



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Residencia Profesional

“Evaluación de equipo turbocompresor y sus sistemas asociados que operará de baja presión a alta presión (1,150 psi) y documentación de proyecto de instalación de equipo motocompresor (recuperadora de vapor) R.V.3.”

Presenta

Jorge Rafael Bermúdez Solís

Especialidad

Ingeniería Mecánica

Asesor Interno

Ing. Fernando Alfonso May Arrioja

Asesor Externo

Ing. Martín Carranco Rosas

Revisores

Ing. José Manuel Rasgado Bezares

Ing. Saúl Rigoberto Ruíz Cruz

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN -----	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO -----	2
1.1 Justificación-----	3
1.1.1 Proyecto original-----	3
1.1.2 Proyecto reasignado-----	4
1.2 Objetivos-----	4
1.2.1 Proyecto original-----	4
1.2.1.1 Objetivo general-----	4
1.2.1.2 Objetivos específicos-----	4
1.2.2 Proyecto reasignado-----	5
1.2.2.1 Objetivo general-----	5
1.2.2.2 Objetivos específicos-----	5
1.3 Caracterización del área de trabajo-----	6
1.3.1 Misión-----	6
1.3.2 Visión-----	6
1.3.3 Valores-----	6
1.3.4 Organigrama de la planta-----	8
1.4 Problemas a resolver-----	8
1.4.1 Proyecto original-----	8
1.4.2 Proyecto reasignado-----	8
1.5 Alcances-----	9
1.6 Limitaciones-----	9
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO -----	10
2.1 Turbocompresoras Solar-----	11
2.1.1 Descripción de la turbomaquinaria-----	11
2.1.2 Aplicaciones-----	11
2.2 Componentes Principales del conjunto turbocompresor--	13
2.2.1 Conjunto del Patín-----	14
2.2.2 Consola de control-----	14
2.2.3 Turbina de gas-----	15
2.2.4 Compresor centrífugo de gas-----	17
2.3 Turbina de gas-----	18
2.3.1 Ciclo Brayton-----	18
2.3.2 Funcionamiento del compresor-----	19
2.3.3 Funcionamiento de la cámara de combustión-----	20

2.3.4	Funcionamiento de la Turbina-----	21
2.3.5	Funcionamiento del escape-----	22
2.4	Compresor de gas-----	23
2.4.1	Generalidades-----	23
2.4.2	Función del sistema-----	23
2.4.3	Principios de funcionamiento-----	23
2.4.4	Compresor de gas de baja presión-----	25
2.4.5	Compresor de gas de media y alta presión-----	26
2.4.5.1	Rendimiento del compresor de gas-----	27
2.4.5.2	Construcción del compresor de gas-----	27
	CAPÍTULO III DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO-----	28
3.1	Desmontaje e instalación del compresor-----	29
3.1.1	Herramientas y equipo-----	29
3.1.1.1	Herramientas especiales-----	29
3.1.1.2	Equipo recomendado-----	29
3.1.2	Desmontaje-----	30
3.1.3	Cambio de compresor-----	33
-		
3.1.4	Instalación-----	33
	CONCLUSIONES-----	39
-		
	ANEXOS-----	40
--		
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES-----	46

INTRODUCCIÓN

El conjunto de turbomaquinaria cubierto en este informe técnico es un conjunto turbocompresor impulsado por una turbina fabricado por Solar Turbines Incorporated, una subsidiaria de Caterpillar, Inc., San Diego, California. Se muestra un conjunto compresor típico después de la finalización de todas las pruebas del conjunto turbomotriz.

El presente proyecto “Evaluación de equipo turbocompresor y sus sistemas asociados que operará de baja presión a alta presión (1,150 psi) y documentación de proyecto de instalación de equipo motocompesor (recuperadora de vapor) R.V.3.” surge de la necesidad de sacar de operación dos maquinas turbocompresoras ubicadas en el campo de compresión Paredón, enviando el gas comprimido directamente a la petroquímica Cactus. Dicho incremento de presión reducirá los costos de operación y mantenimiento ofreciendo mayor eficiencia en el proceso.

Así también este incremento de presión crea la necesidad de una nueva recuperadora de vapor, con el objetivo de contar con las dos actuales en operación y una tercera disponible en caso de emergencia.

Debido a una fuga de gas en el tubo gasoducto Bellota-Cárdenas Norte, el proyecto de descargar en alta presión fue desfasado de las fechas programadas por lo que se tomo una nueva actividad llamada documentación del mantenimiento de equipo mayor de la unidad 307-2, que consiste en el cambio de compresores de media y alta presión.

A continuación se detalla el procedimiento seguido en dicho mantenimiento así como también las herramientas y equipo necesario para su realización.

Finalmente se muestran imágenes obtenidas durante las operaciones.

The background features a minimalist design with three blue circles of varying sizes and two thin blue lines. One large circle is at the top right, a smaller one is in the middle right, and another large circle is at the bottom right. Two lines intersect: one runs from the top left towards the middle right, and another runs from the top right towards the bottom right.

Capítulo I

Generalidades del proyecto



Generalidades del proyecto



1.1 JUSTIFICACIÓN

1.1.1 PROYECTO ORIGINAL

**Evaluación de equipo turbocompresor y sus sistemas asociados que operará de baja presión a alta presión (1,150 psi) y documentación de proyecto de instalación de equipo motocompresor (recuperadora de vapor)
R.V.3**

En la batería de compresión Bellota-jujo se recibe gas de proceso proveniente de la Batería de separación gas-aceite, el cual se comprime con el fin de enviarlo a la petroquímica Cactus.

Actualmente el gas es comprimido a una presión de 650 psi y después enviado al Campo de Compresión Paredón, donde es presurizado nuevamente para ser trasladado a la petroquímica Cactus. Al tener que pasar por este segundo campo de compresión se generan costos de operación, mantenimiento y recursos humanos innecesarios ya que en la batería de compresión Bellota-jujo se cuenta con la capacidad necesaria para transferir el gas hasta la Petroquímica.

Al aumentar la compresión se desea sacar de operación dos máquinas turbocompresoras ubicadas en el campo de compresión Paredón con el fin de mejorar la eficiencia el proceso y reducir todos los costos implicados.

Para ello es necesaria la recalibración de alarmas, disparos, sistemas de transmisión y de temperatura de los compresores así también los sistemas asociados.



Generalidades del proyecto



1.1.2 PROYECTO REASIGNADO

DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO MAYOR DE LA UNIDAD 307-2

Es necesaria la documentación del mantenimiento que se le da a la turbocompresora para que sirva como futura referencia en caso de ser necesaria la verificación de procedimientos por alguna falla o bien como manual instructivo para operadores relativamente nuevos en el área de trabajo.

El mantenimiento mayor de la unidad 307-2 consiste en el cambio de los compresores de media y alta presión, esto debido a que cada compresor presenta más de 50 000 horas de uso continuo a pesar que el manual de operación señala que se estima una vida útil de 15 000 horas, por lo tanto es de suma importancia realizar el cambio de dichos compresores para evitar futuras fallas que puedan causar daños permanentes en todo el equipo turbocompresor.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 PROYECTO ORIGINAL

EVALUACIÓN DE EQUIPO TURBOCOMPRESOR Y SUS SISTEMAS ASOCIADOS QUE OPERARÁ DE BAJA PRESIÓN A ALTA PRESIÓN (1,150 PSI) Y DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPO MOTOCOMPRESOR (RECUPERADORA DE VAPOR) R.V.3.

1.2.1.1 OBJETIVO GENERAL.

Aumentar la presión de operación de baja a alta para evitar el campo de turbocompresión "Paredón" por el que actualmente el gas debe ser enviado para posteriormente ser recomprimido y remitido a "Petroquímica Cactus", para sacar dos maquinas turbocompresoras del campo "Paredón".



Generalidades del proyecto



1.2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recalibración de sistemas de disparo por presión.
- Recalibración de sistemas de transmisión de los equipos compresores.
- Recalibración de sistemas de control de alta temperatura de los equipos compresores.
- Recalibración de sistemas de alarma.
- Recalibración de Válvulas de seguridad, admisión, descarga.
- Recalibración del sistema de lubricación y sellos.

1.2.2 PROYECTO REASIGNADO

DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO MAYOR DE LA UNIDAD 307-2

1.2.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Documentar el mantenimiento mayor de la unidad 307-2 con el fin de futuras referencias para verificación de procedimiento y manual instructivo para operadores con poca experiencia en la estación de compresión, ya que actualmente no se cuenta con un documento similar.

1.2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Tomar nota de cada paso realizado en el proceso de desmontaje de los compresores a cambiar, así también como de la instalación de los nuevos equipos de compresión.
- Realizar una bitácora de trabajo donde se detalle cada operación realizada durante el mantenimiento.



Generalidades del proyecto



1.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

Petróleos Mexicanos es la mayor empresa de México y de América Latina, y el mayor contribuyente fiscal del país.

Es de las pocas empresas petroleras del mundo que desarrolla toda la cadena productiva de la industria, desde la exploración, hasta la distribución y comercialización de productos finales.

Durante 2010, PEMEX obtuvo un rendimiento de operación de 545 mil 521 millones de pesos, registró ventas en el país por 683 mil 853 millones de pesos y los ingresos por exportaciones se ubicaron en 592 mil 907 millones de pesos.

En 2010*, la producción promedio de petróleo crudo se ubicó en dos millones 576 mil barriles diarios.

1.3.1 MISIÓN.

Incorporar y explotar reservas de hidrocarburos de los campos del activo integral Bellota-jujo maximizando su valor económico a largo plazo garantizando la seguridad de nuestro personal y nuestras instalaciones en armonía con la comunidad y el medio ambiente.

1.3.2 VISIÓN.

Somos el mejor equipo de trabajo de la Región Sur, líder en la producción de hidrocarburos, con el menor costo de producción y los mejores índices de seguridad y protección al medio ambiente, en armonía con la comunidad donde desarrollamos nuestras actividades.

1.3.3 VALORES.

- **Innovación**

Búsqueda continua de formas más creativas de ejecutar nuestro trabajo para mejorar el desempeño técnico, económico y financiero del negocio.



Generalidades del proyecto



- **Compromiso**

Es la obligación que asumimos por el puesto que desempeñamos y nos exige cumplir cabalmente nuestras responsabilidades fundamentales, los compromisos adquiridos y la palabra empeñada.

- **Transparencia**

desempeñarnos siempre de manera transparente en el cumplimiento de nuestras responsabilidades fundamentales, para una rendición de cuentas claras ante las autoridades y la sociedad, buscando siempre el mayor beneficio de nuestra empresa.

- **Disciplina**

Actuación ordenada y metódica en el cumplimiento del desempeño de nuestras funciones, respetando estrictamente las disposiciones, reglamentos y normas aplicables para que prevalezca el orden y la limpieza en nuestras áreas de trabajo.

- **Trabajo en equipo**

Es nuestro pilar para alcanzar la efectividad como Región, que permite buscar soluciones innovadoras y lograr objetivos comunes con una visión compartida, complementando habilidades y actuando siempre con una filosofía proactiva y de servicio para con los demás integrantes del equipo.

1.3.4 ORGANIGRAMA DE LA PLANTA.



Figura 1.1 Organigrama de la planta

1.4 PROBLEMAS A RESOLVER.

1.4.1 PROYECTO ORIGINAL

EVALUACIÓN DE EQUIPO TURBOCOMPRESOR Y SUS SISTEMAS ASOCIADOS QUE OPERARÁ DE BAJA PRESIÓN A ALTA PRESIÓN (1,150 PSI) Y DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPO MOTOCOMPRESOR (RECUPERADORA DE VAPOR) R.V.3

- Recopilar información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Identificación y localización de cada uno de los dispositivos que requieren recalibración.
- Cálculo de los nuevos valores de operación para la recalibración de cada uno de los diferentes dispositivos.
- Documentar el procedimiento de instalación de la recuperadora de vapor R.V.3

1.4.2 PROYECTO REASIGNADO

MANTENIMIENTO MAYOR DE LA UNIDAD 307-2

- Recopilar información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Observación y toma de datos de la realización del proyecto.
- Elaboración de bitácora de mantenimiento.



Generalidades del proyecto



1.5 ALCANCES.

El proyecto tomado originalmente fue desfasado de las fechas programadas por diversas fallas por lo que se me asignó una nueva actividad denominada "Documentación del Mantenimiento Mayor de la unidad 307-2", que consiste en el cambio de los compresores de media y alta presión.

1.6 LIMITACIONES.

Debido a una fuga de gas en el tubo gasoducto Bellota-Cárdenas norte, el proyecto de descarga en alta presión en la estación de compresión Bellota fue reprogramado ya que fue necesario realizar corridas de diablos de limpieza con el fin de determinar que tramos de ductos habría que cambiar para soportar la presión de descarga de 1150 psi.

The background features a minimalist design with three blue circles of varying sizes and two thin blue lines. One large circle is in the upper right, a smaller one is in the middle right, and another large circle is in the bottom right. Two lines intersect: one runs from the top left towards the middle right, and the other runs from the top right towards the bottom right.

Capítulo II

Fundamento teórico

2.1 TURBOCOMPRESORAS SOLAR

2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA TURBOMAQUINARIA

El conjunto turbomotriz consiste en una turbina de gas de flujo axial que impulsa un compresor centrífugo de gas en línea.

La unidad esta considerada como una aplicación de servicio continuo; por ejemplo, el tiempo de funcionamiento es de 1000 a 8760 horas al año.

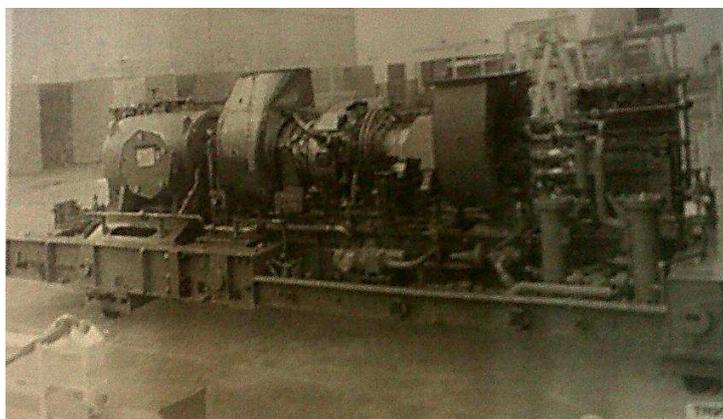


FIGURA 2.1 Conjunto turbocompresor Taurus de Solar típico

2.1.2 APLICACIONES

Los conjuntos turbocompresores impulsados por la turbina de gas de Solar están diseñados para satisfacer muchos requisitos de compresión de gas, en función de (de los) compresor(es) seleccionado(s). Las aplicaciones incluyen la transmisión, recolección, reinyección, alta presión, compresión de alto régimen/elevación de gas y otros de una amplia gama de relaciones de compresión y flujo (Figura2.2). Aunque aquí solo se muestran los compresores, la turbina se puede acoplar a una bomba.

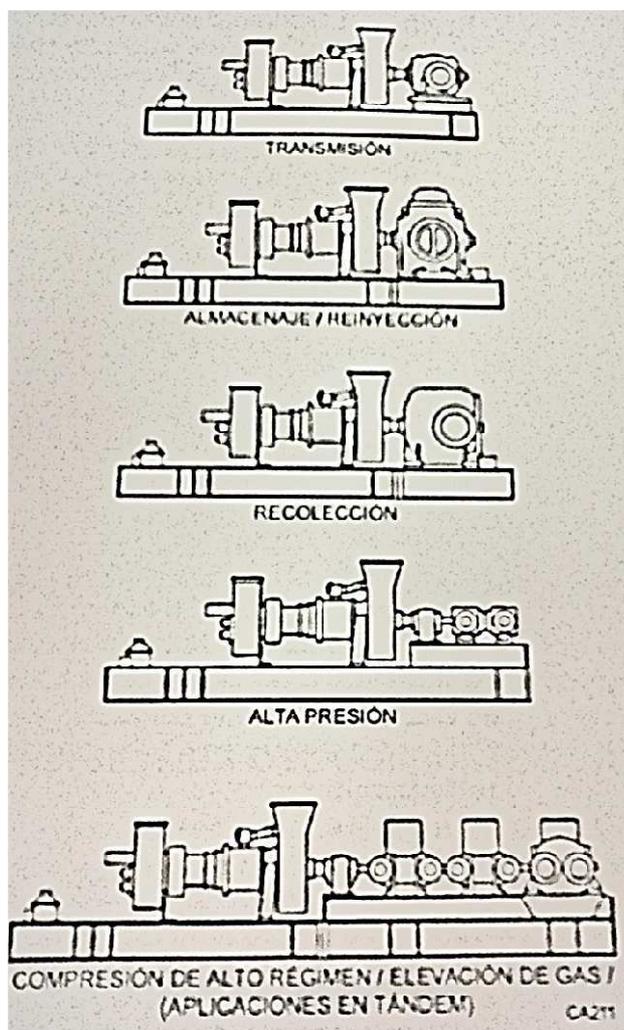


FIGURA 2.2 Aplicaciones de los conjuntos turbocompresores

Transmisión Cualquier aplicación con entrada y salida desde una tubería de transmisión de gas que sea corriente debajo de una planta de gas y corriente arriba de una estación de entrega.

Almacenamiento/Reinyección Cualquier aplicación en la que el gas se inyecta en un sitio de almacenamiento, para el mantenimiento de la presión o para el almacenamiento.

Recolección Cualquier aplicación que maneja el pozo de gas en el cabezal del pozo o en cualquier otra ubicación de recolección corriente arriba del reforzador de la planta de gas.

Aplicaciones de alta presión Para todas las aplicaciones en las que se requiera la descarga de gas a alta presión (>1500 psi) para el funcionamiento del sistema.

Compresión de alto Régimen/Elevación de gas (Aplicaciones en tándem) Cualquier aplicación en la que se inyecta gas en un pozo de petróleo para ventilar el crudo y así facilitar su expulsión a la superficie, o en la que se requiere una presión de gas elevada desde el cabezal del pozo hasta la tubería de transmisión.

2.2 COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONJUNTO TURBOCOMPRESOR.

El conjunto turbocompresor de solar es un equipo completamente funcional, provisto de todos los accesorios necesarios para funcionar normalmente cuando se conecta a las instalaciones suministradas por el cliente.

El conjunto compresor se compone de los siguientes componentes principales: turbina de gas, conjunto de impulsión de salida, compresor centrífugo de gas natural, el patín, consola de control, más un complemento completo de sistemas de apoyo necesario (Figura 2.3)

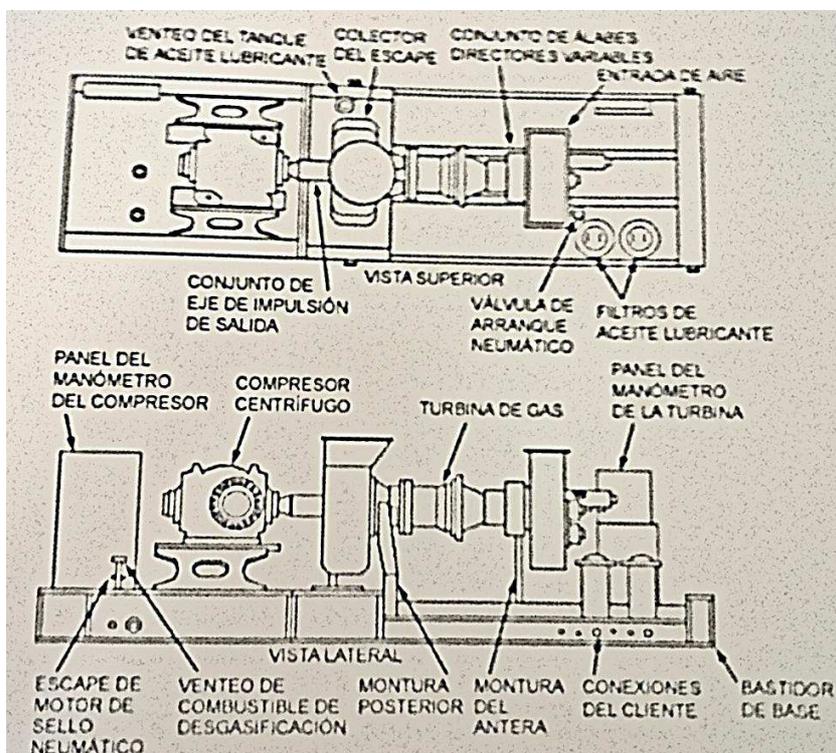


Figura 2.3 Componentes principales de un conjunto turbocompresor

2.2.1 CONJUNTO DEL PATÍN

El conjunto del bastidor de base del patín (Figura 2.4) es un conjunto soldado rígido fabricado con acero estructural. El patín de dos piezas soporta la turbina de gas y el compresor centrífugo de gas instalados en una disposición en línea. Sobre el bastidor también hay montados muchos de los componentes de los sistemas de arranque, combustible, aceite, aire y eléctrico (control).

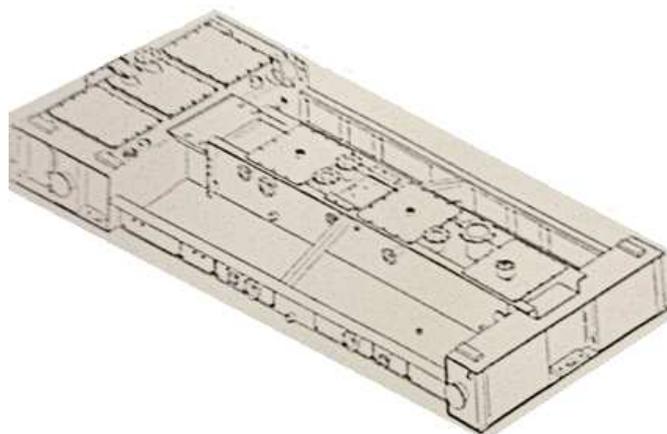


Figura 2.4 Conjunto del Patín de la turbomaquinaria

2.2.2 CONSOLA DE CONTROL

La consola de control (Figura 2.5) aloja los relés del sistema de respaldo, los multicables, etc. Los conmutadores de control y las lámparas indicadoras del sistema, los conmutadores de control de las válvulas de proceso y las lámparas indicadoras del compresor, y los monitores de temperatura y vibración, cuando se utilizan, están montados sobre las puertas de la consola. El microprocesador y el anunciador están montados también en la consola de control.

Dentro de la consola hay un Controlador lógico programable (PLC) que controla todas las funciones del sistema. Ubicados también internamente se encuentran los terminales que se utilizan para interconectar la consola con la turbomaquinaria.

El exterior de la consola contiene todos los dispositivos de interfaz del operador necesarios. El panel de control de la turbina contiene botones, los pulsadores y las lámparas que se utilizan para controlar la turbomaquinaria. Una pantalla de tubos de

rayos catódicos (CTR) proporcionara actualización continua sobre el funcionamiento de toda la turbomaquinaria

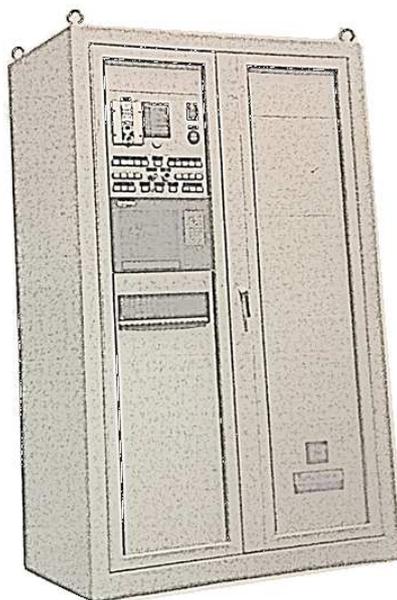


Figura 2.5 consola de control

2.2.3 TURBINA DE GAS

La turbina de gas (Figura 2.6) es una unidad de flujo axial, velocidad variable, ciclo simple y eje partido que propulsa el conjunto turbocompresor. La turbina está apoyada en el bastidor de base (patín) y está conectada al compresor centrífugo de gas por medio de un conjunto de eje motor de impulsión recto, en algunas aplicaciones en tándem, a través de una caja de engranajes de aumento de velocidad.



Figura 2.6 Turbina de gas

La turbina se compone de dos secciones principales, denominadas el productor de gas y la turbina de potencia (Figura 2.7).

La sección productor de gas se compone de:

- Conjunto de accionamiento de accesorios
- Entrada de aire
- Sección del compresor
- Difusor
- Sección de combustión
- Turbina productora de gas

La sección de la turbina se compone de:

- Turbina de potencia
- Colector del escape
- Mando de salida

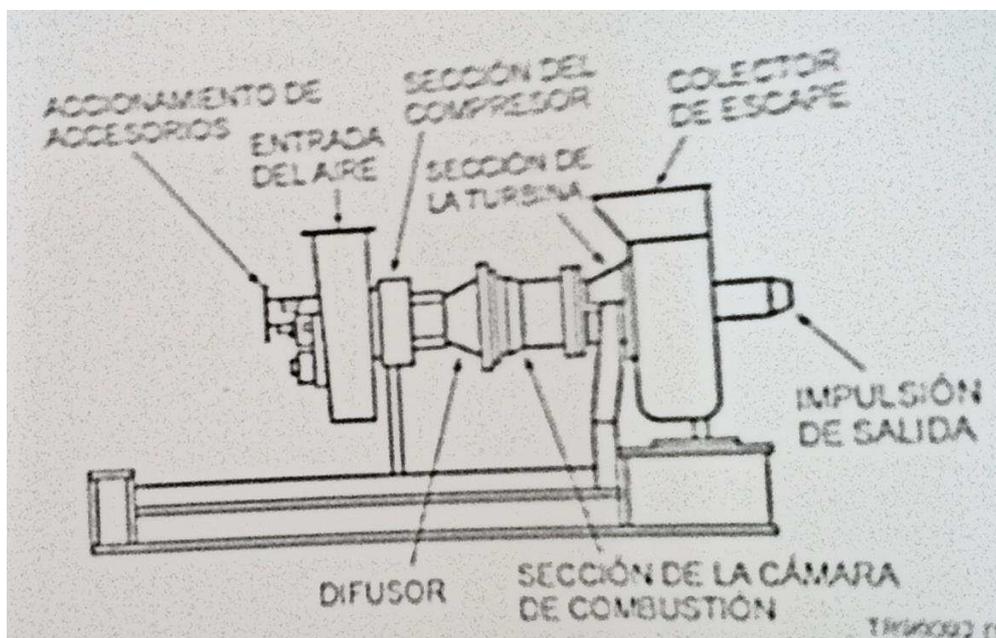


Figura 2.7 Secciones de la turbina de gas

2.2.4 COMPRESOR CENTRÍFUGO DE GAS

El compresor centrífugo de gas (Figura 2.8) se instala sobre el patín en la parte posterior de la turbina. El eje de salida de la turbina y el eje de entrada del compresor centrífugo de gas están alineados cuidadosamente para lograr concetricidad y paralelismo. Los ejes están conectados mediante un eje de accionamiento estriado de dos piezas encerado en una cubierta extendible.

En las aplicaciones en tándem, los compresores centrífugos de gas y la caja de engranajes (si se usan) se montan en un patín aparte empernado al bastidor de base (patín) del compresor. Los ejes de impulsión estriados, encerrados en una cubierta telescópica, interconectan la turbina, la caja de engranajes y el compresor centrífugo de gas según corresponda.

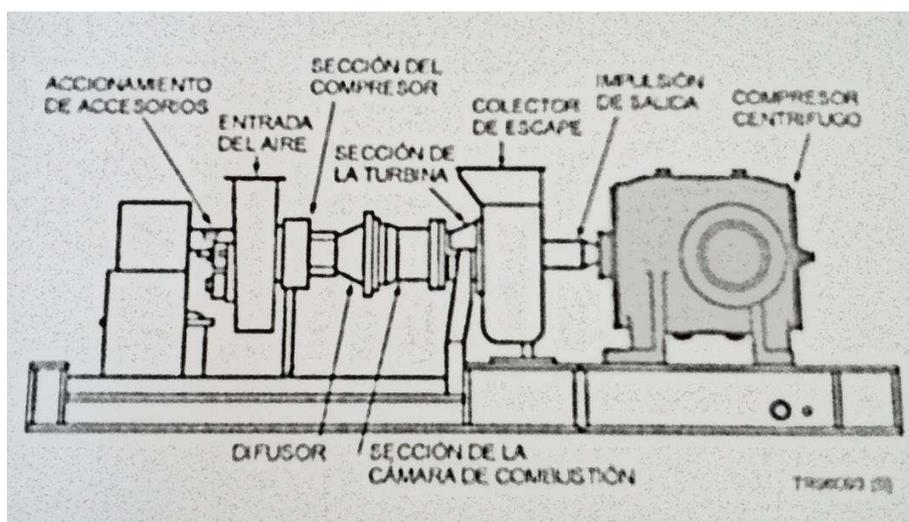


Figura 2.8 Secciones de la turbina de gas y compresor centrífugo de gas

2.3 TURBINA DE GAS

Una turbina de gas convierte la energía del combustible en energía mecánica aplicando un proceso termodinámico conocido como el ciclo Brayton simple (ilustrado en la Figura 2.9)

2.3.1 CICLO BRAYTON

El ciclo Brayton, en la forma en que se aplica a la turbina de gas, consiste en los cuatro eventos siguientes:

- Compresión:** Se comprime el aire atmosférico
- Combustión:** El combustible se mezcla con el aire comprimido, y la mezcla se enciende, lo que produce gases calientes en rápida expansión.
- Expansión:** Los gases calientes se expanden a través de la sección de la turbina, lo que produce un par de torsión rotacional en el proceso.
- Escape:** Los gases de escape se descargan a la atmosfera después de haber entregado la mayor parte de su energía a la sección de la turbina.

El ciclo Brayton que tiene lugar en la turbina es un proceso continuo uniforme. La compresión, combustión, expansión, escape y producción de potencia de salida mecánica rotatoria resultante ocurren simultánea y continuamente.

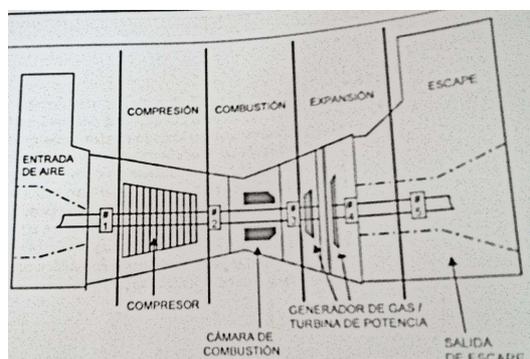


Figura 2.9 Ciclo Brayton

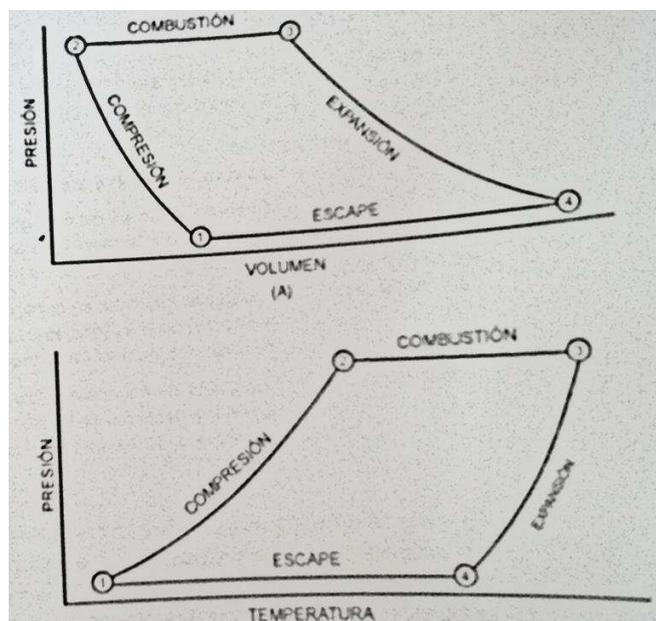


Figura 2.10 Curvas del ciclo Brayton

2.3.2 FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR

Los alabes del compresor y los alabes del estator tienen forma aerodinámica en la vista transversal, similar al ala de una aeronave (Figura 2.11). A medida que giran el rotor del compresor, la acción aerodinámica de los alabes de la primera etapa extrae aire de la garganta de entrada del conjunto de entrada de aire y lo acelera hacia la primera línea de los alabes estáticos.

Esta acción de mover un alabe de forma aerodinámica a través del aire crea un efecto similar al efecto de un avión de "sustentación" que hace que vuele el ala de un avión.

El mismo efecto de sustentación se crea en los alabes del rotor, pero debido a que se rotan para alejarlos de las zonas de baja presión, el vacío creado se llena con aire proveniente de la etapa precedente, lo que induce el aire a moverse aun más adentro del compresor. Los alabes directores de entrada, a la entrada del compresor, ajustan el flujo de aire para que llegue a los bordes delanteros de los alabes de la primera etapa del rotor en el ángulo correcto para una eficiencia máxima.

Se agrega energía cinética al aire, debido a su velocidad, a medida que se acelera hacia dentro del compresor por la acción de los alabes del rotor en giro. El aire también experimenta un aumento de presión debido a la ruta divergente o de difusión que forman los álabes del rotor. A continuación, conforme el aire atraviesa el estator, su efecto de difusión aumenta aún más la presión. Cada una de las etapas sucesivas comprime el aire recibido de la etapa anterior.

A medida que el aire fluye a través de cada sección del rotor, su ángulo es reajustado por la próxima sección de álabes estatóricos, de manera que el flujo de aire se ajusta una vez más al ángulo correcto para la próxima sección del rotor. Por lo tanto, el flujo de aire pasa a través del compresor en una dirección general lineal o “axial”, y no en forma de “espiral”.



Figura 2.11 Álabes y estatores del compresor

2.3.3 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

A medida que el aire comprimido se expande dentro de la cámara de combustión aproximadamente un cuarto del aire es dirigido hacia a cúpula de la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible inyectado para el proceso de combustión. El volumen de aire restante se desvía de la cúpula de la cámara de combustión, y entra en los separadores de combustión interior y exterior mas lejos corriente abajo donde se usa para enfriar y posicionar el cono de la llama. Después de esto, el aire se mezcla con la llama creada por la mezcla de combustible/aire encendida,



Fundamento teórico



de manera que la energía térmica liberada del combustible quemado hace que su temperatura aumente escalonadamente. Este proceso crea una mezcla muy caliente de gases en rápida expansión que escapa del confinamiento de la cámara de combustión al pasar a través de la sección de la turbina.

2.3.4 FUNCIONAMIENTO DE LA TURBINA

La turbina productora de gas y los conjuntos de la turbina de potencia funcionan en forma inversa al conjunto de compresor, extrayendo energía rotatoria de la corriente de gas caliente convirtiéndola de presión y temperatura a par de torsión rotatorio.

En estas dos secciones de la turbina, cada etapa del rotor es precedida por una sección de boquillas estacionarias, llamadas así porque la forma de los espacios entre perfiles aerodinámicos adyacentes crea el mismo efecto que la boquilla de una manguera de jardín (Figura 2.12). La mezcla de aire/combustible, o gas, en expansión en la cámara de combustión que entra en la sección de boquillas es acelerada por el efecto restrictivo de las boquillas y entra en el próximo conjunto de álabes del rotor a una velocidad incrementada.

La fuerza de esta acción se convierte en par de torsión rotatorio por la reacción de los álabes del rotor de la turbina, a medida que el gas los atraviesa mientras se desplaza hacia la sección del escape. El par de torsión generado es la fuerza que impulsa el compresor de la turbina a través de la acción de la turbina productora de gas, y el eje de la entrega de la turbina que acciona el equipo impulsado por la acción de la turbina de potencia.

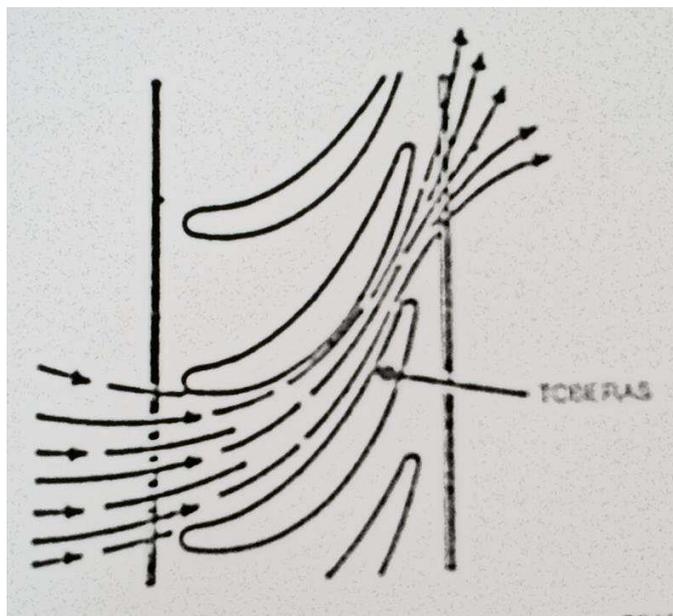


Figura 2.12 Efecto de las boquillas de la turbina

2.3.5 FUNCIONAMIENTO DEL ESCAPE

Los gases calientes, una vez convertida la mayoría de su energía térmica y cinética a energía mecánica, continúan su expansión a través del difusor del escape y del sistema de escape y del sistema de escape, reduciéndose por ultimo a presión atmosférica. Algo de la energía térmica permanece aun en estos gases, y en algunas instalaciones, en vez de enviarlos directamente a la atmosfera recuperan la energía restante pasándolos a través de un sistema de recuperación residual.

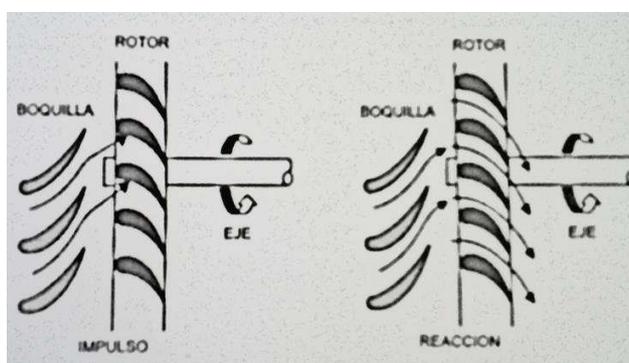


Figura 2.13 Reacción del rotor y boquillas de la turbina

2.4 COMPRESOR DE GAS.

2.4.1 GENERALIDADES

El compresor de gas es el equipo impulsado del conjunto turbocompresor. Se tienen tres modelos de compresor de gas para aplicaciones de turbina de gas Mars con compresor sencillo. Estos compresores, de tipo centrífugo, generalmente son impulsados desde la turbina por un conjunto de eje motor de impulsión directa.

2.4.2 FUNCIÓN DEL SISTEMA

La función de un compresor de gas es aumentar el flujo y la presión del gas natural para una aplicación en particular. La ilustración a continuación muestra el gas que se está comprimiendo por medio de un compresor de gas.

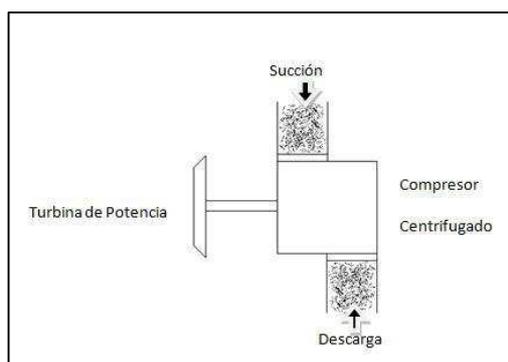


Figura 2.15 Compresión de gas en un compresor.

2.4.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

En cualquier proceso de compresión, la presión de un volumen de gas se incrementa de un nivel a otro al agregar energía al gas que se está procesando. La energía se mide en términos de pie-libras de fuerza por libras de masa del gas manipulado, y comúnmente se llama “altura de carga adiabática”.

El compresor centrífugo está clasificado como dinámico a diferencia de una máquina de desplazamiento positivo. En un compresor de intercambio, una cantidad de gas se introduce en un cilindro, se mueve un pistón y el gas atrapado se comprime por reducción directa del volumen o desplazamiento positivo; la energía mecánica se transforma en energía de presión.

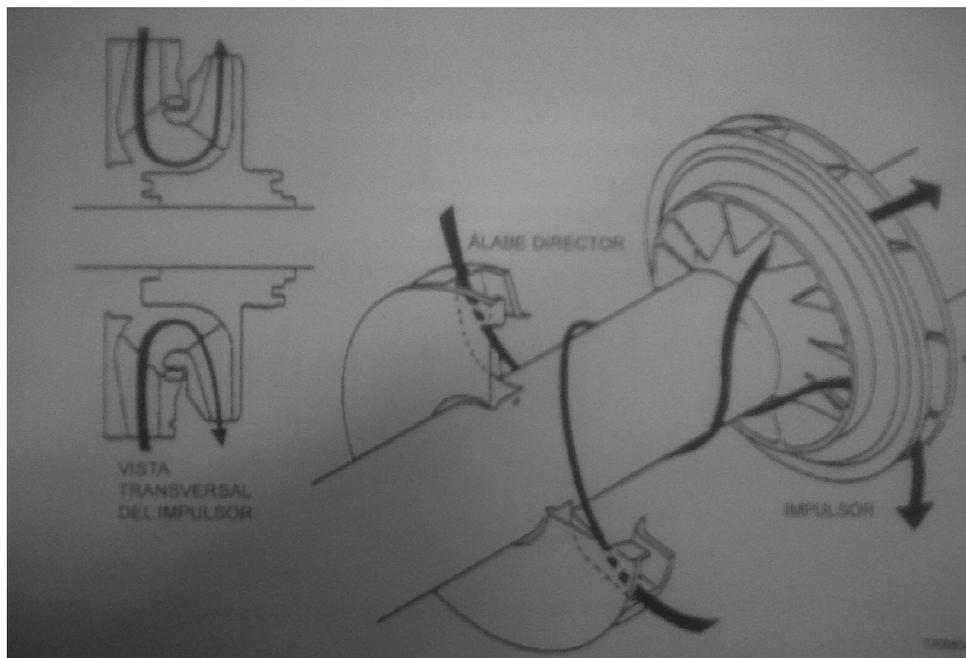


Figura 2.16 impulsor de flujo de gas típico.

Los compresores centrífugos aplican fuerzas de inercia al gas. Las fuerzas de inercia son transmitidas por un impulsor (una serie de paletas en una rueda giratoria) el cual, por un movimiento centrífugo dinámico, añade energía de velocidad mediante la aceleración del gas. El gas fluye del impelente hacia el difusor en donde el gas se desacelera, y la energía de velocidad se transforma en energía de presión.

Aproximadamente dos tercios del incremento en la presión ocurre en el impulsor mismo, mientras que el incremento restante ocurre en el difusor. El giro del impulsor es el único medio para añadir energía al gas, y todo el trabajo realizado en el gas es una acción del impulsor. Los componentes estacionarios convierten la energía de velocidad adicionada por el impulsor de energía de presión.

A la combinación de álabes directores de entrada, impulsor, y difusor o diafragma se le conoce como una etapa. Una sola etapa centrífuga tiene una relación de presión relativamente baja. Cuando se desean relaciones más altas, se añaden etapas adicionales.

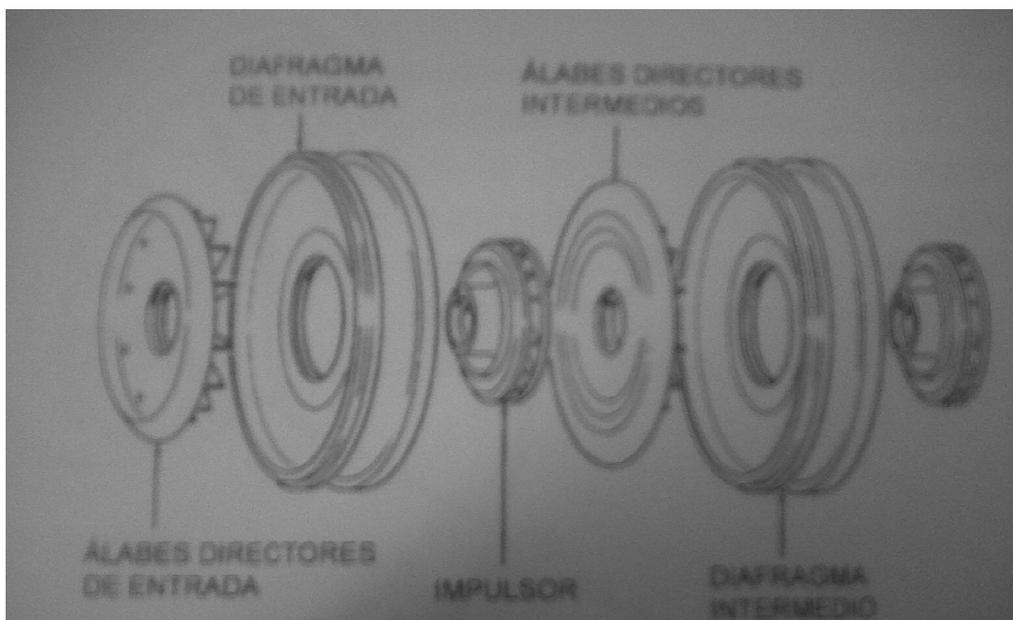


Figura 2.17 Componentes de las etapas de un compresor.

2.4.4 COMPRESOR DE GAS BAJA PRESIÓN.

El compresor de gas centrífugo Solar Turbines C284 (figura) está diseñado para un servicio eficaz de toma de gas de baja presión de succión. Las relaciones de presión de 1.2:1 hasta 4.5:1 y las gamas de flujo de 700 a 10000 pies cúbicos de entrada por minuto están disponibles, dependiendo de la selección del número y la configuración de las etapas internas.

El compresor lleva a cabo la función de comprimir un gas entre niveles de presión requeridos mediante la adición de energía al gas a medida que pasa. Los alabes del impulsor transmiten esta energía, mediante el aumento de la velocidad y la presión estática del fluido. El gas, que se succiona hacia el ojo del impulsor y sale por su periferia, entra en un difusor con o sin alabes a gran velocidad donde es retardado, transformando la mayor parte de esa energía cinética en presión estática adicional.

En el compresor se pueden instalar una, dos, tres o cuatro etapas. Cada etapa se puede seleccionar de cinco configuraciones de etapas básicas. Cada etapa consta de un conjunto de estator y un conjunto de impulsor.

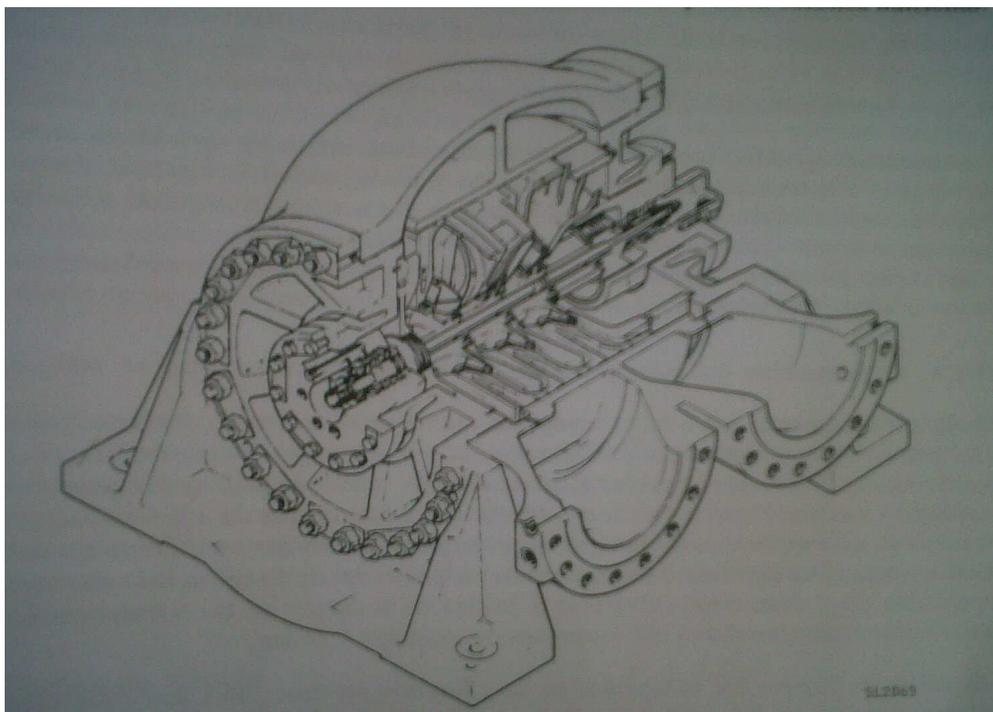


Figura 2.18 Vista en corte del compresor de gas C284

2.4.5 COMPRESOR DE GAS DE MEDIA Y ALTA PRESIÓN.

Se dispone de relaciones de compresión desde 1.1:1 hasta 3.0:1 con gamas de caudal desde 150 a 1500 pies cúbicos por minuto de entrada, dependiendo de la selección del número y la configuración de las etapas internas. Las etapas pueden incluir de una a ocho etapas, y cada etapa puede seleccionarse de cinco diseños básicos de etapas para dar cabida a las gamas de presiones y flujos requeridas.

Las características de diseño del compresor se pueden observar en las tablas A.1 y A.2 en la sección de anexos

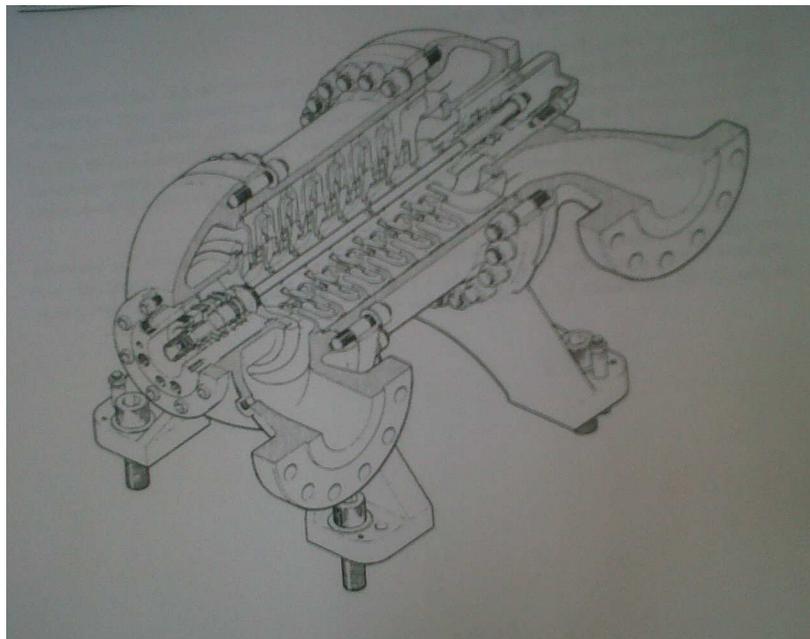


Figura 2.19 corte transversal de un compresor de gas C168

2.4.5.1 Rendimiento del compresor de gas.

Únicamente dos factores afectan el rendimiento de un compresor centrífugo, la altura de carga producida y la capacidad. La altura de carga y la capacidad no pueden ser medidas directamente, pero pueden ser calculadas fácilmente de los valores conocidos de la composición, presiones, temperatura de succión y de la relación de caudal volumétrico de entrada real del gas.

2.4.5.2 Construcción del compresor de gas.

El compresor de gas comprende un conjunto de carcasa en tres secciones, conjuntos de cojinetes y sellos, componentes aerodinámicos y sistemas de aceite lubricante, aceite de sello y gas de separación. La carcasa central de forma cilíndrica incorpora bridas en cada extremo para sujetar las carcasas de los extremos de succión y descarga, patas de apoyo integrales con bridas para afianzarse al patín del turbocompresor y un diámetro interior central para los componentes aerodinámicos, la carcasa del extremo de descarga comprende una lumbrera de descarga bridada y un diámetro interior pasante para alojar el conjunto de cojinetes y sellos de descarga. Las carcasas de los extremos pueden ser instaladas sobre la carcasa central en varias posiciones de giro para colocar las lumbreras de succión y descarga en posición vertical, horizontal a la derecha y horizontal a la izquierda.

A decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes and three thin blue lines. One line connects the top-left edge of the largest circle to the top-left edge of the medium circle. Another line connects the top-left edge of the medium circle to the top-left edge of the smallest circle. A third line connects the top-left edge of the smallest circle to the top-left edge of the largest circle, forming a triangle. The circles are positioned in the upper right and lower right areas of the page.

Capítulo III

Documentación del mantenimiento



3.1 DESMONTAJE E INSTALACIÓN DEL COMPRESOR.

Siempre que se requiera el remplazo de un compresor, o la realización de procedimientos para desarmar un compresor, el mismo debe ser quitado del patín y luego reinstalado tal y como se llevo a cabo en la sección 3.1.2. Después de haber instalado el compresor, se debe verificar la alineación y hacer ajustes necesarios según se describe en las secciones detalladas más adelante.

3.1.1 HERRAMIENTAS Y EQUIPO.

Las herramientas y equipos especiales que se describen en esta sección son necesarios para una inspección y mantenimiento adecuados del compresor de gas.

3.1.1.1 HERRAMIENTAS ESPECIALES.

Las herramientas especiales se relacionan en las Tablas A.3, A.4, A.5 en la sección de anexos.

3.1.1.2 EQUIPO RECOMENDADO.

Además de las herramientas de campo, se recomienda cierto equipo común y de fabricación local. Estos equipos se enumeran a continuación. Se puede utilizar otro equipo estándar de ser más conveniente.

- Banco de trabajo, de fabricación local, para apoyar el compresor.
- Equipo de izado y maniobras con capacidad mínima de 1814 kilogramos (4000 libras)
- Bocallave extraprofunda de 12 puntos y de 1-1/16 pulgadas.
- Manija de mandril para hueco de 3/4 pulgadas
- Llave torsiométrica con impulsor de 3/4 de pulgada y capacidad mínima de 1500 libras-pie.
- Mandril tubular con diámetro exterior de 2-1/2 pulgadas diámetro interior de 2 pulgadas de tapón de fibra, con diámetro exterior de 2-1/2 pulgadas.
- Nonio indicador de profundidad.
- Micrómetros de interiores y exteriores con capacidad de 6 pulgadas.



- Indicador de esfera con incrementos de 0.001 de pulgada.
- Alzaprimas o barretas de 7/16 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de largo.

3.1.2 DESMONTAJE

El desmontaje y la instalación del compresor de gas se llevo a cabo según el procedimiento indicado a continuación.

1. En el extremo de descarga del compresor, se desconectaron los cables que van a las sondas de vibración y las sondas de transductor de ángulo de fase (keyphasor) de la caja de empalmes más próxima.
2. Se aflojaron las uniones de los conductos de las sondas de vibración y transductor de ángulo de fase (keyphasor).
3. Se quitaron las cajas de empalmes de la sonda de vibraciones y del transductor de ángulo de fase (keyphasor), los conductos y el cableado de los conductos que van a la caja de empalmes principal.
4. Fue desconectado el cableado de los termopares y se quitó el conducto que va a la cada de empalmes principal.
5. En el extremo de succión del compresor, se desconectaron los cables que van a las sondas de vibración y a la sonda de desplazamiento axial en la caja de empalmes más próxima.
6. Se aflojaron las uniones de los conductos que van a las sondas de vibración y a la sonda de desplazamiento axial.
7. Fueron removidas las cajas de empalmes de las sondas de vibración y de la sonda de desplazamiento axial, los conductos y el cableado de los conductos que van a la caja de empalmes principal también se removieron.
8. Se desconectó el cableado de los termopares y se removió el conducto que va a la caja de empalmes principal.
9. Se marcaron las tuberías de servicio para que sean identificadas al momento de reinstalarlas.
10. Se desconectaron las conexiones de servicio de aceite y gas de las tapas de los extremos de succión y de descarga. Se quitaron todas las conexiones y tuberías con el objetivo de tener un buen acceso al compresor. Se desecharon todos los



sellos tipo "0" y las juntas. También fueron usadas tapas guardapolvo o tapones en todas las tuberías o lumbreras abiertas.

11. Se desconectaron los cabezales de la estación de succión y de descarga del compresor.
12. Se desconectaron los drenajes de la carcasa, situados en la parte inferior del compresor.
13. Se procede a desmontar el conjunto de eje de interconexión de entrada.

Desmontaje de la unidad de engranajes al conjunto de eje de interconexión de entrada al compresor de alta y media presión.

14. Se desconectaron las tuberías de drenaje de aceite y de venteo del conjunto de cubiertas.
15. Fue instalada una eslinga alrededor de cada extremo del conjunto de cubiertas.
16. Se desmontaron los pernos de cabeza hexagonal, contratuercas, y arandelas planas de la cubierta superior y de la cubierta inferior.
17. Se instalaron cuatro pernos extractores de 1/4-20 en la cubierta superior.
18. Los pernos de gato fueron girados de manera uniforme para separar las mitades de la cubierta.
19. La cubierta inferior de las eslingas fue retirada.
20. Se quitó la cubierta superior.
21. Se quitaron los pernos de gato y las eslingas.
22. Se procede a desmontar el espaciador.

Desmontaje del espaciador.

23. Se colocó una eslinga alrededor del espaciador y se sujetó a un camión grúa.
24. Se realizaron contramarcas de posición y orientación del espaciador para referencia en la futura reinstalación.
25. Los pernos de peso-controlado, fueron removidos así también las contratuercas de peso controlado del espaciador.
26. Se instalaron tornillos extractores en las bridas del espaciador.
27. Fueron instalados cuatro tornillos plegadores amarillos (1/4-28 NF X 1.25 pulgadas) al adaptador del lado de impulsión.
28. Se giraron los tornillos extractores hasta que las juntas de rebaje se separaron.



29. Se apretaron los tornillos plegadores para mantener abiertas las juntas de rebaje.
30. Se extrajo el espaciador y el paquete de calzas entre los cubos de los adaptadores del lado de impulsión y del lado impulsado.
31. Se quitaron los tornillos extractores del espaciador.
32. Se quitaron los tornillos plegadores del adaptador del lado de impulsión, aflojándolos uniformemente y en pequeños incrementos para evitar la tensión en el paquete de discos.
33. Se procede al desmontaje de los adaptadores del lado de impulsión e impulsado

Desmontaje de los adaptadores de los lados de impulsión e impulsado.

34. Se quitaron los pernos de peso controlado y las arandelas del adaptador del lado de impulsión.
35. Fue desmontado el adaptador del lado de impulsión de las estrías del eje de salida.
36. Se retiró el adaptador del lado impulsado fuera del eje de entrada del equipo impulsado.
37. Se procede al desmontaje del adaptador de la cubierta del lado de impulsión.

Desmontaje del adaptador de la cubierta del lado de impulsión.

38. Se quitaron los pernos de cabeza hexagonal, las arandelas de seguridad y las arandelas planas.
39. Se quitó el adaptador de la cubierta del lado de impulsión de la carcasa del equipo de impulsión.
40. Se quitaron los sellos "O" del adaptador de la cubierta del lado de impulsión.
41. Se procede al desmontaje del adaptador de la cubierta del lado impulsado.

Desmontaje del adaptador de la cubierta del lado impulsado.

42. Se realizaron marcas en el adaptador de la cubierta del lado impulsado y la carcasa del equipo impulsado.
43. Se retiró el adaptador de cubierta del lado impulsado fuera de la carcasa del equipo impulsado.
44. Se quitaron los sellos "O" del adaptador de la cubierta del lado impulsado.
45. Se continúa con el desmontaje del equipo compresor.



Continúa el desmontaje del compresor

46. Se quitaron los tornillos prisioneros de sujeción y los pasadores cónicos de los pies del compresor.
47. Se levantó el compresor en una línea recta hacia arriba utilizando un camión grúa, y fue desplazado a una zona de trabajo despejada.

3.1.3 CAMBIO DE COMPRESOR.

El antiguo compresor fue remplazado por un equipo reparado, ya que debido al costo de una maquinaria nueva, se opta por dar mantenimiento y reparación a los equipos que ya se tienen, por lo tanto el compresor retirado será sometido al mismo tratamiento de reparación y mantenimiento.

3.1.4 INSTALACIÓN

A continuación se detalla el procedimiento seguido para la instalación del nuevo equipo compresor de gas.

1. Se sujetó el equipo de levantamiento a los pernos de anilla del compresor y el compresor fue levantado y llevado sobre la base del conjunto compresor, con el extremo impulsado hacia la turbina y alineando los orificios de los pernos de montaje y los orificios de los pasadores cónicos del compresor y la base.
2. De manera temporal, se instalaron cabezales de estación en las bridas de succión y descarga del compresor, se procuró posicionar el compresor de tal manera que no se impusiera ninguna carga de los cabezales sobre el compresor.
3. Se instalaron los tornillos prisioneros de sujeción y las arandelas del compresor, apretándolos con un par de torsión de 1980 N.m (1460 pies-lb). Se colocaron los pasadores cónicos.
4. Se desconectaron los cabezales de la estación de las bridas de succión y de descarga.
5. Se realizaron los procedimientos de alineación.
6. Se procede a instalar los adaptadores de los lados de impulsión e impulsado.



Instalación de los adaptadores de los lados de impulsión e impulsado.

7. Se cambiaron las juntas de rebajo del espaciador y del adaptador del lado de impulsión.
8. Se limpiaron todas las superficies descubiertas del adaptador del lado de impulsión.
9. Se limpiaron las estrías de entrada.
10. Se calentó el adaptador del lado de impulsión en un baño de aceite caliente hasta que el componente alcanzo los 200°F (93°C).
11. Se roció lubricante de película seca, a las estrías del eje de salida.
12. Si instaló el adaptador del lado de impulsión en las estrías del eje de salida.
13. Se esperó a que el adaptador se enfriara a la temperatura ambiente.
14. Se apretaron los pernos de peso controlado.
15. Se deslizó el adaptador del lado impulsado sobre el eje de entrada del equipo impulsado.
16. Se procede a la instalación de los adaptadores de las cubiertas.

Instalación de adaptadores de las cubiertas.

17. Se limpiaron las ranuras de los sellos "O" del adaptador de la cubierta del lado de impulsión y se verifico de que no existieran rebabas. Las ranuras que tenían rebabas fueron rectificadas.
18. Se lubricaron e instalaron nuevos sellos "O" en el adaptador de la cubierta del lado de impulsión.
19. Se empujó el adaptador de la cubierta del lado de impulsión para que se alojara dentro de la caja del equipo de impulsión.
20. Se aseguró el adaptador con pernos de cabeza hexagonal, arandelas de seguridad y arandelas planas.
21. Se limpiaron e inspeccionaron las ranuras de los sellos "O" en busca de rebabas.
22. Se lubricaron e instalaron nuevos sellos "O" sobre el adaptador de la cubierta del lado impulsado.
23. Se colocó el adaptador de la cubierta del lado impulsado en la carcasa del equipo impulsado.
24. Se procede a la instalación del espaciador.



Instalación del espaciador.

25. Se utilizó la distancia que se obtuvo durante el procedimiento de alineación para calcular la compensación necesaria para las calzas.
26. Con la longitud del espaciador adquirida por una medición y la distancia obtenida durante el proceso de alineación se obtiene una diferencia, en caso de ser positiva se quitan las calzas instaladas y si es negativa se añaden calzas al otro extremo, en este caso, la diferencia fue negativa y se añadieron calzas.
27. Se instalaron cuatro tornillos plegadores (1/4-28 NFX1.5 pulgadas) al adaptador del lado de impulsión.
28. Se colocó una eslinga alrededor del espaciador y fue sujeta con un camión grúa.
29. Se alinearon las marcas del espaciador y los adaptadores del lado de impulsión y del lado impulsado.
30. Se colocó el espaciador y el paquete de calzas entre los adaptadores del lado de impulsión y del lado impulsado.
31. Se aflojaron los tornillos plegadores amarillos para liberar la compresión del paquete de discos sobre el adaptador del lado de impulsión hasta que las caras de las bridas de los adaptadores engranaron en el paquete de calzas y las juntas de rebajo del espaciador.
32. Se instalaron los pernos de peso controlado y las contratueras de peso controlado en el espaciador.
33. Se procede a la instalación del conjunto de cubiertas.

Instalación del conjunto de cubiertas.

34. Se limpió el material adhesivo de la cubierta superior.
35. Se instaló la cubierta superior sobre los adaptadores de las cubiertas del lado de impulsión y del lado impulsado.
36. Se quitaron los sellos "O" y limpió el material adhesivo de la cubierta inferior.
37. Se aplicó sellador y se instalaron nuevos sellos "O" en la cubierta inferior.
38. Se instalaron los pernos de cabeza hexagonal, las arandelas planas y las contratueras, la cubierta superior y la cubierta inferior.
39. Se conectaron las tuberías de drenaje de aceite y de venteo del conjunto de cubiertas.
40. Se continúa con la instalación del compresor.

Continúa la instalación del compresor.

41. Se instaló el dispositivo detector de temperatura en la lumbrera roscada situada a un lado de la caja de descarga, se conectó el conducto al interruptor, se conectaron los cables en la caja de paso de conductos.
42. Se instalaron las conexiones de servicio de gas y aceite utilizando juntas nuevas.
43. Se instalaron y se volvieron a conectar las cajas de empalmes de las sondas de vibraciones y de los termopares y los conductos flexibles.

3.1.4 IMÁGENES DEL PROCESO.



Figura 3.1 cabina de compresión abierta



Figura 3.2 Ducto de gas comaleado



Figura 3.3 Desmontaje de compresor



Figura 3.4 Izado de compresor



Figura 3.5 Compresores de media y alta presión



Figura 3.6 Placa de compresor C168



Figura 3.7 Compresores de media y alta presión de remplazo



Figura 3.8 Preparación del área para instalación del compresor nuevo.



Figura 3.9 Tubos de alimentación de aceite.



Figura 3.10 Colocación de compresor de alta presión



Figura 3.11 Alineación de compresores.



Figura 3.12 Eje de interconexión de entrada de compresores de alta y media presión



Figura 3.13 Eje de interconexión instalado



Figura 3.14 Reconexión de tubos de alimentación de aceite.



CONCLUSIONES

El ingeniero mecánico encuentra en la turbomaquinaria de compresión un campo muy amplio e interesante donde se pueden hallar diversas áreas de estudio pertenecientes a la mecánica.

La documentación de un ejercicio de mantenimiento es una herramienta muy importante que nos permite llevar un registro detallado de cada uno de los pasos que se siguieron en la realización de dicho ejercicio.

Como conclusión tenemos una bitácora de mantenimiento donde se detalla el proceso de mantenimiento, para usarse posteriormente como referencia en la verificación de proceso en caso de existir una falla, facilitando así la posible localización y causa de dicha falla. De igual manera, esta bitácora además facilitara un futuro mantenimiento reduciendo el número de horas-hombre necesarias para su realización y a su vez reduciendo los costos por paro de máquina y pago de tiempo extra.

La posibilidad de interactuar con este tipo de maquinaria ha sido de gran ayuda para reafirmar mis conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, y poder adquirir tanto experiencia como conocimientos empíricos que serán de gran ayuda dentro de la vida profesional.

El haber contribuido y aportado algo dentro de PEMEX Exploración y Producción me ofrece una gran satisfacción y me alienta a seguir adelante en la preparación como ingeniero mecánico.

The image features a minimalist abstract design on a white background. It consists of three blue circles of varying sizes and three thin blue lines. One large circle is positioned in the upper right quadrant, a smaller circle is below it, and another large circle is in the bottom right corner. The lines are thin and extend from the top left towards the circles, creating a sense of movement and connection.

Anexos

Tabla A.1 Características de diseño del compresor

Parámetro	Compresor de alta presión	Compresor de presión intermedia
Modelo	C168FAA-2581	C1687FAA-0801
Armado	C99D057-F3	C99D056-F2
Peso	1043 kg(2300 lb)	1043 kg (23000 lb)
Diámetro exterior de impulsor de punto de diseño	7 pulg. (17.78 mm)	7 pulg. (17.78 mm)
Presión de succión del punto característico	511.31 lb/pulgada ² (absoluta)	243.77 lb/pulgada ² (absoluta)
Presión de descarga del punto característico	1133.97 lb/pulgada ² (absoluta)	521.31 lb/pulgada ² (absoluta)
Temperatura de succión del punto característico	120°F	120°F
Temperatura de descarga del punto característico	243.67°F	235.48°F
Flujo del punto característico	418.3p ³ /min	941.2p ³ /min
Gravedad específica del gas del punto característico	0.8781	0.8781
Eficacia del punto característico	68.5%	68.6%
Velocidad	17 063 rpm	17 063 rpm
Altura de carga del punto característico	26 376.5 pies-lb/lb	26966.3 pies-lb/lb
Potencia requerida	1171.08 caballos de potencia	1195.5 caballos de potencia
Margen de bombeo del punto característico	31.4%	28.5%
Material de impulsores	718 INCO	718 INCO
Material de la carcasa	ASTM A-216 Grado WCB	ASTM A-216 Grado WCB

Tabla A.2 Características de diseño del compresor, cont.

Parámetro	Compresor de alta presión	Compresor de presión intermedia
Material del diafragma de los álabes directores	Fundición nodular	Fundición nodular
Cojinete de zapatas basculantes	Metal antifricción con respaldo de acero	Metal antifricción con respaldo de acero
Cojinetes de empuje	Metal antifricción con respaldo de acero	Metal antifricción con respaldo de acero
Ejes de la matriz de entrada/salida	AISI 4140	AISI 4140
Sellos de laberinto	Metal antifricción con respaldo de acero	Metal antifricción con respaldo de acero

Tabla A.3 Herramientas especiales para el compresor de gas

Numero de la herramienta	Nombre de la herramienta	Aplicación
FT42043-100	Llave de contratuercas de cojinetes	Se usa para instalar y desmontar la contratuerca de los cojinetes de los conjuntos de cojinetes y sellos. Consta de una llave de horquilla, adaptador de llave torsiométrica y dos tornillos de cabeza hueca.
FT42005	Extractor del adaptador de impulsión de succión	Se usa para sacar el adaptador de impulsión de la succión. Consta de un tornillo de empuje y un cuerpo roscado

Tabla A.4 herramientas especiales para el compresor de gas, cont.

Número de la herramienta	Nombre de la herramienta	Aplicación
FT42044-2	Juego de clavijas guía para los conjuntos de cojinetes y sellos	Sirve para alinear los conjuntos de cojinetes y sellos con las tapas terminales. Consta de dos clavijas de 0.75 X 8 pulg. De largo, y roscadas en un extremo y esféricas en el extremo opuesto.
FT42035-100	Herramienta para sujetar o hacer girar el rotor	Se usa para impedir el movimiento del conjunto del rotor durante la instalación y el desmontaje de la contratuerca del adaptador. Consta de una llave estriada adaptadora y una llave adaptadora para la contratuerca
FT42039	Extractor de conjuntos de cojinetes y sellos	Se usa para sacar los conjuntos de cojinetes y sellos del compresor, ajustar la tolerancia de la holgura longitudinal de rotor durante el armado y sacar el conjunto del eje y espiga del rotor. Consta de un cuerpo de U, dos pernos cortos de sujeción y un tornillo de empuje



Anexos



Tabla A.5 herramientas especiales para el compresor de gas, cont.

Numero de la herramienta	Nombre de la herramienta	Aplicación
FT42624	Guía del eje del rotor	Se usa para guiar el eje corto del rotor a través del conjunto de cojinetes y sellos de succión durante la instalación horizontal del eje. Consta de un eje roscado en su interior y cónico en el exterior.
FT42030-100	Juego de tracción del esparrago del rotor	Se usa para guiar el eje corto del rotor a través del conjunto de cojinetes y sellos de succión durante la instalación horizontal del eje. Consta de un eje roscado en su interior y cónico en el exterior
FT42025	Llave estriada del eje corto de descarga	Se usa para hacer girar o evitar la rotación del eje del rotor mientras se aprieta la tuerca
FT42600	Extractor del eje corto de descarga	Se usa para sacar el eje corto de descarga del eje del rotor
FT42601	Separador de diafragma	Se usa para separar los diafragmas de los estatores.
FT42602	Guía de casquillo	Se usa para guiar el cojinete de descarga sobre las estrías del eje corto de descarga.



Anexos



Tabla A.6 herramientas especiales para el compresor de gas, cont.

Numero de la herramienta	Nombre de la herramienta	Aplicación
FT42603	Medido de barra	Se utiliza para medir la distancia entre el recodo de la carcasa del compresor al modulo y determinar las calzas requeridas
FT42604	Pedestal de apoyo del modulo de rotor/estatores	Se usa para sujetar el modulo de rotor/estatores durante el armado
FT42605	Brazo de maniobras del modulo de rotor/estatores	Se usa para manejar, sacar e instalar el modulo de rotor/estatores en la carcasa
FT42606	Cáncamo de elevación del modulo de rotor/estatores	Se usa para ayudar a izar el módulo
FT42607	juego del gato del modulo de rotor/estatores	Se usa para asentar y desalojar el modulo de rotor/estatores en la carcasa del compresor.
FT42609	Juego de tapones de asentamiento	Se usa para asentar los sellos de la guardera y los sellos de cubo
FT42610	Extractor de los alabes guía de salida	Se utiliza con la herramienta FT42601 para separar los alabes guía de salida de diafragma de la última etapa
FT42611	Llave estriada del eje corto	Se usa para hacer girar el rotor durante el alineamiento y para sujetar el eje corto durante el armado

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

Referencias virtuales

- <http://rsur.dpep.pemex.com/default.aspx>
- <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionid=1>

Referencias bibliográficas.

- Libro de trabajo del estudiante.
“Operación y mantenimiento de rutina de turbocompresor mars 100”
Departamento de capacitación Técnica de Solar