entrada al compresor y de la cámara principal ha confirmado las características del flujo y de la caída de presión. Los ensayos en modelo se han realizado también para la parte del difusor, posterior al compresor, confirmándose la ganancia de presión en los canales superiores e inferiores.



Ensayo en modelo de la sección de entrada para validar su diseño

Para comprobar el diseño de detalle, como las superficies, la pérdida de presión y la ruptura de vórtices, se ha construido un modelo a escala natural de la sección de la cámara de combustión. Y también en modelos, se hicieron ensayos especiales para confirmar el correcto enfriamiento de la salida de la cámara de combustión y del primer alabeo fijo.



Ensayo de validación de la cámara de combustión, realizado con un modelo a escala natural

Sistemas auxiliares

Lubricación

Puesto que los dos rodamientos están segmentados y están lubricados con aceite mineral, puede utilizarse un sistema común de lubricación por aceite para la turbina a gas, el engranaje y el alternador. En una planta de ciclo combinado, el sistema de lubricación por aceite podría ampliarse para incluir también la turbina a vapor y su engranaje reductor.

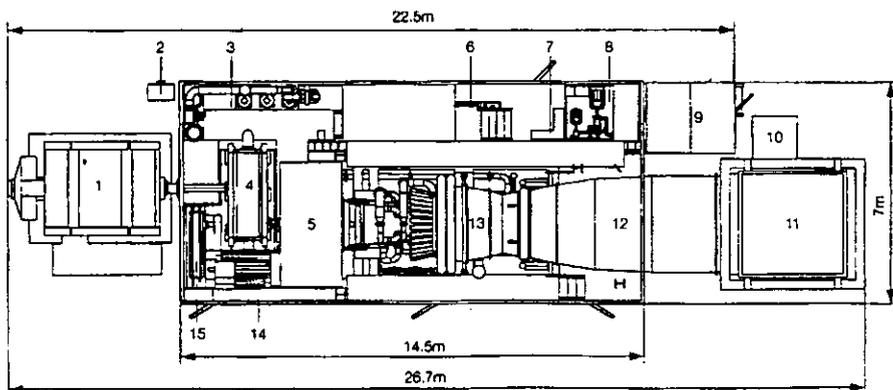
La presión de aceite la proporcionan tres bombas alimentadas por corriente alterna al 50 %, controladas por convertidores estáticos de frecuencia.

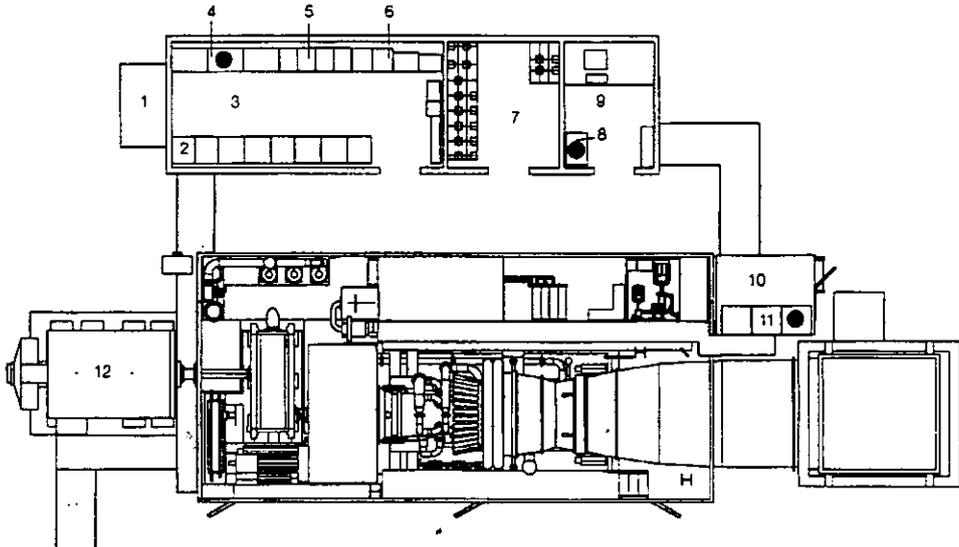
Sistemas de combustible

La turbina gasógena puede operar con varios combustibles gaseosos o líquidos, especialmente con gas natural, gas combustible licuado, nafta y gas-oil. Se encuentran disponibles dos sistemas de combustible, para combustibles gaseos o líquidos. En régimen de funcionamiento con dos combustibles es posible conmutar automáticamente entre ambos estando en carga total o en carga parcial.

Esquema de la turbina gasógena

- | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Alternador AC | 6 Sistema de purificación | 11 Escape |
| 2 Gas de ignición | 7 Combustible gaseoso | 12 Difusor de escape |
| 3 Aceite de lubricación | 8 Combustible líquido | 13 Turbina a gas |
| 4 Engranaje | 9 Sala de tratamiento de señales | 14 Motor de arranque |
| 5 Admisión | 10 Sistema antiincendios | 15 Engranaje de arranque y embrague |





Turbina gasógena en planta, con recinto extremo para las secciones de electricidad y control

- | | | |
|---|---|-----------------------------------|
| 1 Transformador de arranque | 5 Paneles del sistema de lubricación por aceite | 9 Sala de control |
| 2 Paneles de arranque con convertidores de frecuencia estáticos | 6 Cargadores y ondulator | 10 Sala de tratamiento de señales |
| 3 Sala de dispositivos auxiliares | 7 Sala de baterías | 11 Equipo de control de procesos |
| 4 Mando del motor | 8 Panel del alternador | 12 Alternador |

Sistemas de mando

El sistema de mando de la turbina gasógena, basado en el modelo Advant de ABB, tiene cuatro reguladores que operan en cuatro nodos :

- ° El primer nodo utiliza un Advant AC160 para el control de en bucle cerrado de las alarmas y paradas, del arranque, de la sincronización, de la carga y del posicionamiento de la válvula de combustible.

° El segundo nodo es un mando de bucle abierto para el control secuencial y de protecciones, basado también en el AC160. Tiene a su cargo la gestión de incidencias del secuenciado y de los enclavamientos y, además genera las curvas de tendencias.

° El tercer nodo es un mando de bucle cerrado para el alternador. Está basado en el Advant AC110 y gestiona también el voltaje y las protecciones del alternador.

° Un cuarto nodo, también en panel de control del alternador, es responsable de la sincronización, del mando del motor y de la regulación en bucle abierto del sistema de lubricación por aceite. Está basado en otro AC160.

La comunicación hombre máquina tiene lugar a través de una estación de operador equipada con Advant 160. Consistente de un ordenador personal estándar con tecnología Windows. Los controladores Advant puede utilizarse también con sistemas externos a través de buces estándar.

Instalación

La instalación de la turbina gasógena responde a las exigencias actuales del mercado por su compacticidad, sus cortos plazos de instalación y puesta en marcha, y por su facilidad de mantenimiento. La turbina a gas está montada sobre vigas - carro y los equipos auxiliares están agrupados en un modulo completo, situado a un lado de la viga-carro principal. Ocupa sólo 27 x 7 m de superficie en planta.

La configuración es básicamente la misma que para todas las aplicaciones, sean de ciclo único combinado, en interior o en la intemperie.

La vigas-carro de la turbina a gas, compuestas por vigas de acero, soportan la turbina a gas, el engranaje reductor y el motor de arranque. Descansan sobre cimientos de hormigón y, si es necesario, pueden estar equipadas con suspensiones de resortes. Las vigas-carro, la principal y las auxiliares, están recubiertas por una envoltura estanca que se extiende desde el engrane reductor hasta la salida de los gases de la turbina.

Las envolturas de la entrada y salida de aire están soportadas por estructuras metálicas propias. Se suministra como equipo estándar un filtro de aire de dos etapas pero se dispone de otras opciones. La chimenea de salida estándar tiene 15 metros de altura pero puede diseñarse para adecuarla a otras ubicaciones.

El equipamiento eléctrico y de control puede instalarse en la salida de control del cliente o, si se prefiere, por un recinto aparte con salas separadas para la potencia, las baterías y la sala de control.

Alternador

El modelo estándar es un alternador de cuatro polos del tipo GBA 1250AL, accionado desde un extremo frío de la turbina a gas por medio del engranaje reductor paralelo. Es de diseño sencillo y robusto, y tiene un rotor de polos salientes con sólidas placas polares y un excitador rotatorio sin escobillas. El diseño del GBA está perfectamente comprobado, habiéndose utilizado en numerosas instalaciones del GT10.

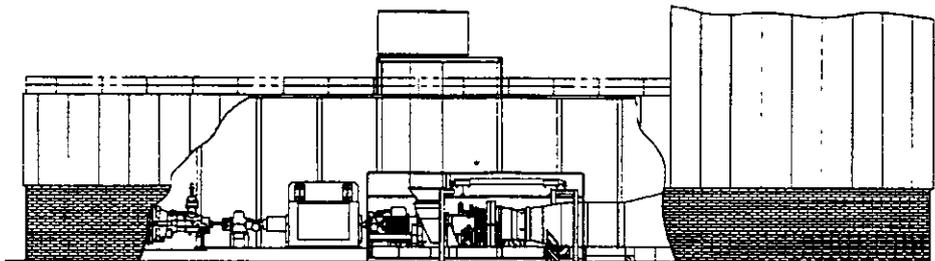
El alternador está instalado en el exterior de la envoltura principal, protegido de la intemperie mediante un techado. Como opción puede estar totalmente cerrado.

Ciclo combinado

En las aplicaciones de ciclo combinado, la turbina gasógena puede configurarse como línea única de árboles en que la turbina a vapor acciona un alternador común. Una caldera de recuperación de dos presiones alimenta una turbina de impulsión a vapor de un sólo cilindro, con una salida de escape axial hacia el condensador. Esta configuración, ya que ha demostrado plenamente su eficiencia, se ha utilizado en varias plantas de ciclo combinado con turbinas gasógenas; le ofrece una solución compacta con una superficie de tan sólo 60 x 20 metros para la totalidad de una planta de 62 MW, incluyendo la caldera y los equipamientos auxiliares.

Vista lateral de la central del ciclo combinado

- | | | |
|---------------------------|------------------------------------|---|
| 1 Turbina a vapor | 5 Depósito de agua de alimentación | 9 Interruptores automáticos de baja tensión |
| 2 Alternador | 6 Compresor de aire | 10 Interruptores automáticos de media tensión |
| 3 Turbina a gas | 7 Sala de baterías | |
| 4 Caldera de recuperación | 8 Sala de control | |



Para potencias más altas puede disponerse de dos unidades, cada una con su propia caldera de recuperación que alimenta una turbina a vapor común. En tal caso, una turbina a gas funcionaría independientemente, mientras que la otra operaría en configuración de una sola línea con la turbina a gas. La potencia de salida total sería de 124,5MW.

Instalación y puesta en marcha

Con el fin de acelerar el montaje en el emplazamiento, la turbina gasógena se suministra en módulos, previamente probados y ensamblados en fábrica. La mayor parte del trabajo de instalación de tuberías y del cableado se lleva a cabo también en fábrica, para reducir al mínimo los trabajos en el emplazamiento.

El módulo más grande de transporte que pesa un total de 76 toneladas está compuesto por la turbina a gas, los engranajes y el motor de arranque, montados sobre el bastidor principal.

Puesta en marcha y operación

La turbina a gas se arranca por medio de un motor eléctrico, conectado al engranaje. El compresor tiene dos válvulas de descarga en las etapas 5 y 10, que se encuentran abiertas al iniciarse el procedimiento de arranque y se cierran durante la secuencia de puesta en marcha.

La secuencia de arranque dura aproximadamente 13 minutos más el tiempo necesario para la ventilación, que varía de una instalación a otra. Durante la explotación la carga está regulada por accionamiento de los álabes de guía y por la temperatura de encendido. Al principio, la carga se reduce mediante el cierre de los álabes de guía regulables hasta que la temperatura de escape llega a 600 °C aproximadamente.

Se puede reducir más la carga disminuyendo la temperatura de encendido y cerrando los álabes de guía regulables manteniendo al mismo tiempo la temperatura del escape a 600 °C. Cuando los álabes de guía se encuentran en su posición mínima, es posible reducir aún más la carga haciendo descender la temperatura de encendido.

La temperatura de encendido y los álabes de guía regulables se utilizan también para controlar la carga cuando la temperatura ambiente es alta. Para una temperatura ambiente superior a los 35 °C, los álabes de guía regulables están cerrados y se regula la temperatura de encendido de modo que la temperatura de escape esté por debajo de 600 °C.

CAPITULO III

CLASE DE BOMBAS

LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO SE DIVIDEN EN CUATRO CLASES:

- 1.- Bombas de potencia de movimiento alternativo.
- 2.- Bombas de vapor .
- 3.- Bombas rotatorias.
- 4.- Bombas sin pistones.

Una bomba de potencia es una bomba de movimiento alternativo impulsada por una fuerza exterior aplicada al cigüeñal de la bomba.

Una bomba rotatoria, es una bomba de desplazamiento positivo que consta de una carcasa que contiene engranes, levas, tornillos, pistones o elementos semejantes accionados por rotación del eje impulsor.

Estas bombas se caracterizan por sus holguras de funcionamiento cerrados, y la ausencia de válvulas de succión y descarga. Las bombas por lo regular rotatorias son lubricadas por el fluido que se transporte o que se bombea. Las bombas sin pistón utilizan la presión directa del aire, gas o vapor sobre el fluido bombeado.

BOMBAS DE POTENCIA DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Estas son máquinas de desplazamiento positivo, que con velocidad constante descargan esencialmente el mismo caudal o cualquier presión dentro de la capacidad del impulsor y la resistencia de la bomba. Se presentan algunas aplicaciones en el caudal constante a presión variable es una ventaja definitiva, ya que la bomba de potencia también actúa como dispositivo regulador. Las bombas de potencia están provistas con dos, tres, cinco, siete y nueve émbolos y estos son denominados dúplex, triples , quintuplex , septuplex y nonuplex, respectivamente.

BOMBAS DE POTENCIA DE ALTA VELOCIDAD

Estas se fabrican con el lado para la unidad de potencia totalmente cerrado, autolubricado y protegido completamente contra daños que pudiera sufrir a causa de posibles fugas del fluido bombeado o del polvo existente en el medio.

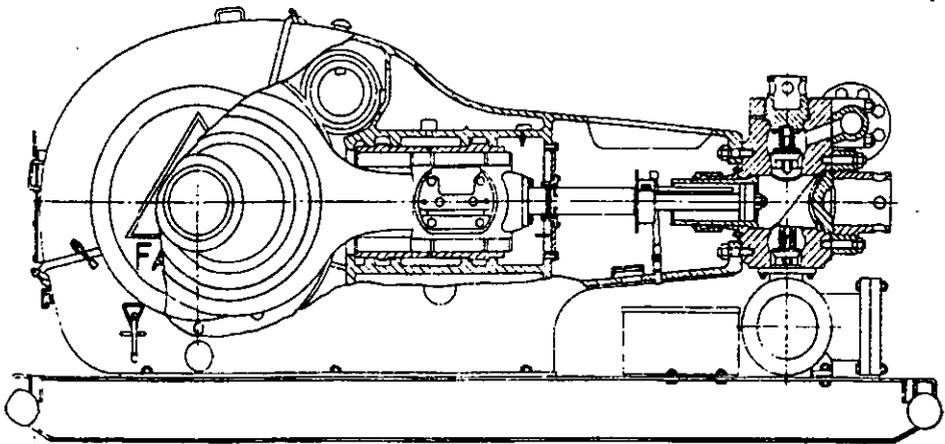
Las bombas horizontales de potencia también son fabricadas en una gama similar de capacidades para aproximadamente la misma velocidad tanto en cilindros como en forjados.

Se ofrece a los usuarios como bombas triplex y quintuplex con émbolos de triple acción.

BOMBAS DE POTENCIA DE BAJA VELOCIDAD

Otro tipo importante de bombas son estas porque operan en el intervalo de velocidad de 50 a 100 r.p.m., y esta construido por un sólo engrane reductor en la caja hermética del cigüeñal.

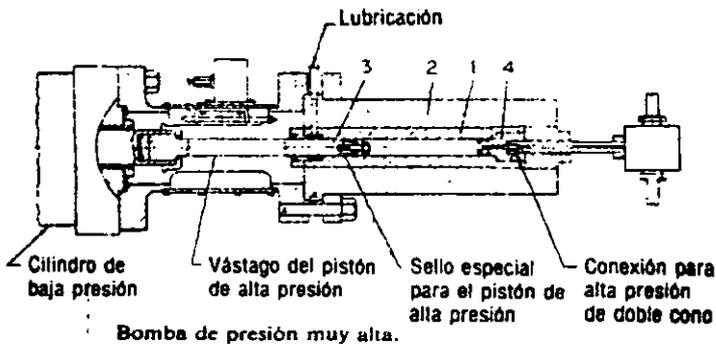
Tanto el eje del piñón como el cigüeñal están montados en cojinetes antifriccionantes, y algunos diseños usan cojines de rodillos en ambos extremos de la biela. El extremo horizontal para la unidad de potencia por lo general, es de lubricación automática con el engrane sumergido en aceite el cual sube a un sistema de distribución desde donde fluye por gravedad a todas las partes móviles.



BOMBAS PARA PRESIONES MUY ALTAS

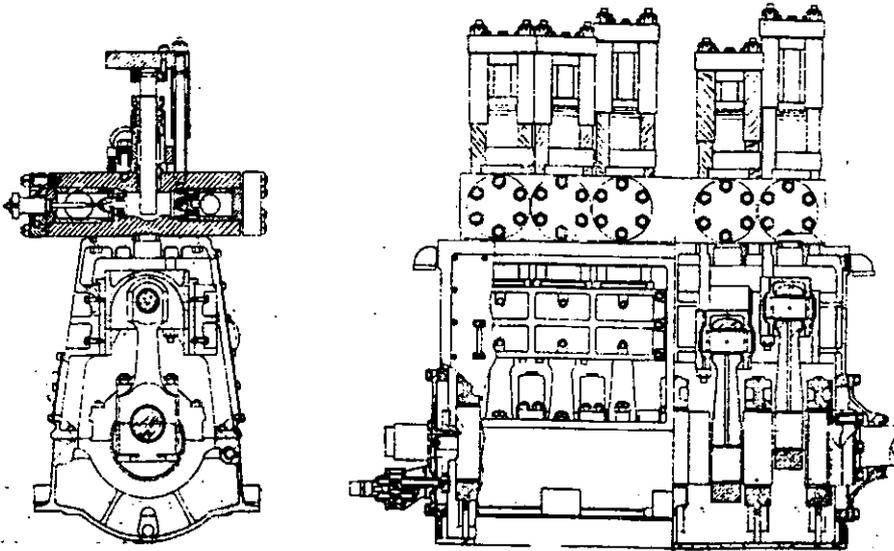
Conforme sube la presión considerablemente arriba de 15 000 a 20 000 lb / in² , las velocidades del pistón o embolo buzo deben reducirse en forma drástica para obtener una duración aceptable de la empaquetadura y reducir las reversiones de presión y esfuerzo cíclicos que contribuyen a producir las fallas por fatiga del material.

El amplificador de simple acción ha sido usado durante mucho tiempo para producir altas presiones e investigaciones de laboratorio basándose en el principio del amplificador.



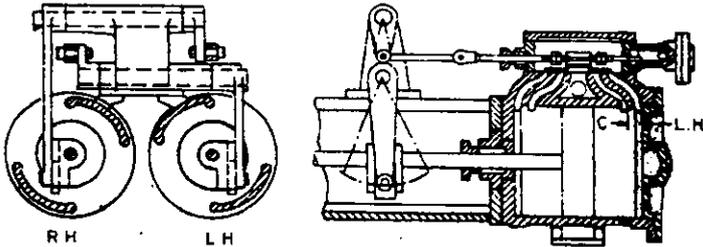
BOMBAS DE EMBOLO DE ALTA VELOCIDAD

Estas requieren considerablemente más altura hidráulica neta positiva que las bombas de alta velocidad y con frecuencia no funcionarían con ninguna altura de succión, ni aun con agua fría.



BOMBAS ACCIONADAS DIRECTAMENTE POR VAPOR

En estas bombas, el pistón de vapor es conectado al pistón de bombeo por una barra, sin manivela ni volante. No hay cierre ni expansión de vapor ya que este admite un flujo constante en toda la carrera. Al final de el, las partes móviles son amortiguadas y paradas por el vapor atrapados por el lado opuesto del pistón. La velocidad real del pistón es prácticamente constante durante el 80 al 90 % de su carrera.



BOMBAS ROTATORIAS

Las bombas rotatorias son de tipo de desplazamiento positivo, por lo general sin válvulas, simples, compactas de poco peso y de bajo costo inicial. Se construyen en capacidades desde una fracción de galón como los quemadores domésticos de petróleo y en los refrigeradores.

No se ha desarrollado ningún método de empaquetadura que compense el desgaste de las superficies móviles; en consecuencia, aunque algunas bombas rotatorias se emplean con éxito para agua limpia, su mayor aplicación es en el bombeo de aceites u otros líquidos que tengan valor lubricante y suficiente viscosidad para evitar fugas excesivas.

Las bombas rotatorias están siendo usadas en la industria del aceite en un número cada vez mayor. El diámetro de descarga de una bomba rotatoria designa el tamaño nominal, pero no fija su desplazamiento.

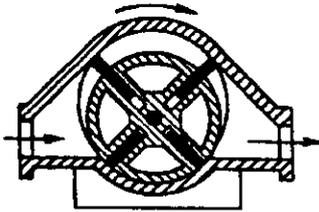
ROTOR SIMPLE

BOMBAS DE PALETAS

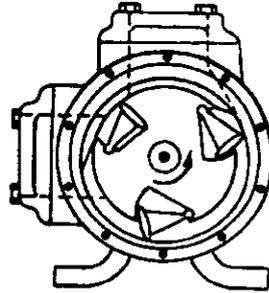
Las fugas de las bombas de paletas tienen lugar a través de las puntas y los extremos de las paletas. Estas fugas ocurren cuando las paletas están bajo los dos estribos.

Como no puede lograrse que las puntas de las paletas se ajusten a la caja de la carcaza en todas las posiciones, hay contacto lineal y poca resistencia a la fuga. El desgaste también puede ser serio con las velocidades más altas, al no ser que las tengan o estén sujetas contra la fuerza centrífuga. Aumentando el número de paletas, disminuyen materialmente las fugas.

La figura triptica de las bombas de paletas guiadas. Un rotor sencillo gira en una carcaza. El elemento de bombeo consta de varias paletas que se deslizan en las ranuras del rotor. El impulsor y la carcaza son excéntricos. La fuerza centrífuga o la presión mantienen el extremo exterior de las paletas en contacto con la periferia de la caja de la carcaza. Las paletas son de acero templado, bronce o baquelita. Este tipo es útil para capacidades pequeñas y moderadas para baja presión. Cuando la velocidad es alta o cuando los líquidos bombeados tienen bajo nivel de lubricación, se produce un rápido desgaste en los puntos de desplazamiento de las paletas y las caja. En algunas construcciones, las paletas se hacen como muñones o sus extremos que corren en las ranuras de la placa principal.



Bomba rotatoria con paletas guiadas.

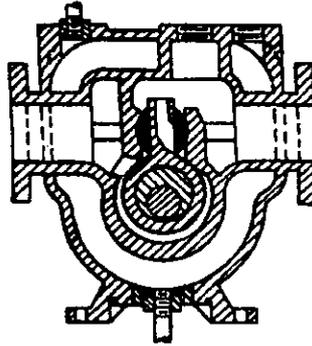


Bomba rotatoria con paletas oscilantes.

BOMBAS DE PISTON EXCENTRICO

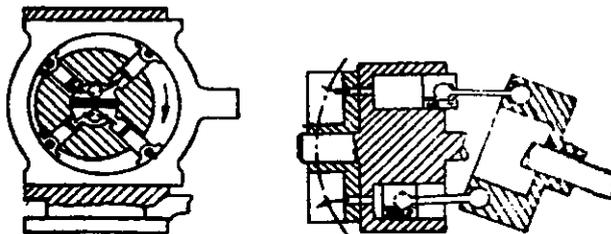
Hay muchas bombas de este tipo en servicio, la bomba que se muestra en la siguiente figura es de tipo de eje simple con cuerpo cilíndrico y con excentricidad y las paletas son oscilantes. El contacto entre la paleta y el cuerpo se aproxima al contacto lineal simple. Por lo tanto las fugas se hacen excesivas conforme progresa el desgaste, este tipo es útil para capacidades pequeñas y medianas, baja presión y velocidad limitada. En la figura se muestra una construcción con chaqueta.

Prácticamente todos los tipos de bombas rotatorias para materiales viscosos, pueden ser encaquetadas por necesidad de calentar el líquido o para su enfriamiento por agua.



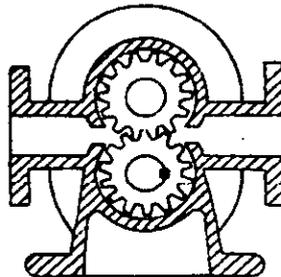
BOMBAS DE EMBOLO RADIALES Y DE PLACA OSCILANTE

La rotación del cuerpo que llevan los émbolos buzos, conectan periódicamente cada flujo del embolo a la lumbrera de succión, en la carrera de succión del embolo, y la lumbrera de descarga en su carrera de descarga. Estos grupos pueden adaptarse a capacidades variables. En la siguiente figura se hace esto variando la excentricidad entre el cuerpo portador de émbolos y el anillo que los impulsa



BOMBAS DE ENGRANES

Las bombas de engranes son del tipo de dos ejes y cumplen con una amplia variedad de construcciones. Se utilizan prácticamente para todas las capacidades y presiones. En varios tipos, los engranes impulsores son autoaccionados y no requieren engranes pilotos. La forma más simple utiliza engranes rectos. El gran número de dientes que tienen contacto con la carcaza minimiza las fugas en la periferia. La utilidad del tipo de engranes rectos es limitada por el atrapamiento del líquido que ocurre en el lado de la descarga, en el punto en que los dientes de los engranes ensamblan, dando como resultado una operación ruidosa y de baja eficiencia mecánica, en particular con altas velocidades.

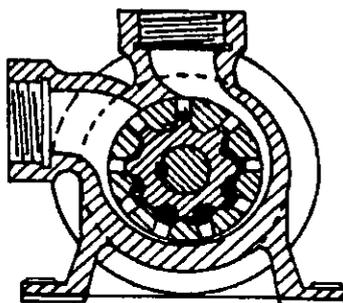


Bomba de engranes

BOMBAS DE ENGRANES INTERNOS

En las bombas de este tipo, un impulsor montado excéntricamente con el cuerpo acciona un engrane interno, que gira en el cuerpo con las placas de los extremos. El flujo es prácticamente continuo y sin reversiones.

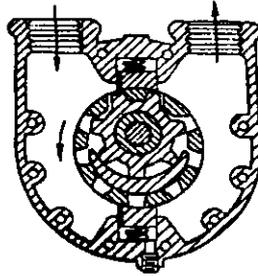
Pueden aplicarse altas velocidades de rotación, en tales como bombas, que producen fugas en la periferia del engrane anular, sobre las puntas de los dientes del engrane al empezar a engranar y a través de la línea de contacto y al engranar por completo, este tipo es particularmente adaptable para altas presiones y velocidades, para aceites con valor lubricante y viscosidad considerable.



Bomba de engranes internos con diferencia de un diente

DIFERENCIA DE DOS DIENTES

En esta construcción se usa un estribo en unas de las placas laterales para llenar el claro entre el engrane interno y el externo. Tal construcción reduce las fugas, pero implica el uso de un engrane voladizo interno, que restringe la aplicación a bombas para capacidades y presiones pequeñas y medianas.



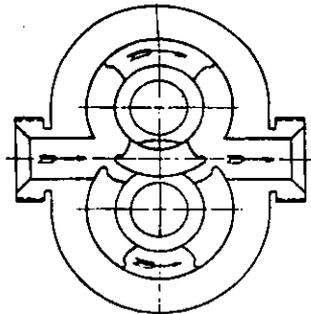
Bomba de engranes internos con diferencia de dos dientes

BOMBAS DE PISTON CIRCUNFERENCIAL

El fluido es bombeado entre los espacios de las superficies del pistón. No hay contacto real entre las superficies del pistón.

En las bombas de tornillos, un solo impulsor helicoidal largo de diámetro pequeño y forma especial, acciona de tal manera uno o más impulsores locos contenidos en una carcasa, de tal manera que el líquido bombeado se desplaza axialmente.

Los contactos superficiales múltiples, más bien que los contactos lineales entre los tornillos y la caja, reduce las fugas.



BOMBAS SIN PISTONES

Los líquidos pueden ser bombeados por presión de gas, aire y vapor de agua sobre la superficie del líquido.

Un inyector consta de una tobera de vapor, en el cual el vapor adquiere energía cinética; un tubo mezclador en la entrada en la cual el vapor choca y se mezcla en el agua de alimentación que entra, y un tubo de salida; en el cual, la energía cinética por unidad de peso de agua de alimentación, se reduce y su presión estática aumenta.

BOMBAS DE ELEVACION POR AIRE

La elevación por aire consiste en un tubo principal, colocado en un pozo con su extremo inferior sumergido. A la profundidad de inmersión, medida desde el nivel a que se encuentra el agua durante la operación hasta la entrada del aire, se llama sumersión. Un tubo de aire entrega este en el tubo principal y forma una mezcla de aire y agua, que es más ligera que la columna de solo agua, en el pozo; en consecuencia, la mezcla se eleva por encima del agua circundante. El porcentaje necesario de sumersión (El porcentaje de la longitud total del tubo que está sumergido en agua únicamente cuando se bombea esta) disminuye a medida que aumenta la elevación.

La presión de aire necesaria para el arranque es mayor que la del funcionamiento y es equivalente a la altura del nivel del agua en reposo por encima del extremo del tubo de aire. Raras veces se conoce por anticipado el nivel real de bombeo y el tipo de agua que da el pozo. Después de instalar la tubería, se modifica la sumersión elevando o

bajando el tubo del pozo. La cantidad de agua que da el pozo depende de su diámetro. La velocidad del agua debe de ser de 4 a 5 ft / s (1.2 a 1.5 m / s) Un tubo demasiado grande deja pasar aire, y uno demasiado pequeño produce fricción excesiva y una expansión ineficiente de las burbujas de aire. El aire debe inyectarse en el agua en burbujas pequeñas, utilizando una zapata que lleva un gran número de agujeros pequeños, de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de plg (6mm) de diámetro. La fuga aumenta rápidamente cuando aumentan las burbujas.

CAPITULO IV

FUNCIONAMIENTO, RENDIMIENTO Y EFICIENCIAS DE UNA MAQUINA TURBO - BOMBA

ESTUDIO DE LA TECNICA DE LA TURBINAS A GAS

Los estudios de mercado muestran que las turbinas a gas y con ellas las centrales de ciclo combinado, ocupan actualmente el centro de interés en el sector de la producción de la energía eléctrica. Las principales razones para ello son los bajos costos de inversión y de producción de la corriente eléctrica, la rapidez de construcción, la elevada disponibilidad y el bajo nivel de emisiones. El desarrollo de las turbinas de gas durante los últimos decenios constituye el fundamento para satisfacer las exigencias impuestas a estas máquinas, tanto las actuales como las que puedan aparecer en el futuro. Con las turbina gasógenas, se dispone de un concepto innovador y de la técnicas necesarias para alcanzar su objetivo en un futuro no lejano : rendimiento térmico del 60% satisfaciendo a la vez los requisitos impuestos a las emisiones.

La primera turbina industrial a gas pudo lograrse poner en servicio en 1939 en Suiza. Desde entonces la turbina a gas ha encontrado muchas aplicaciones tanto en la producción de electricidad como en otros campos. En primer plano ha estado siempre el combustible más fácilmente disponible del momento, desde las aplicaciones para carga de base y de punta con fuel-oil pesado o ligero, o con gas de alto horno de baja potencia calorífica, hasta la actual explotación en carga de base con gas natural. Gracias a los esfuerzos innovadores de ingenieros y constructores la turbina a gas ha demostrado plenamente durante los últimos 60 años su flexibilidad en cuanto al combustible.

La creciente privatización del suministro de energía eléctrica y la apertura del mercado de la energía en numerosos países han generado importantes cambios en el sector eléctrico. Más del 30% de las nuevas centrales son construidas por los llamados Powers Producers, en competencia con las compañías eléctricas.

Actualmente, el 35% de los 85 GW de potencia instalada al año se cubre con turbinas a gas. La puesta en funcionamiento de más reservas de gas natural ha provocado una evolución muy atractiva de los precios de este limpio portador de energía. Por razones económicas y ecológicas las turbinas a gas se utilizan con más y más frecuencia combinadas con turbinas a vapor en centrales de ciclo combinado, en unidades de cualquier dimensión o para acoplamiento calor-eléctricidad.

Otro aspecto importante en la gran reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) cuando se usa gas natural como combustible.

La sobrecapacidad actual de los fabricantes de turbinas a gas y la dura competencia por los nuevos mercados han hecho desplomarse los precios de las turbinas a gas y de las centrales de ciclo combinado, que han bajado cerca del 50 % durante los últimos 4 años. La consecuencia es que el diseño constructivo, la fabricación y el montaje de turbinas a gas para centrales de ciclo combinado, o de sus componentes, ha de hacerse globalmente pero con importante participación local, a buen precio y considerando muy en detalle las necesidades de la clientela.

El aseguramiento de la calidad durante el diseño, construcción, fabricación, montaje y puesta en servicio exige aplicar procedimientos de trabajo orientados hacia la calidad armonizando el diseño constructivo y la fabricación. Los progresos realizados por los fabricantes de turbinas a gas en este campo son ejemplares.

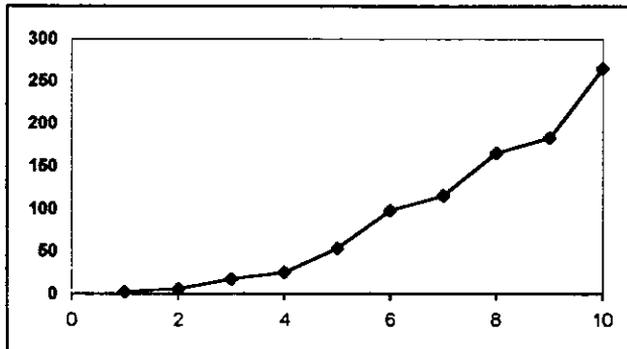
Para dimensionar las turbinas a gas se aplican programas desarrollados y comprobados sistemáticamente. Hoy en día los ensayos se realizan con modelos pero también con piezas originales. Además, los prototipos de turbinas a gas se ponen a prueba en bancos de ensayo propios o del cliente, empleándose gran cantidad de medios metrológicos.

A finales de 1996 , se puso en servicio un nuevo centro de ensayos en Suiza, destinado a probar las turbinas gasógenas y otras grandes turbinas gasógenas en curso de perfeccionamiento; un paso necesario, porque la clientela tiene cada vez menos posibilidades de realizar complejos ensayos de prototipos y los costos se incrementan sin cesar. Además, frecuentemente no es posible realizar importantes ensayos de detalle en las instalaciones del cliente para no perturbar la explotación

PROCESO DE LAS TURBINAS A GAS

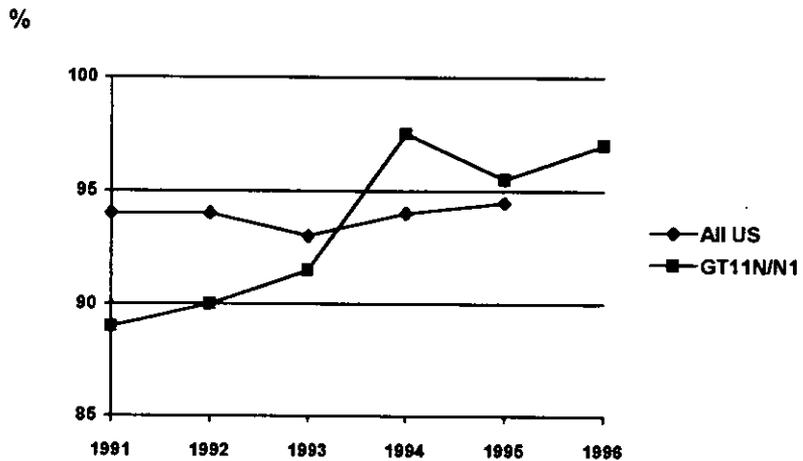
El incremento de la potencia unitaria y del rendimiento se consigue trabajando sobre el proceso mismo de la turbina a gas y sobre los parámetros del mismo. Para la carga de base se considera de modo general la explotación combinada. En el proceso clásico de las turbinas a gas, el aumento de la potencia unitaria y del rendimiento se consigue a través del flujo de masa, de la temperatura de admisión de la turbina y de las correspondientes presiones.

Potencia MW



Avance en las potencias nominales obtenidas en los modelos diferentes de las turbinas gasógenas.

Comparación de la disponibilidad de las turbinas gasógenas con las máquinas equivalentes en Estados Unidos



COMPRESOR

En un compresor, el medio de trabajo fluye en dirección a una presión más alta. La conversión de energía en el alabeado de compresor es, por tanto, limitada. Esta diferencia respecto de la turbina requiere un mayor número de niveles en el compresor, con el fin de evitar los desprendimientos de corriente. Para conseguir compresores más compactos, menores longitudes constructivas y menor número de niveles se precisión relaciones de presión entre niveles mayores requieren, sin embargo, mayores velocidades periféricas y de flujo y la correspondiente desviación de este.

La antigua empresa BBC construyó compresores industriales para altas relaciones de presión (hasta 50 bar) En ejecución axial/radial y con refrigeración intermedia ABB ha seguido cuidando la técnica de compresores de alta presión para construir turbinas gasógenas.

La técnica transsónica, es el caudal másico de aire de entrada y la relación de presión de compresor de la turbina a gas, que fue introducida por BBC en la década de los 80, sigue consiguiendo aún hoy valores sobresalientes de flujo y de carga de los niveles. Ya en 1983 se conseguía una relación de presión de 16, con sólo 12 niveles. La relación de presiones entre niveles es actualmente un valor puntero. Las nuevas turbinas a gas de la competencia, alcanzan rendimientos parecidos.

Durante los últimos 60 años, los perfiles de alabes de los compresores han evolucionado desde la primera generación. Se ha prestado una atención especial a reducir las zonas marginales y a las fugas por juego, así como a la relación entre el juego radial de los alabes y el límite de bombeo. Además se han hecho otras correcciones del perfil de álabes en las zonas marginales.

COMBUSTION

Las medidas pueden reducir la formación de óxido de nitrógeno en la llama : menor tiempo de estancia, gran número de llamas y baja temperatura de las mismas, combustión subestequiométrica secuencial, así como la combustión catalítica y ciertas medidas de tipo químico.

El principio de la combustión con mezcla previa ha sido introducido con éxito en las turbinas industriales a gas.

La combustión a gas natural cumple las normas más estrictas de emisiones. El sistema de combustión de mezcla previa con baja formación de NOx no necesita inyección de vapor ni de agua para suprimir las emisiones de NOx. También pueden utilizarse otros combustibles, además del gas natural, se utiliza con frecuencia fuel-oil como combustible de reserva o incluso, en ciertos momentos, como combustible principal.

TURBINAS

El cálculo tridimensional del flujo y el diseño de perfiles con bajas pérdidas tiene una importancia fundamental en las modernas turbinas a gas. En la siguiente figura se muestra el alabeado de las turbinas a gas. La forma de los contornos, el juego radial y las bandas de recubrimiento son puntos importantes del diseño. Además es imprescindible calcular con precisión los coeficientes de transmisión térmica en la superficie de los álabes para poder dimensionar la refrigeración de estos.

El sistema de refrigeración de los álabes debe resolver, entre otros, el problema de la cantidad mínima de aire de refrigeración. La refrigeración por convección, con nervios transversales y nudos en la pared interior, así como la refrigeración por rebote con pérdida mínima de presión son elementos firmemente establecidos en las turbinas a gas industriales. Ya a principios de los años 70s, ABB fue uno de los primeros fabricantes de turbinas para centrales eléctricas en introducir la refrigeración de álabes.

En la refrigeración por película es fundamental maximizar el rendimiento de la película de refrigeración, el cual depende especialmente de la situación en el lado aire de refrigeración, del flujo exterior y de la disposición y ejecución de los orificios de salida, así como del ángulo de escape de la película de refrigeración.

Los álabes de las turbinas están sujetos a fuerzas centrífugas considerables (álabes de rodete) y a fuerzas de flexión debidas al gas. Para calcularlas es necesario disponer de datos sobre la resistencia a la fluencia del material de los álabes. Estos deben diseñarse de manera que su frecuencia propia no coincida con un múltiplo de la frecuencia de giro y de la frecuencia de las fuerzas periódicas debidas al gas. A menudo, los álabes están recubiertos con bandas. Frecuentemente se unen entre sí los álabes largos de los últimos niveles por medio de bulones para mejorar la amortiguación mecánica. En los álabes refrigerados aparecen además tensiones térmicas que, aunque a lo largo del tiempo se reducen por la fluencia, pueden provocar deformaciones o daños permanentes.

Las tensiones térmicas en condiciones de funcionamiento transitorio, pueden por ejemplo, durante el arranque, la puesta fuera de servicio y los cambios de carga provocar la llamada fatiga. Al superar el número determinado de ciclos pueden aparecer fisuras. Si los álabes de las turbinas a gas de alta temperatura están sometidos a altas cargas, las fisuras pueden crecer hasta provocar la ruptura brusca.

MATERIALES Y CAPAS DE PROTECCION

El desarrollo de los materiales para álabes de turbinas y la mejora de los procedimientos de colada contribuido decisivamente al aumento de la temperatura de entrada a las turbinas. Los álabes convencionales, fabricados con colada de precisión en IN 738 para los primeros niveles de turbina han sido sustituidas por álabes de solidificación orientada. El paso siguiente lo constituyen los álabes monocristalinos hechos con las aleaciones de níquel que posteriormente daremos énfasis.

Ha mejorado muchísimo la resistencia a la fluencia y a las cargas cíclicas; también ha sido enorme el incremento de la temperatura de entrada a las turbinas. La experiencia sobre el comportamiento a largo plazo de tales álabes ha sido adquirida con grupos propulsores de aviones. Aún se dispone de poca experiencia con las turbinas industriales a gas equipadas con modernos álabes DS y SC, especialmente sobre la posibilidades de reparación que explicaremos posteriormente con base en la experiencia de explotación.

El desarrollo de capas de protección contra la corrosión y la oxidación a alta temperatura así como las capas de aislamiento térmico, que permiten reducir la cantidad de aire de refrigeración, a pesar de que los gases de combustión tienen ahora mayor temperatura.

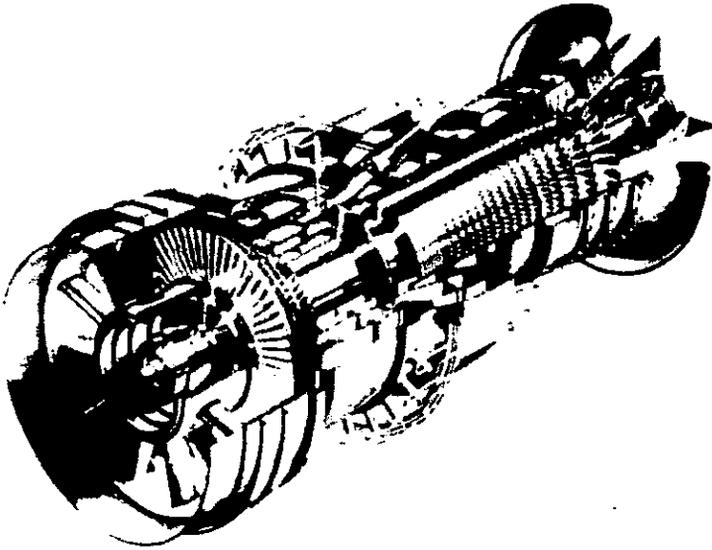
CONSTRUCCION DE LAS TURBINAS A GAS

Durante los últimos 60 años se han construido más de 1200 turbinas a gas con una potencia total de más de 50 000 MW. Una experiencia de muchos años, las buenas propiedades de operación, la sencillez, una técnica moderna y la orientación hacia las necesidades del cliente son las principales características del concepto actual en el campo de turbinas a gas y centrales de ciclo combinado.

Para las turbinas a gas de menores dimensiones se han utilizado tradicionalmente los principios constructivos usuales en la industria aeronáutica. Desde la década de los 60s han permanecido invariables los principios constructivos de las turbinas a gas, aunque han sido perfeccionadas constantemente.

En la siguiente figura se muestra el montaje de una turbina gas derivada de otro modelo en la que la cámara de combustión de silo por una cámara de combustión anular buscando reducir los costos y facilitar el mantenimiento y mejorar la conducción de los gases de combustión.

Su diseño constructivo se basa en la cámara anular por lo consiguiente estas turbinas presentan un flujo másico y una temperatura de entrada ligeramente superior. Este aumento de temperatura de entrada sin incremento de la temperatura de punta ha sido posible gracias a que la cámara de combustión anular proporciona un reparto más regular de las temperaturas.



Perspectiva del bloque térmico de una turbina a gas
Esta turbina está destinada a redes de 60 Hz y su potencia nominal es de 183 MW.

El eje de la turbina a gas es un componente fundamental, sometido a fuerzas centrífugas enormes y a altísimas temperaturas. La refrigeración, la protección del rotor contra los gases de combustión y el calentamiento lento y controlado durante el arranque en frío (para mantener las tensiones térmicas en un bajo nivel), constituyen misiones fundamentales de la construcción de rotores.

En un rotor los componentes más críticos son el primer y último disco de la turbina, o más concretamente del compresor. el primer disco del compresor y el último de la turbina están sometidos a fuerzas centrífugas elevadas, mientras que el último disco del compresor y el primero de la turbina están expuestos a altas temperaturas.

En la práctica, el rotor soldado ha demostrado ser muy resistente en lo que se refiere a el bajo ciclo de fatiga y a la seguridad.

En las turbinas a gas con potencias superiores a 30 MW, los ejes están compuestos por discos forjados y soldados. Los discos y el eje soldado son sometidos a distintos ensayos para comprobar sus propiedades mecánicas y detectar los posibles defectos. Los álabes de rodete del compresor están montados en ranura circular mientras que los de turbina están fijados radialmente con los llamados pies de abeto, y los asegurados axialmente.

En la zona de la turbina, el eje esta equipado con pantallas térmicas para protegerlo contra las altas sollicitaciones térmicas de bridas a los gases de combustión. Estas pantallas están refrigeradas con aire proveniente del compresor, que también se usa para refrigerar los álabes móviles de rodete delanteros. El eje se apoya sobre dos cojinetes, fácilmente accesibles en estado de parada sin necesidad de abrir la máquina. La posición axial del rotor está asegurada por un cojinete axial de deslizamiento que se encuentra en la carcaza de admisión.

Otros fabricantes construyen los ejes como conjunto de discos fijados entre sí por tornillos precomprimidos. El deslizamiento entre los discos queda impedido por un dentado frontal, o por el rozamiento entre las superficies frontales de los discos.

Las modernas turbinas de alta temperatura se utilizan cada vez más frecuentemente con calderas de recuperación en centrales de ciclo combinado. El alternador se monta entonces en el lado frío del compresor. En esta configuración el compresor transmite al alternador el momento total de giro de la turbina.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

APLICACION DE LA REINGENIERIA
EN MAQUINAS TURBOBOMBAS

E.N.E.P. ARAGON

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Anteriormente se habían presentado dificultades en los rotores con transmisión del momento de giro por rozamiento entre los discos. Gracias a la experiencia de muchas décadas y a los perfeccionamientos que se han conseguido, también el rotor atornillado está actualmente en condiciones de cumplir los requisitos.

Rendimiento

Si una turbina a gas tiene que alcanzar un alto rendimiento, es necesario prestar gran atención al modo de explotación prevista. En el caso de la turbina a gas, los estudios de mercado indican que el funcionamiento en ciclo combinado y en cogeneración llegarán a ser dominantes en la gama de potencias de 30 a 50 MW, algo que vienen confirmando los desarrollos más recientes. En consecuencia se han optimizado la máquina para este tipo de funcionamiento, tomando 20 : 1 como relación de presiones.

El cuidadoso diseño de la turbina gasógena ha contribuido a su alto rendimiento. En particular, el avanzado diseño aerodinámico y el uso de revestimientos abrasibles y de materiales poco dilatables en la parte compresor, así como la regulación de tolerancias de estator de la turbina y del difusor axial, contribuyen a su gran eficiencia.

En funcionamiento de ciclo combinado basado en una doble presión de vapor sin recalentamiento, la potencia de salida neta de la máquina es de 62 MW, con un rendimiento del 54%. Se consigue también un excelente rendimiento, 54%, en carga parcial de hasta 70% en condiciones ISO.

Las aplicaciones de congeneración se benefician de alta temperatura de salida, que permite un alto nivel de producción de vapor que satisface las necesidades de numerosos procesos industriales y de otros consumidores de calor, como son las redes de calefacción urbana.

Bajos costos de explotación y mantenimiento

Los dos elementos clave de los costos durante toda la vida útil son los costos de combustible y de mantenimiento. Ya en la fase de diseño de la turbina gasógena se consideraron a fondo ambos factores; el resultado es que los explotadores pueden contar con costos bajos sin pérdida alguna de fiabilidad y de disponibilidad básica de la máquina.

Los altos rendimientos de las aplicaciones fundamentales mantienen un bajo control de los costos de combustible, algo fundamental si el combustible se adquiere a los precios del mercado mundial. El alto rendimiento tiene una importancia crítica, especialmente si el combustible es caro, fundamentando la diferencia por el ciclo combinado o por la producción simultánea de vapor. Una caída de rendimiento de dos puntos porcentuales se traduce típicamente en un incremento de los costos de explotación y mantenimiento de casi cinco millones de dólares americanos durante un periodo de 15 años.

La simplicidad y robustez básica de la turbina gasógena y el mantenimiento según un programa optimado conducen a unos costos de mantenimiento muy competitivos. Esto es importante, ya que un cambio en los costos de mantenimiento de 1 dólar/MWh en esta gama de potencias equivale típicamente en cuatro millones de dólares durante 15 años.

Facilidad de mantenimiento

La turbina gasógena tiene varias características que simplifican el mantenimiento y la inspección. Para facilitar las inspecciones se ha mantenido "limpio" un lado de la turbina a gas, evitando en la medida de lo posible los sistemas de tuberías, cableado y conexiones. Se han dispuesto visores en la parte limpia para inspeccionar cada etapa del compresor. También se ha previsto una boca de inspección con ventana plexiglás en la parte frontal de la cámara de entrada, lo que permite inspeccionar fácilmente el abocinamiento de entrada al compresor.

La envoltura del compresor está dividida longitudinalmente en sectores, lo que permite desmontar la mitad de la misma para tener fácil acceso a los componentes de rotor y estator. El eje del rotor está a 1.6 metros por encima del suelo, un posición muy cómoda para las inspecciones.

La zona de quemadores ha sido diseñada para poder entrar individualmente cada uno de los 30 quemadores AEV sin tener que desmontar la máquina. También está asegurada una fácil inspección de la cámara de combustión.

Se ha montado un puente grúa en el recinto del cilindro de la turbina a gas, para facilitar el mantenimiento. El personal operador dispone de espacio suficiente para desplazarse alrededor de la máquina. La turbina a gas puede extraerse desde cualquier lado de la instalación. Si es necesario, las paredes del recinto también pueden desmontarse.

Programa de mantenimiento

Se dispone de un programa de mantenimiento perfectamente estructurado para las turbinas industriales a gas. Los mismos principios se aplican a la turbinas gasógenas. Las inspecciones y el mantenimiento se llevan a cabo a intervalos de 10000 horas de funcionamiento equivalente; estos trabajos se subdividen en cuatro niveles, un enfoque que garantiza una alta fiabilidad para los tipos de turbina a gas en cuestión. El intervalo entre revisiones principales es de 40000 horas de funcionamiento equivalente.

Si es necesario, se puede sustituir la turbina a gas, completa, en sólo 24 horas a partir del momento en que se haya enfriado lo suficiente. La sustitución implica desconectarla de la entrada del aire y del difusor, desplazándola después lateralmente sobre un sistema de carriles.

La compañía distribuidora ofrece un servicio completo, ajustado a las necesidades individuales del cliente. El servicio va desde el simple contrato de asistencia hasta la asunción de plena responsabilidad por el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

Perspectivas

Continúa creciendo el mercado para la generación de energía eficiente y limpia, basada en las turbinas a gas de la gama 30 a 50 MW. Al mismo tiempo, la clientela demanda equipos que ofrezcan alto rendimiento sin menoscabo de la fiabilidad. La turbinas gasógenas han sido desarrollada para dar respuesta a esta demanda. Diseñada para asegurar costos bajos durante toda su vida útil, puede usarse en numerosas aplicaciones. Estas y otras características de la turbinas gasógenas satisface sin duda las necesidades actuales y futuras de la clientela.

CAPITULO V

APLICACION DE LA REINGENIERIA EN UNA MAQUINA TURBO-BOMBA RUSTON. MODELO Ta 1750.

PLAN DE AVANCE

El presente formula el plan de avance y la ruta de remanufactura de los trabajos encomendados correspondientes a la rehabilitación general de la turbo-bomba Ruston TA 1750.

El objetivo es preparar un programa para llevar a cabo esta obra.

Para ello se toma como base la descripción de la mano de obra del ante proyecto, a los presupuestos elaborados para la realización de estos trabajos, y a las evaluaciones efectuadas para los mismos.

Ya que en estos documentos encontramos la descripción de os trabajos a realizar, el tiempo y actividades para ello, y los suministros necesarios.

El contenido del presente consiste en la descripción de la secuencia de remanufactura, desglose de temas plan de avance y recursos necesarios.

En primer instancia se muestra el desarrollo general de la secuencia o ruta de remanufactura, planteado en el plan de avance, su objetivo es dar una idea general y clara de las actividades principales involucradas en la rehabilitación de los paquetes con sus fechas de inicio y término.

Estas actividades han sido planeadas dentro de un marco de 11 semanas, las cuales presentan a un total de 528 horas / planta, considerando una jornada de 48 horas laborales por semana.

Sin embargo existen actividades que por su naturaleza, no podrán ser concluidas en una jornada laboral normal, quedando abierta la posibilidad de trabajo en horario extraordinario.

Cabe aclarar que consideramos aquí al concepto de remanufactura como al reacondicionamiento o rehabilitación de los equipos, para llevarlos a su estado operativo de nuevo.

De acuerdo a los procesos de remanufactura, las operaciones, se comprenden en siete temas, en los cuales se contempla el desarrollo completo de las secuencia de trabajo, considerando en ellos a la tarea base de :

- Ø DESENSAMBLE
- Ø LIMPIEZA Y PINTURA
- Ø REVISION Y MANTENIMIENTO
- Ø REMANUFACTURA Y CONSTRUCCION
- Ø ENSAMBLE
- Ø CONTROL DE CALIDAD

La descripción y desglose de temas se encuentran en el punto III del presente, en el cual se plantea su significado, su alcance y las consideraciones a tomar, y el equipo necesario que no se encuentre en la planta para llevar a cabo su realización.

De acuerdo con los temas, se ha planteado la formación de cinco equipos, teniendo cada uno de ellos a un supervisor, coordinados por la superintendencia y dirección de planta y se constituyen en :

- Ø LIMPIEZA Y PINTURA
- Ø DESENSAMBLE Y ENSAMBLE
- Ø HOJALATERIA Y PINTURA
- Ø INSTRUMENTACION
- Ø PLANTA
- Ø INGENIERIA Y SUP. TECNICA

La descripción de sus funciones y el número de sus participantes, se encuentra delineada posteriormente.

I " RECURSOS HUMANOS "

Por otra parte en el plan de avance, los componentes de los paquetes han sido divididos en ensambles mayores y sistemas, los cuales a su vez constan de ensambles menores o subensambles y lotes.

Estos se encuentran detallados conforme a la descripción de mano de obra para los paquetes, y se enlistan al final del punto referente a temas.

Cabe destacar que para poder coordinar, ensamble general se ha considerado dividir a los paquetes en tres áreas :

- θ CUARTO DE CONTROL
- θ TURBINA DE GAS
- θ BOMBA CENTRIFUGA

Mismas que corresponden a los tres principales componentes de los mismos ya que es posible su remanufactura paralelamente.

Con respecto a el punto de materiales, es importante aclarar que para poder llevar a cabo el presente plan de avance, el suministro de materiales es un factor determinante, por en el último se anexa en el listado de suministros críticos, por los proveedores y los tiempos de entrega.

II. UBICACION

Para podernos referir a los paquetes de una manera práctica les ha sido asignado a cada uno de ellos un número, correspondiente en el orden en que fueron recibidos en planta.

Los cuales corresponden a su actual ubicación en la nave trasera de planta, cuyas medidas son de 15 por 27 mts, tomando en cuenta que los paquetes miden 10.5 por 2.5 mts.

Por otra parte también se muestra la ubicación sugerida dentro de la nave , para los ensambles mayores; bomba centrífuga y turbina de gas, una vez que estos sean desmontados de los dos patines generales.

III. SECUENCIA DE TRABAJO

En forma general la secuencia de trabajo para la remanufactura de la turbo-bomba, puede ser resumida en los siguientes siete temas :

- 1.- MANIOBRAS DE ACOMODO
- 2.- DESENSAMBLE GENERAL DE LOS PAQUETES
- 3.- REMANUFACTURA GANERAL DE CONTENEDOR
- 4.- REMANUFACTURA DE ENSAMBLES MAYORES
- 5.- REMANUFACTURA DE SISTEMAS Y COMPONENTES
- 6.- ENSAMBLE GENERAL DE LOS PAQUETES
- 7.- PRUEBAS OPERATIVAS

Debido a que consideramos que esta secuencia brinda un mejor seguimiento de la ejecución de los trabajos, hemos reordenado los puntos, con respecto a el listado establecido en la descripción de mano de obra de la cotizaciones y anteproyecto.

Cabe mencionar que con respecto a los primeros temas de la presente secuencia, actualmente existen avances en las operaciones, siendo necesario llevarlas a su término, razón por la cual se contemplan las actividades ya realizadas, para partir del estado actual de los paquetes.

IV. DESGLOSE DE TEMAS.

1.- MANIOBRAS DE ACOMODO

Actualmente los paquetes se encuentran acomodados en la nave trasera de la planta, sin embargo es necesario efectuar las siguientes maniobras :

a) Se sugiere girar el paquete No. 2, 180° con el objetivo de poder realizar la maniobra de levante para sand blast, sin tener que quitar el

tirante superior de la nave, y levantar 20 cm más, ya que con esta maniobra el techo del paquete puede librarlo.

b) Alinear el paquete No. 1 con respecto al paquete No. 2, con la finalidad de que este también libere el mismo tirante.

c) Crear un pasillo central entre los paquetes, de cuando menos dos metros, con la finalidad de poder maniobrar en esta área efectuando las tareas de ensamble y desensamble.

2.- DESENSAMBLE GENERAL DE LOS PAQUETES

En este punto nos referimos al desensamble mayor, considerando al paquete completo como un solo ensamble o unidad.

Es necesario desmontar de los paquetes los componentes comprendidos en sus tres áreas principales, los objetivos de este desensamble son :

- * Preparar el patín general y techo, para la limpieza abrasiva, tratamiento anticorrosivo y pintura.
- * Permitir la remanufactura o rehabilitación de los componentes de los paquetes, por separado, creando con esto una mayor área de trabajo en planta.

Para los procesos de desensamble es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones :

1.- La bomba centrífuga tiene aproximadamente un peso de 3 toneladas; es posible desmontarla con los medios existentes en planta, esto ya fue llevado a cabo desensamblándola en partes.

2.- La turbina de gas y su patín tiene un peso aproximado de 10 toneladas; (22, 500 lb), en el cual suponemos se incluye a casi 2 toneladas de contenedor, quedando en peso neto considerado para el

patín y turbina de gas de 8.5 toneladas (19 000 lb), comprendiendo a todos los componentes auxiliares anexos a ella, así como aceite lubricante 625 kg, gabinete de control 250 kg. con sus medidas son de 2.1 mts por 4.9 mts. Estos datos fueron tomados del folleto informativo " TA 1750 gas turbine, emitido por Ruston. Dato de world gas turbine, hand book " Ruston Ta 1750 " 1980.

3.- Existen dos paquetes con turbina de gas montada y dos sin esta, en cualquiera de los dos casos para desmontar a la turbina de gas y su patín, es aconsejable desmontar primero los accesorios a ella, con el objeto de reducir el peso de maniobra en el patín, estos componentes cuyos pesos estimados son :

Bomba auxiliar	150 Kg
Demister	150 Kg
Filtro dúplex	180 Kg
Tuberías	150 Kg
Ducto transversal	170 Kg
Cámara de combustión	270 Kg
Gabinete hidráulico	30 Kg

Los cuales suman un total de 1,100 Kg, se consigue con ello por una parte un aligeramiento de más de una tonelada; y por una reducción de en las labores de maniobra con el patín.

4.- Los pasillos laterales para maniobra han sido considerados en 4 mts., con un central de 2 mts, ya que el ancho de la nave es de 15 mts. y el de los paquetes es de 2.5 mts

5.- La maniobra de esta puede ser hecha con un montacargas con capacidad de carga de cuando menos de 5 toneladas y un malacate con puente corredizo cuya capacidad sea de 3 toneladas, para lo cual se sugiere contar con un maniobrista de puerto.

6.- Otra forma será la de elevar el patín de turbina con gatos, y montarla sobre 3 ó 4 rieles, con el objeto de deslizarla hacia afuera, para ser recibida en burros, polines u otro tipo de soporte, posteriormente bajarla con los dos gatos grandes de planta, y el puente sólo como deslizador.

7.- En cuanto al cuarto de control este puede ser desensamblado sin maniobras mayores.

De acuerdo a las anteriores consideraciones la secuencia de desensamble sería la siguiente :

- A. Desmontar puertas y paneles
- B. Desmontar equipos y accesorios auxiliares de patín de la turbina.
- C. Desmontar cuarto de control.

- D. Desmontar accesorios a bomba centrífuga.
- E. Desmontar turbina de gas y patín.
- F. Desmontar bomba centrífuga.
- G. Ubicar estos dos últimos ensambles mayores en el interior de la nave central, junto con sus componentes auxiliares.

3.- REMANUFACTURA GENERAL DE CONTENEDOR Y PATIN

En este punto nos referimos a la ejecución de los trabajos enunciados en el punto 1 de la descripción de la mano de obra.

Su objetivo es preparar la infraestructura para recibir a los ensambles mayores, componentes y sistemas remanufacturados para proceder a el reensamble de los paquetes.

Por efectos prácticos debido a las operaciones que implican, han sido divididos los contenedores en dos paquetes; PATIN Y TECHO, Y ACCESORIOS, los cuales incluyen en este último conjunto A :puertas y paneles, pisos, soportes, gabinetes y el presurizador de contenedor.

3 A. PATIN Y TECHO.- Una vez desensamblados los paquetes, se procederá a efectuar en el siguiente orden las operaciones de :

1. Hojalatería y pialaría a patín y techo.
2. Limpieza desengrasante a patín general.
3. Limpieza abrasiva, tratamiento anticorrosivo y pintura, a parte superior de patín general.

4. Preparativos de maniobra.
5. Maniobras de levante.
6. Limpieza abrasiva, tratamiento anticorrosivo, y pintura a partes bajas de patín general.
7. Maniobra de bajar patines.

Para las maniobras descritas en el presente punto es aconsejable tomar en cuenta las siguientes consideraciones :

1.- El peso del paquete completo es aproximadamente de 22 toneladas (48 000 lb), (Dato tomado de plano General Arrangement Conn. No. 79 164 - E 0100 - 5), por lo cual al desmontar de él los siguientes componentes del patín :

Patín y tubería de gas	7 Toneladas
Bomba centrífuga	3 Toneladas
Puertas y paneles	2 Toneladas

Quedando un peso bruto aproximado de 10 toneladas para el patín principal y el techo.

2.- Preparar dos gatos de 30 toneladas y un juego de 40 polines de ferrocarril.

3.- Preparar un juego de soportes para el levante de los paquetes, polines de ferrocarril, burros de fierro estructural, o tambos de 200 lts, si se opta por estos últimos es necesario probar fugas por medio de aire presurizado.

4.- Consideramos que el medio más viable sería la fabricación de 4 burros que soportaran a los paquetes de los tubos de cargas a una altura de 1 m.

5.- La preparación de superficie (limpieza), para el patín y techo se considera bajo SSPC - 6 NACE 3, " Limpieza abrasiva a grado comercial ", esta es la especificada para pintura en superficies por daños menores por corrosión.

Permite aprovechar la protección (pintura) existente que no sea desprendida en la limpieza abrasiva, sin eliminarla por completo. Lo cual nos reduce en un 50 % el tiempo para Sanblast 2m² por hora, y permite una capa mayor de protección.

3 B. ACCESORIOS .- Una vez efectuado el desensamble mayor se consideran las siguientes operaciones a realizar :

1. Remanufactura de puertas y paneles.
2. Manufactura de soportes para clima de cabina.
3. Remanufactura de perfiles de sujeción.
4. Remanufactura de pisos.
5. Remanufactura de gabinetes.

4.- REMANUFACTURA DE ENSAMBLES MAYORES

Se contempla en este punto la revisión y remanufactura de los tres componentes mecánicos principales. TURBINA DE GAS, REDUCTOR DE VELOCIDAD Y BOMBA CENTRIFUGA, ya que estos pueden ser

ubicados en la nave central para su revisión y remanufactura, en la cual se llevarán a cabo la mayoría de las operaciones para ello.

4 A. TURBINA DE GAS.- Se contempla su remanufactura considerando la revisión, limpieza, ensamble y pintura. De los ensambles mayores de la turbina de gas y patín, dividiéndola en los siguientes siete puntos:

1. Productor de gas
2. Ducto transversal
3. Cámara de combustión
4. Turbina de potencia
5. Ductos de escape
6. Reductor de velocidad
7. Tanque y patín

Estas maniobras han sido planteadas tomando en cuenta las siguientes consideraciones :

1.- Sólo se consideran las tareas de revisión y pintura de la turbina de gas.

2.- Al desmontar el patín y su turbina se ha considerado el desensamble del dúcto transversal y cámara de combustión.

3.- Se pretende la revisión del productor de gas y turbina de potencia sin efectuar el desensamble completo.

4.- Para efectuar en el tanque de aceite lubricante, la limpieza interna con desincrustante y la limpieza externa por medios mecánicos o abrasivos, será necesario desmontar el productor de gas y la turbina de potencia, pudiendo aprovechar con ello la revisión y pintura del reductor de velocidad.

5.- En el punto 5 ductos de escape se ha considerado a el aislamiento térmico total.

4B. BOMBA CENTRIFUGA. - Anteriormente este renglón se encontraba considerado el último punto de la descripción de mano de obra, en el se contempla a las siguientes partidas :

- 1 Remanufactura de bomba centrifuga
- 2 Remanufactura de red de turbina
- 3 Patín de bomba
- 4 Protecciones eléctricas

5.- REMANUFACTURA DE SISTEMAS Y COMPONENTES

En general se contempla la remanufactura, de los sistemas y componentes, así como el suministro de los faltantes y reemplazos, en cada uno de ellos de ser necesarios.

Para su manejo y seguimiento de secuencia han sido divididos los componentes de los sistemas en ensambles y lotes.

La descripción detallada de este punto se presenta en el plan de avance general, debido a la cantidad de subtítulos de este resultaría repetitiva su descripción en este tema.

Basta decir que han sido tomadas las siguientes consideraciones :

1.- En los cuatro paquetes se encuentran faltantes los filtros de aire para el sistema de admisión.

2.- Con respecto a los sistemas auxiliares en el presente desarrollo se contempla el suministro del enfriador remoto, y el sistema regulador y de seguridad de alimentación de combustible, los cuales son equipos externos a los paquetes.

3.- En la secuencia de ejecución han sido tomados en cuenta los tiempos de entrega de los diversos componentes.

4.- En la remanufactura de los sistemas ha sido considerado el retrofit del sistema de control.

5.- Es necesario para el ajuste y calibración de componentes del sistema de control y sistemas de protección, de un osciloscopio de 2 canales a 10 Mz, con memoria de pulso.

6.- ENSAMBLE GENERAL

Como anteriormente se describió en el presente punto se contempla el ensamble en forma paralela de las tres principales áreas de el paquete, una vez que los equipos y componentes se encuentran ya rehabilitados.

En términos generales la secuencia puede ser descrita de la siguiente forma, para las tres áreas :

6A. AREA CUARTO DE CONTROL

- 1 Ensamblajes de tuberías transformadores y cableado sujetos al patín debajo del piso.
- 2 Montaje de componentes sujetos en el techo.
- 3 Instalación del tablero de control.
- 4 Instalación de paredes frontales.
- 5 Instalación de tableros de distribución, barrera zener y rectificadores.
- 6 Instalación del tablero sistema autónomo de protección.
- 7 Ensamble del piso de cabina.
- 8 Instalación de paredes laterales y puerta.

6 B. AREA TURBINA DE GAS

Se considera esta arrea a la ocupada propiamente por el contenedor de la turbina o envolvente, en la parte intermedia del paquete.

- 1 Ensamble de cableado de patín y techo.
- 2 Montaje de turbina de gas y patín.
- 3 Instalación de sistemas de lubricación y combustible.
- 4 Conexión de caja de sistemas eléctricos.
- 5 Instalación de gabinete de control hidráulico.
- 6 Montaje de ductos de escape.
- 7 Montaje de panel central reductor - bomba, y piso.
- 8 Montaje de persiana de cierre.
- 9 Instalación de tanques y tuberías de extinción.
- 10 Instalación de detectores de protección y lámparas en techo.

- 11 Instalación de sistema de aire, cono de limpieza y acoplamiento a turbina de gas.
- 12 Instalación de cámara de combustión y ducto transitorio.
- 13 Instalación de presurizador de contenedor.

6 C AREA BOMBA CENTRIFUGA

En este punto se considera a el área ocupada por la bomba centrífuga en la parte trasera del paquete y comprende al equipo a instalar en ella, de acuerdo a la siguiente secuencia.

- 1 Instalación de piso
- 2 Montaje de bomba centrífuga
- 3 Instalación de red de tuberías de lubricación
- 4 Instalación de red de tuberías de purga y drenado
- 5 Instalación de sello mecánico
- 6 Instalación de protecciones eléctricas
- 7 Alineación acoplamiento a sistemas

7.- PRUEBAS OPERATIVAS

Se han considerado las siguientes pruebas como preparación a la puesta en marcha, a la cual consideramos como la prueba definitiva.

7A. Pruebas de Detección de Fugas Bajo Presurización

1 Sistema de combustible; alineación-gobernador, gobernador-quemador.

2 Sistema de lubricación; tanque, líneas de lubricación y líneas de servo.

7B. Pruebas Eléctricas

1 Pruebas a motores eléctricos; arranque, lubricación auxiliar, acelerador, enfriador remoto, presurizador de contenedor y presurizador de cabina.

2 Prueba de sistemas auxiliares; clima de cabina, iluminación y servicios.

3 Prueba de baterías

4 Pruebas de alimentación y distribución.

7C. Pruebas Sistemas de Control

1 Simulación de arranque control en vacío.

2 Arranque de turbina con ignición piloto.

7D. Pruebas Sistema Autónomo de Protección.

1 Simulación de eventos; fuego, gas combustible, incremento de temperatura, y alta vibración.

V. PLAN DE AVANCE

Se encuentra formado por tres secciones, básicamente se componen de secuencia de programa y avance, condensado de datos y presupuestos.

PROYECTO DE PROGRAMACION Y AVANCE

En este se contempla el desarrollo de la secuencia de los equipos trabajando simultáneamente.

Se ha designado a cada equipo un color representativo de la tarea que ejecutan, mostrado el recuadro superior de este documento el cual se enlistan las actividades según los temas enunciados, y los componentes a remanufacturar.

Debido a que las tareas de maniobra mayor no son continuas y requieren de un grupo de más de dos equipos, se señalan en negro como tareas generales.

Los guiones naranjas al inicio, indican desensamble realizado, los suministros se han señalado con franjas tenues, así como los tiempos de espera, correspondiendo el verde para Pémex, el amarillo para importaciones y el rojo para compras nacionales. El naranja, azul y café son indicativos de tiempo de espera.

Los cuadros divididos representan una actividad efectuada por un equipo diferente a ella, el color de inicio indica a el equipo y el color subsiguiente a la tarea que realiza.

Los dos equipos de instrumentación (instrumentista y tablerista) se distinguen por un guión al centro del cuadro que ocupen.

Los equipos participantes y sus colores son los siguientes :

Desensamble y ensamble	7 Personas	Naranja	Café
Pialaría y Hojalatería	5 Personas	Rojo	Rosa
Limpieza y Pintura	7 Personas	Verde	Morado
Eléctrico e Instrumen.	7 Personas	Amarillo	Sepia
Maquinado y Planta	Planta	Azul Claro	Azul Oscuro
Maniobra General	General	Gris	Claro
Supervisión Técnica	Puntos de control	Gris	Oscuro

Condensado de Datos y Operaciones

Los datos mostrados en el proyecto se encuentran soportados por este condensado de operaciones, el cual se enlistan los temas, las operaciones y componentes, las horas hombre de las tareas involucradas en cada actividad, totalizándose por partida, con el fin de coordinar la secuencia de trabajo.

PROYECTOS DE INGENIERIA PROGRAMACION Y AVANCE SEMANAS : 5,6,7,8			NOMBRE DEL PROYECTO:		APLICACION DE LA REINGENIERIA EN MAQUINAS TURBOBOMBAS																		
					MANIOBRA GENERAL			ELECTRICO INSTRUMENTOS			SUPERVISION TECNICA												
					ENSAMBLE			MONTAJE			PINTURA			MAQUINADO PLANTA									
ACTIVIDAD	TIEMPO	Hrs:	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	
1.-	MANIOBRA ACOMODO	8																					
2.-	DEENSAMBLE GENERAL	24																					
3.-	REMANUFACTURA																						
	A- PATIN Y TECHO	304																					
	B- ACCESORIOS																						
	PUERTAS Y PANELES	288																					
	OTROS ACCESORIOS	56																					
4.-	REM. ESAM. MAYORES																						
	A- TURBINA A GAS TA-1750																						
	PRODUCTOR DE GAS	53																					
	TURBINA POT. ESCAPES	58																					
	REDUCTOR DE VELOCIDAD	38																					
	PATIN DE TUBINA	128																					
	B- BOMBA CENTRIFUGA	232																					
5.-	REMANU. SIST. Y COMPONENTES																						
	A- SISTEMA ADMISION	97																					
	B- COMP. DE CONTROL	42																					
	C- GABINETE HIDRAULICO	68																					
	D- GABINETE ELECTRICO	464																					
	E- SISTEMA DE LUBRICACION	230																					
	F- SISTEMA DE COMBUSTIBLE	148																					
	G- SISTEMA DE IGNICION	40																					
	H- SISTEMA ELECTRICO	356																					
	I- SISTEMAS AUXILIARES																						
	J- SISTEMA AUTO PROTECCION	184																					
6.-	ENSAMBLE GENERAL																						
	A- CUARTO DE CONTROL	68																					
	B- AREA TURBINA A GAS	164																					
	C- AREA BOMBA CENTRIFUGA	90																					
7.-	PRUEBAS OPERATIVAS	49																					

PROYECTOS DE INGENIERIA PROGRAMACION Y AVANCE SEMANAS : 9,10,11,12			NOMBRE DEL PROYECTO:		APLICACION DE LA REINGENIERIA EN MAQUINAS TURBOBOMBAS																	
					MANIOBRA GENERAL				ELECTRICO INSTRUMENTOS				SUPERVISION TECNICA									
					ENSAMBLE				PINTURA				PLANTA									
	ACTIVIDAD	TIEMPO Hrs.	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	
1.-	MANIOBRA ACOMODO	8																				
2.-	DEENSAMBLE GENERAL	24																				
3.-	REMANUFACTURA																					
	A- PATIN Y TECHO	304																				
	B- ACCESORIOS																					
	PUERTAS Y PANELES	288																				
	OTROS ACCESORIOS	56																				
4.-	REM. ESAM. MAYORES																					
	A- TURBINA A GAS TA-1750																					
	PRODUCTOR DE GAS	53																				
	TURBINA POT. ESCAPES	58																				
	REDUCTOR DE VELOCIDAD	38																				
	PATIN DE TUBINA	128																				
	B- BOMBA CENTRIFUGA	232																				
5.-	REMANU. SIST. Y COMPONENTES																					
	A- SISTEMA ADMISION	97																				
	B- COMP. DE CONTROL	42																				
	C- GABINETE HIDRAULICO	68																				
	D- GABINETE ELECTRICO	464																				
	E- SISTEMA DE LUBRICACION	230																				
	F- SISTEMA DE COMBUSTIBLE	148																				
	G- SISTEMA DE IGNICION	40																				
	H- SISTEMA ELECTRICO	356																				
	I- SISTEMAS AUXILIARES																					
	J- SISTEMA AUTO PROTECCION	184																				
6.-	ENSAMBLE GENERAL																					
	A- CUARTO DE CONTROL	68																				
	B- AREA TURBINA A GAS	164																				
	C- AREA BOMBA CENTRIFUGA	90																				
7.-	PRUEBAS OPERATIVAS	49																				

VI. RECURSOS HUMANOS.

De acuerdo en el plan de avance anteriormente descrito, se presentan las áreas de coordinación y funciones del personal involucrado.

SUPERVISION TECNICA.

Este equipo lo comprende los mandos superiores y medios comprendidos por dirección de planta y/o superintendencia, ingeniería de proyecto, dos sobrestantes y un dibujante.

LIMPIEZA Y PINTURA.

Este equipo está formado por siete personas, integrado por dos grupos de trabajo, coordinados por un supervisor y estos tienen a su cargo las operaciones de limpieza por medios; abrasivos, químicos, vapor y agua a presión.

DESENSAMBLE Y ENSAMBLE.

Se encuentra formado por siete personas, integrados por dos equipos de trabajo, su labor radica en el desensamble, revisión, evaluación de daños, ensamble, instalación y montaje de componentes mecánicos y de sistemas.

PAILERIA Y HOJALATERIA

Se encuentra compuesto por cinco personas, formado por dos equipos coordinados por un supervisor, y estos tienen a su cargo las operaciones de corte, soldadura y desbaste, en la hojalatería y pailería,

para la reparación de partes tales como los paneles y paredes, o el patín de contenedor.

ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION

Se encuentra formado por siete personas, formando cuatro grupos de trabajo, coordinados por un supervisor, y tienen a su cargo las operaciones de desensamble de instalaciones eléctricas, revisión, calibración y ajuste de instrumentos también la revisión de componentes de control hidráulico, cableados de tableros, instalación y conexionado de componentes y sistemas de control eléctrico.

PLANTA Y MAQUINADOS

Se considera el equipo formado por la planta y tiene a su cargo la reconstrucción o fabricación de partes mecánicas, comprendidas por las operaciones de maquinados, soldadura, aporte de material y desbaste.

VII. RECURSOS MATERIALES

En este punto tratamos los recursos materiales necesarios para llevar a cabo la rehabilitación de nuestra turbina, estos contemplan dos secciones; la primera contempla las herramientas y equipos para ello, y la segunda y mas importante, se refiere a los suministros necesarios para la rehabilitación contemplada en las evaluaciones anteriormente elaboradas, estos están divididos para facilitar su manejo y localización de acuerdo a la afinidad que presenten los siguientes grupos :

- A. REFACCIONES RUSTON
- B. EQUIPOS DE OTRAS MARCAS
- C. INSTRUMENTACION
- D. REFACCIONES A FABRICAR
- E. TUBERIAS Y CONEXIONES
- F. TORNILLERIA
- G. PAILERIA Y MAQUILA
- H. PINTURAS
- I. MATERIAL ELECTRICO
- J. MISCELANEOS
- K. PEMEX

Estos grupos a su vez son divididos en refacciones, con su modelo, número de parte, cantidad y descripciones, también en los proveedores con los cuales se harán las adquisiciones.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PERSONALES

En los últimos años y por causa de la devaluación de nuestra moneda, un gran número de empresas, se ha presentado ante la encrucijada de la adquisición del refaccionamiento y equipo nuevo; y al verse la realidad de nuestra economía busca otras posibles alternativas de solución.

Es ahí, donde surge el aprovechar lo que tenemos y se abre el campo de aplicación de diferentes tipos de procesos y que junto con el desarrollo metalográfico de materiales considerados de alta pureza se han obtenido resultados inmejorables, tanto que no sólo se vuelven accesibles los costos, sino que se puede renovar las piezas consideradas con mayor uso ó desgaste con otro tipo de tecnología.

A estos materiales considerados " Aleaciones Puras " se les conoce como " SUPERALEACIONES ".

Con la ayuda de estas " SUPERALEACIONES ", se han obtenido trabajos de calidad y funcionamiento inmejorable en equipos rotativos, principalmente en equipos turbo-bombas y partes componentes.

La Reingenieria se muestra en plenitud y toma demasiada importancia cuando se observan las horas uso y se justifica su inversión, dado los resultados y pruebas en cuanto horas-mantenimiento y que gracias a la frecuencia del mismo se alarga la vida del equipo renovado, ante la no aceptación de los monopolios extranjeros, quienes argumentan que la eficiencia del equipo se ve afectada.

El tiempo es el paliativo y los resultados son convincentes y ante esta situación, sólo les queda a los consorcios extranjeros reconocer que los procesos tecnológicos utilizados funcionan.

Reconociendo en ciertas empresas su responsabilidad e incluso en ocasiones, intentan trabajar de otras formas asociadas.

Es así como las nuevas generaciones de turbinas gasógenas están empleando materiales con otras características en sus aleaciones, y evitan al máximo el dar su metalografía.

Muchos industriales dudan de la Reingenieria por falta de conocimiento y seguridad, pero se han visto ante la necesidad y la alternativa ofrecida es aceptada.

El trabajo es garantizado, ya que se le entrega un certificado y se respaldan con las normas de mayor confianza en el mundo.

Respecto a la adquisición de una turbina gasógena fabricada con "SUPERALEACIONES"; su costo de inversión con respecto a una turbina normal es alto, pero se obtiene un tiempo de operación mucho mayor y tambien se bajan los niveles de emisión de contaminantes y la eficiencia no disminuye, por lo que se considera que la turbina gasógena justifica su inversión ya que a largo plazo mejora resultados y menores costos de operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Información interna de la compañía Turborecon

- Revista interna de ABB ; Junio 1997

- Revista interna de ABB ; Diciembre 1997

- Información obtenida en internet
Dirección : ABBREVIEW.COM.MX

- Dirección General de Normas
Manual de Normas ASME