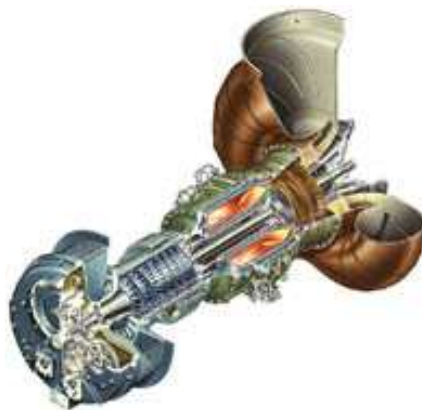


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

PROYECTO INTEGRADOR:

**“ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE
MANTENIMIENTO ACTUALES DE UN
TALLER PARA LA REPARACIÓN DE
TURBINAS INDUSTRIALES”**



CHENU, Cristian Luis

DIRECTOR DEL P. I.: ING. BRUNO, Pablo E.

INGENIERÍA AERONÁUTICA

26 DE OCTUBRE DE 2015

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión y el apoyo del Profesor Ingeniero Pablo Bruno, a quien me gustaría expresar mi profundo agradecimiento y respeto por su colaboración, apoyo y también por su tiempo y dedicación para lograr que éste trabajo culminara de manera exitosa.

A la prestigiosa casa de estudios a la cual pertenezco y a todos los formadores que a lo largo de mi carrera enaltecieron mis conocimientos y persona, para convertirme en un profesional, capaz de enfrentar cualquier desafío que se presente en la vida laboral y cotidiana.

También quiero agradecer a la Empresa, en la cual realicé mis primeros pasos en la vida laboral y continué allí transitándolos, la cual me permitió realizar este trabajo en sus instalaciones, apoyándome y permitiéndome hacer uso de la inmensidad de herramientas, información y distintos recursos sumamente necesarios para poder culminar el mismo. Así también al personal de los distintos sectores que desinteresadamente me brindaron su apoyo y conocimientos.

Mi más profundo agradecimiento a mis padres, mis abuelas, demás familiares y seres queridos, por su incondicional apoyo y guía en mi proceso de formación.

En especial a mi compañera de vida por su apoyo incondicional frente a distintas situaciones, y a mi hija quien fue la motivación a continuar y finalizar esta etapa cuando el cansancio y distintas inclemencias se presentaban en el camino.

INDICE DE CONTENIDOS

	Página
OBJETIVOS	8
CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN	9
1.1 MANTENIMIENTO: CONCEPTOS Y DEFINICIONES	10
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1.2 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO.....	11
1.1.3 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	12
1.1.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	13
1.1.4.1 MANTENIMIENTO.....	13
1.1.4.2 MANTENIMIENTO DE CONSERVACIÓN.....	13
1.1.4.3 MANTENIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN.....	14
1.1.5 FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL MANTENIMIENTO.....	15
1.1.6 CAPACIDAD-DEFINICIÓN Y APLICABILIDAD AL MANTENIMIENTO.....	21
1.1.6.1 CAPACIDAD.....	21
1.1.6.2 APLICABILIDAD AL MANTENIMIENTO.....	21
1.1.6.2.1 DOCUMENTACIÓN.....	21
1.1.6.2.2 PERSONAL.....	21
1.1.6.2.3 HERRAMIENTAS, UTILAJES E INSUMOS.....	22
1.1.6.2.4 INSTALACIONES (INFRAESTRUCTURA).....	23
1.2 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR SOLAR SATURN T-1001S	24
1.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	25
1.2.2 PLANTA DE PODER.....	25
1.2.3 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....	26

1.2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS DISTINTAS PARTES.....	27
1.2.4.1 ENTRADA DE AIRE.....	27
1.2.4.2 TREN DE ENGRANAJES DE LA ENTRADA DE AIRE.....	29
1.2.4.3 COMPRESOR.....	29
1.2.4.3.1 CÁRTER DEL COMPRESOR.....	30
1.2.4.3.2 CONJUNTO DE GÚIA DE ENTRADA DE AIRE.....	30
1.2.4.3.3 CONJUNTO ESTATOR.....	31
1.2.4.3.4 ROTOR DEL COMPRESOR.....	31
1.2.4.4 DIFUSOR.....	32
1.2.4.5 CÁRTER DEL DIFUSOR.....	33
1.2.4.6 TUBOS DE LUBRICACIÓN.....	33
1.2.4.7 CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	33
1.2.4.8 TURBINA GENERADORA DE GASES.....	34
1.2.4.8.1 CÁRTER DE TURBINA.....	35
1.2.4.8.2 ESTADORES DE TURBINA.....	35
1.2.4.8.3 PIES DE TURBINA.....	37
1.2.4.8.4 SELLOS DE TURBINA.....	37
1.2.4.8.5 TURBINA GENERADORA DE GASES.....	37
1.2.4.9 TURBINA DE POTENCIA Y COLECTOR DE ESCAPE.....	39
1.2.4.9.1 COLECTOR DE ESCAPE.....	39
1.2.4.9.2 ALOJMIENTO DE RODAMIENTO.....	40
1.2.4.9.3 SOPORTE ADAPTADOR “T” DEL RODAMIENTO.....	41
1.2.4.9.4 ROTOR DE TURBINA DE POTENCIA.....	41
1.2.4.10 UNIDAD DE SALIDA A 23.000 RPM.....	42

CAPÍTULO II – CAPACIDADES Y PROCESOS DEL MANTENIMIENTO DEL MOTOR.....	43
2.1 TAREAS QUE INVOLUCRA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR.....	44
2.2 RECEPCIÓN.....	48
2.2.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA RECEPCIÓN.....	49
2.3 DESMONTAJE Y DESARMADO.....	51
2.3.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA EL DESMONTAJE Y DESARMADO.....	53
2.4 LIMPIEZA.....	54
2.4.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA LIMPIEZA.....	56
2.5 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	58
2.5.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	60
2.6 INSPECCIONES.....	61
2.6.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSPECCIONES.....	70
2.6.1.1 LABORATORIOS DE METROLOGÍA.....	71
2.6.1.1 REQUERIMIENTOS DE UN LABORATORIO BAJO NORMAS ISO.....	72
2.7 REPARACIONES.....	73
2.7.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS REPARACIONES.....	75
2.8 ARMADO Y MONTAJE DEL MOTOR.....	76
2.8.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ARMADO Y MONTAJE DEL MOTOR.....	78
2.9 ENSAYO DE ALTA DEL MOTOR.....	79
2.9.1 CAPACIDADES NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE ALTA DEL MOTOR.....	81

2.9.2 BANCO DE ENSAYOS.....	82
2.9.3 REQUISITOS PARA EL BANCO DE ENSAYOS.....	82
2.10 EXPEDICIÓN.....	84
2.10.1 CAPACIDADES NECESARIA PARA LA EXPEDICIÓN DEL MOTOR.....	85
CAPÍTULO III – RESULTADOS.....	87
3.1 GENERALIDADES.....	88
3.2 IMPLEMENTACIONES NECESARIAS EN CADA SECTOR.....	88
3.2.1 RECEPCIÓN DEL MOTOR.....	88
3.2.2 DESMONTAJE Y DESARMADO.....	88
3.2.3 LIMPIEZA.....	89
3.2.4 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	89
3.2.5 INSPECCIÓN.....	89
3.2.6 REPARACIONES.....	90
3.2.7 ARMADO Y MONTAJE DEL MOTOR.....	90
3.2.8 ENSAYO DE ALTA DEL MOTOR.....	90
3.2.9 EXPEDICIÓN.....	91
3.2.10 DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR.....	91
3.2.11 HERRAMIENTAS.....	91
CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES.....	104
4.1 CONCLUSIONES.....	105
4.1.1 PERSONAL.....	105
4.1.2 DOCUMENTACIÓN.....	107
4.1.3 HERRAMIENTAS ESPECIALES Y CARROS DE TRANSPORTE.....	107
4.1.4 RECEPCIÓN DEL MOTOR.....	108
4.1.5 DESMONTAJE Y DESARMADO – ARMADO Y MONTAJE.....	108
4.1.6 LIMPIEZA.....	108

4.1.7 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	109
4.1.8 INSPECCIONES.....	109
4.1.9 REPARACIONES.....	109
4.1.10 EXPEDICIÓN.....	109
4.1.11 ENSAYO DE ALTA DEL MOTOR.....	110
4.2 SONDEO DE ACTUALES USUARIOS DE TURBINAS INDUSTRIALES EN EL PAÍS.....	115
4.3 TRABAJOS PROPUESTOS.....	117
ANEXOS.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	138

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es determinar la factibilidad de un taller de mantenimiento aeronáutico para la realización del mantenimiento de turbinas de gas de aplicaciones industriales. Este estudio se presenta debido a la muy cercana posibilidad de este taller de brindar este servicio, frente al crecimiento en utilización de turbinas industriales en la región.

El análisis que se llevará a cabo se realizará basándose en las capacidades necesaria que deberá tener el taller, según las especificaciones del fabricante del motor. Se exhibirán las capacidades disponibles y las que serán necesarias adquirir según lo solicitado por los manuales de la turbina que se reparará.

Podemos citar como objetivos particulares a los siguientes:

- Identificar las capacidades y procesos actuales del taller que pueden utilizarse para el mantenimiento del nuevo motor.
- Identificar las capacidades a optimizar o incorporar.
- Realizar un sondeo de actuales usuarios del motor en el país.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1.1

MANTENIMIENTO: CONCEPTOS Y DEFINICIONES

1.1.1. INTRODUCCIÓN

Para poder introducirnos en el tema central de este trabajo, comenzaremos fijando algunos conceptos considerados importantes, que determinan los pilares fundamentales para arribar a resultados satisfactorios, al momento de implementar físicamente el estudio realizado.



Figura 1: Mantenimiento

1.1.2. CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

Se define el mantenimiento como: “todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida”.

Estas acciones incluyen la combinación de las técnicas y las administrativas correspondientes.

En la industria y la ingeniería, el concepto de mantenimiento tiene los siguientes significados:

1. Cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.

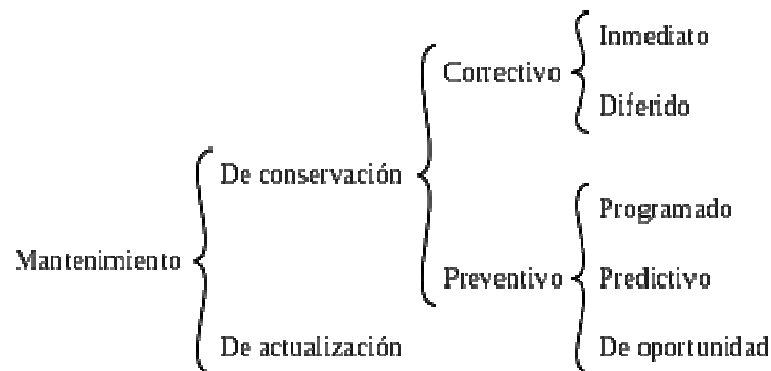
2. Para materiales, mantenimiento es:
 - Todas aquellas acciones llevadas a cabo para mantener los materiales en una condición adecuada o los procesos para lograr esta condición. Incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, etc.
 - Conjunto de acciones de provisión y reparación necesarias para que un elemento continúe cumpliendo su cometido.
 - Rutinas recurrentes necesarias para mantener unas instalaciones (planta, edificio, propiedades inmobiliarias, etc.) en las condiciones adecuadas para permitir su uso de forma eficiente, tal como está designado.

1.1.3. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

El objetivo del sistema de mantenimiento es asegurar, de la manera más efectiva y rentable, que el material al que se aplique sea útil (operable y seguro) y configurado correctamente para cumplir los requisitos de operatividad. Esto se logra realizando el mantenimiento, incluyendo pero no limitándose, a la inspección, la reparación, el reacondicionamiento, la modificación, la preservación, la prueba, y el análisis de la condición o de funcionamiento. El énfasis es puesto en la planificación y la previsión de las tareas, por los supervisores, de permitir la realización oportuna con el uso eficiente del personal, instalaciones, equipos y demás recursos. La planificación apropiada reduce acontecimientos imprevistos del mantenimiento y permite una progresión ordenada de las acciones del mantenimiento para que el material vuelva a una condición segura y operable.

1.1.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO

En las operaciones de mantenimiento podemos diferenciar las siguientes definiciones:



1.1.4.1. Mantenimiento: definido como el conjunto de operaciones para que un equipamiento reúna las condiciones para el propósito para el que fue construido.

1.1.4.2. Mantenimiento de conservación: es el destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos u otras causas. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse en:

a) Mantenimiento correctivo: que corrige los defectos o averías observados.

Mantenimiento correctivo inmediato: es el que se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

Mantenimiento correctivo diferido: al producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

b) Mantenimiento preventivo: como el destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. En el mantenimiento preventivo podemos ver:

Mantenimiento programado: como el que se realiza por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.

Mantenimiento predictivo: que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

Mantenimiento de oportunidad: que es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

1.1.4.3. Mantenimiento de actualización: cuyo propósito es compensar la obsolescencia tecnológica, o las nuevas exigencias, que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad si tienen que serlo.

1.1.5. FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL MANTENIMIENTO

Se puede decir que el mantenimiento depende de los siguientes factores:

- A. Competencia y capacitación del elemento humano
- B. Idoneidad del sistema orgánico empleado
- C. Medios materiales y procesos disponibles
- D. Planificación
- E. Logística
- F. Producción/Productividad
- G. Registro de Historiales

A. COMPETENCIA Y CAPACITACIÓN DEL ELEMENTO HUMANO

La mayor parte de las empresas establecen sus propios programas de entrenamiento de personal, por ejemplo programas de capacitación (inducción, filosofía de mantenimiento, etc.) que son reconocidos a nivel mundial.



Figura 2: Es esencial el personal bien capacitado.

Hay otras empresas que carecen de un entrenamiento formal para su personal de mantenimiento y dependen completamente de la interiorización del trabajo a realizar, del entrenamiento con un supervisor, y la asociación con trabajadores con experiencia para su formación.

En medio existe una variedad de posibilidades, tales como el “curso corto” que consiste en programas a realizar sin abandonar el puesto de trabajo.

B. IDONEIDAD DEL SISTEMA ORGÁNICO EMPLEADO

La función del sistema orgánico es establecer una relación formal para presentar líneas firmes de autoridades, responsabilidad y rendición de cuentas. Tal organización, se enlaza con verdades universales, recortadas para encajar en situaciones locales, y buscando que la gente se relacione positivamente y con un espíritu fuerte de cooperación, logrando con ello la mayor probabilidad de éxito.

Para lograr esto se debe tener en cuenta algunos conceptos básicos de gestión empresarial:

- I. Establecer una división medianamente clara de autoridades con superposición mínima. Las autoridades pueden ser divididas funcionalmente, geográficamente, o sobre la base de la convivencia; o puede descansar en alguna combinación de las tres.
- II. Mantener líneas verticales de autoridad y de responsabilidad tan corta como sea posible.
- III. Mantener un número óptimo de personas bajo el mando de un individuo. Las organizaciones buenas limitan este número entre tres y seis personas, dependiendo del tipo de operaciones a realizar.

Otros elementos que afectan la organización son: Tipo de operaciones, Continuidad de los trabajos, Ubicación geográfica, Tamaño de la planta, Ámbito de aplicación del mantenimiento, Personal y sus capacidades.

C. MEDIOS MATERIALES Y PROCESOS DISPONIBLES

Las empresas que realizan mantenimiento deben contar con los medios y materiales adecuados para poder realizar el mantenimiento de manera segura y adecuada. Éstos los pueden obtener a través del estudio detallado de los elementos a los cuales le realizará el mantenimiento, ubicando los medios en posiciones estratégicas para reducir tiempos muertos, y los materiales adecuadamente almacenados según los tipos y composiciones químicas de los mismos.



Figura 3: Es primordial la disponibilidad de materiales y medios.

D. PLANIFICACIÓN

Existen limitaciones prácticas en cualquier sistema de planificación. Si se hace muy detallada se vuelve obsoleta después de la primera hora o dos de uso debido a imprevistos surgidos, lo que se traduce en una pérdida de eficacia de planificación. Sin embargo, la interpretación actual indica que la planificación del 60 a 80 por ciento de las tareas durante una operación normal, mejora la eficacia.



Figura 4: Planificación adecuada.

El trabajo de mantenimiento una cantidad importante de información básica o datos para análisis y planificación preventiva:

1. Información de coste del mantenimiento
2. Historial de reparaciones y fallas frecuentes
3. Conocimiento de las capacidades de producción y exigencias

E. LOGÍSTICA

Íntimamente ligado con los medios y materiales, el abastecimiento ha de ser realizado de forma tal que los materiales necesarios se encuentren en tiempo y forma, según los planes de mantenimiento/producción. Por tal motivo la distribución debe realizarse desde depósitos generales hacia otros de menor envergadura localizados en las cercanías de los sectores donde se llevará a cabo el mantenimiento.



Figura 5: El sistema logístico es de crucial importancia para el cumplimiento del mantenimiento en tiempo y forma.

F. PRODUCCIÓN/PRODUCTIVIDAD

El tamaño y/o volumen de producción, determinará el número de empleados de mantenimiento necesarios y la cantidad de supervisores para los mismos. A su vez, el tiempo en servicio del ítem en cuestión será mayor cuanto más efectivo sea el programa de mantenimiento.

Para tener en cuenta:

- ✓ La proporción del costo de trabajo respecto al costo de materiales usados en el mantenimiento.
- ✓ La comparación de horas hombre usadas respecto del nivel de actividad del elemento.
- ✓ Tiempo de indisponibilidad de planta o del equipo, expresado como un porcentaje del total programado del tiempo de operaciones.

G. REGISTRO DE HISTORIALES

Es necesario registrar las tareas de mantenimiento que se van realizando a una determinada parte, sub-conjunto, conjunto o equipo; por lo que es conveniente almacenar en archivos diseñados para tal fin y en forma sistemática, la cantidad de datos necesarios y suficientes, de manera que permita realizar el seguimiento y estado de aquellos.

Actualmente existen equipos y software que no requieren la entrada manual de códigos. Estas máquinas automáticamente indican y registran la posición donde se ubica el problema en el elemento, codificando los motivos de la falla durante el tiempo de indisponibilidad total dado por el incidente, la fecha de ocurrencia, la fecha de cambio de elemento fuera de servicio y la descripción del mismo.

Además estos equipamientos y software entregan un completo informe de los avances e inconvenientes producidos diariamente en el proceso de mantenimiento, mientras toma la información y la almacena, simplificando la preparación de resúmenes periódicos o de informes detallados.

1.1.6. Capacidad – Definición y Aplicabilidad al Mantenimiento

Para introduciéndonos en el tema comenzaremos por conocer la definición de capacidad y como se aplica al caso del mantenimiento (Overhaul en nuestro caso) de la turbina en cuestión.

1.1.6.1. Capacidad

Del latín *capacitas-ātis*, según la Real Academia Española, se define como “la aptitud, talento, cualidad que dispone a alguien para el buen ejercicio de algo”.

Otra definición, siendo a criterio personal más acorde al contexto en que nos encontramos, es “recursos y actitudes que tiene un individuo, entidad o institución, para desempeñar una determinada tarea o cometido” (Wikipedia®).

1.1.6.2. Aplicabilidad al Mantenimiento

Para el caso del Mantenimiento de Overhaul de la turbina, las capacidades quedan definidas por:

1.1.6.2.1. Documentación

El taller deberá contar con la documentación, datos, boletines, etc., provistos por el fabricante, que sean necesarios para la realización de todas las tareas que implique el mantenimiento.

1.1.6.2.2. Personal

- a) Se debe contar con personal calificado para llevar a cabo las tareas que impliquen el mantenimiento, supervisión, aprobación y retorno al servicio del motor.
- b) Se asegurará un número coherente de empleados capacitados, entrenados, con los conocimientos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento según corresponda.

- c) Los supervisores deberán estar entrenados y familiarizados con los métodos, técnicas, prácticas, medios, equipos y herramientas utilizados para realizar el mantenimiento.
- d) En el caso del personal, pero ineludiblemente los supervisores, deben comprender e interpretar los procedimientos en el idioma en el cual se encuentran escritos.
- e) El personal que realice las inspecciones deben estar totalmente familiarizado con los métodos, técnicas, prácticas, medios, equipos y herramientas de inspección para determinar la seguridad y calidad del producto final. Debe poseer experiencia adecuada en el uso de diversos tipos de equipos de inspección y medios para la inspección visual apropiados para las partes que están siendo inspeccionadas.
- f) Para el caso de las inspecciones por medio de END (Ensayos No Destructivos) como pueden ser, partículas magnéticas, tintas penetrantes, etc., el personal deberá poseer la certificación correspondiente para el uso correcto del equipo e interpretación de los resultados. Se debe asegurar que los inspectores lean y entiendan el idioma en el cual se encuentran escritos los procedimientos.

1.1.6.2.3. Herramientas, Utilajes e Insumos

- a) Se debe contar con el equipo, herramientas estándar, herramientas especiales y los materiales necesarios para llevar a cabo todas las tareas del mantenimiento, según se requiera
- b) Los equipos, herramientas de inspección y ensayo deben someterse a mantenimiento, deben ser calibrados a intervalos regulares y sus mediciones ser trazables a aquellas efectuadas por medio de patrones conforme a entes certificadores.
- c) Los equipos, las herramientas y los materiales deben ser los recomendados por el fabricante del artículo, o ser equivalentes o prestar

conformidad con lo requerido por el cliente, siempre bajo el amparo del aseguramiento de la calidad y seguridad.

1.1.6.2.4. Instalaciones (Infraestructura)

El taller para realizar el mantenimiento bajo los estándares de calidad, debe contar mínimamente con lo siguiente:

- a) Suficiente espacio físico para el trabajo y sectores para la separación y protección apropiada de los artículos durante el mantenimiento.
- b) Áreas de trabajo separadas que permitan realizar operaciones peligrosas o que requieran especial cuidado , como lo pueden ser pintura, limpieza, soldadura, maquinados, de manera tal que no afecten de manera adversa a otras tareas o personal.
- c) Estanterías, cajones, estantes, montacargas y otros medios de separación adecuados para el almacenado y la protección de todos los artículos sometidos a mantenimiento.
- d) Espacio suficiente para poder separar aquellos artículos y los materiales para ser instalados, de aquellos que serán sometidos a mantenimiento.
- e) Iluminación, ventilación, atmósferas controladas y otras condiciones adecuadas para el personal y necesarias para asegurar la realización del mantenimiento, según los estándares requeridos.
- f) Cualquier otro requisito recomendado por el fabricante del artículo mantenido, por el fabricante de los materiales consumibles empleados o por peticiones del cliente.

CAPÍTULO 1.2

DESCRIPCIÓN DEL MOTOR SOLAR SATURN T-1001S

1.2.1. Descripción General

La turbina de gas Saturn está diseñada para múltiples aplicaciones que requieran una planta de poder con alta eficiencia y una relación de peso – potencia baja. La misma posee controles individuales de combustible, lubricación de aceite y sistemas de control de aire. Esta máquina es capaz de funcionar por medio de combustible líquido (kerosén) o combustible gaseoso (gas natural), realizando pequeños cambios en su configuración. (Ver Anexo I, para mayores datos del motor).

1.2.2. Planta de Poder

La planta de poder consiste en un motor de turbina de gas con un eje de salida y con una salida para el movimiento de accesorios. El motor es una unidad del tipo de flujo axial que consiste en una entrada de aire, compresor, difusor, cámara de combustión, turbina generadora de gases y una turbina de potencia con un colector de gases, o podría decirse que la turbina puede ser una combinación de tres ruedas de turbina (ver figura). El eje de salida, la turbina de potencia y la caja de accesorios pueden ser removidas del motor como módulos separados. La entrada de aire, el compresor, el difusor, la cámara de combustión y la turbina generadora de gases, están interrelacionados y no pueden removerse como unidades individuales.

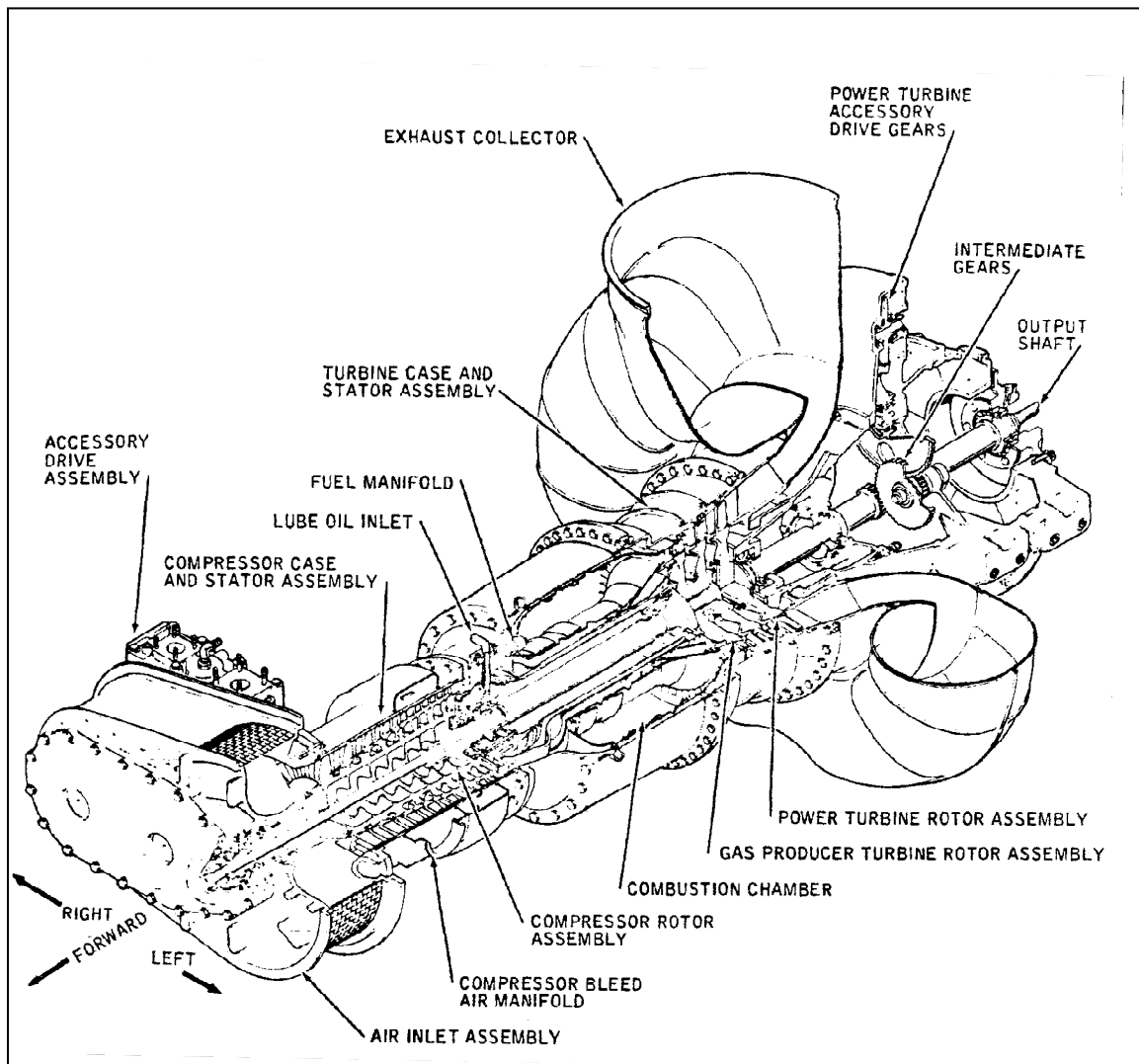


Figura 6: Vista del motor en corte.

1.2.3. Principios de Operación

La descripción se realiza en el sentido de circulación del flujo realiza a través del motor. El motor produce un flujo continuo de aire comprimido desde el compresor, una combustión continua en la cámara de combustión y una salida de potencia continua en la sección de turbina.

Cuando el motor comienza a rotar, el aire es arrastrado por el compresor, el cual es acelerado primero por un arrancador y luego una vez iniciada la combustión el

compresor pasa a ser movido por la sección de turbina. El difusor direcciona el aire comprimido por el compresor hacia la cámara de combustión, donde parte del aire (20%) es direccionado a la zona del inyector de combustible y el resto del aire entregado, se utiliza para refrigerar la cámara y bajar la temperatura de los gases quemados generados en esta. Por esto es que decimos que este tipo de máquinas trabajan con exceso de aire, si tenemos en cuenta el caudal que entrega el compresor, respecto al que es necesario para la combustión.

Los gases expandidos provenientes de la cámara de combustión pasan a través de la sección de turbina, impulsando a la sección generadora de gases y a la turbina de potencia. La parte denominada turbina generadora de gases provee potencia para mover continuamente al compresor y para mover los accesorios montados en las salidas de la caja de accesorios. Dichos accesorios allí montados son movidos por un tren de engranajes acoplados al piñón principal ubicado en el eje de salida. El motor es acelerado a la velocidad de operación y es controlado por la acción de un gobernador.

1.2.4. Descripción de las distintas partes

1.2.4.1. Entrada de Aire

La entrada de aire consiste en una pieza de fundición de aluminio anular con un labio abierto hacia afuera, donde en la proximidad de la misma se encuentra alojado el tren de engranajes. La parte trasera de la toma se encuentra vinculada al compresor por medio de bulones, sirviendo como soporte para el rodamiento frontal del rotor del compresor. La carcasa se prologa hacia el lado derecho del motor, donde se alojan los distintos accesorios, destacándose el arrancador, que es movido eléctricamente utilizando 380 Volts.

Dentro de la carcasa se encuentra el conjunto de sello de carbón y distintos pasajes que proveen de lubricante a tres puntos distintos. Dos de esos puntos son inyectores que lubrican al tren de engranajes y el tercero provee de lubricación al rodamiento frontal del rotor del compresor.

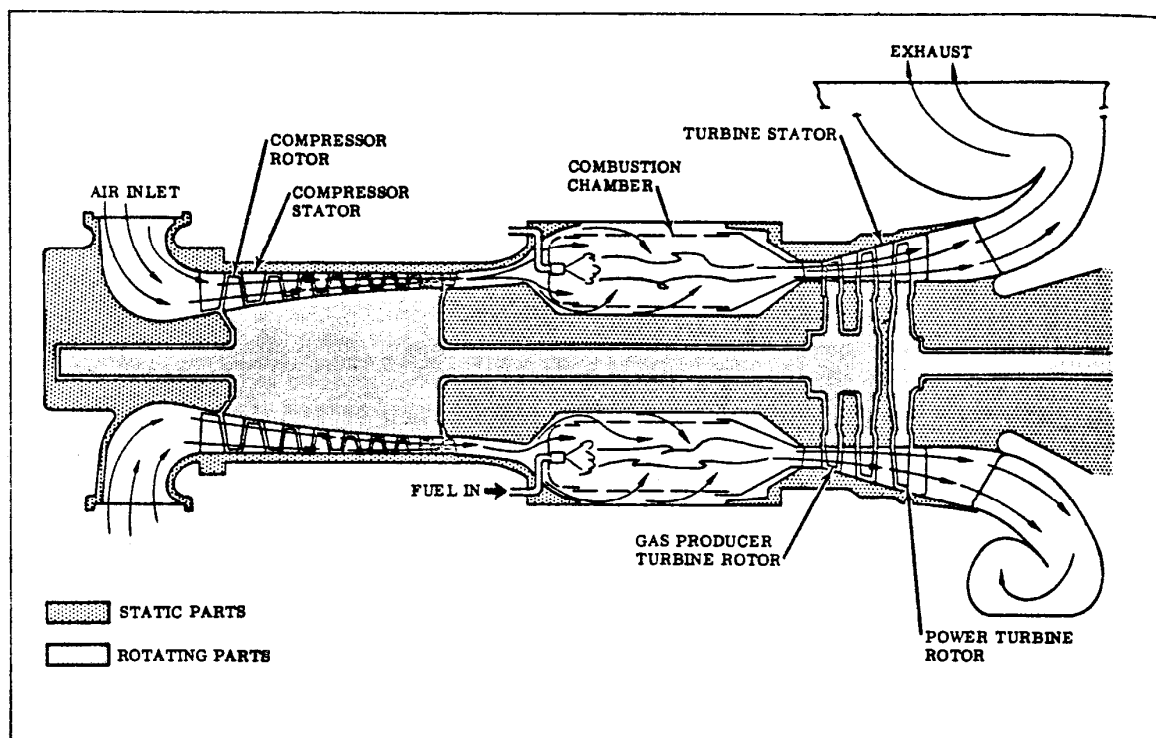


Figura 7: Diagrama simplificado del flujo de aire.

1.2.4.2. Tren de engranajes de la entrada de aire

Este tren de engranajes tiene la función de reducir la velocidad del motor en una relación de 3,7:1 y transmite una porción de la potencia suministrada por la turbina hacia la caja de accesorios a través de un eje interconectado. El tren de engranajes consiste en un piñón conductor, un engranaje intermedio y un engranaje conducido. El piñón conductor y el engranaje intermedio están montados sobre dos rodamientos. El piñón conductor está montado en el eje del compresor y asegurado con una chaveta y una tuerca de seguridad.

1.2.4.3. Compresor

El compresor es la unidad de ingreso de aire del motor. Los álabes del rotor giran entre los álabes del estator forzando al aire ambiente al interior del compresor. El aire atraviesa las sucesivas etapas del compresor y es descargado a alta velocidad y presión en el difusor y luego a la cámara de combustión. El compresor está acoplado a la turbina a través de un eje.

El conjunto compresor lo componen el cárter del compresor, conjunto de guía de entrada de aire, ocho conjuntos estatores y el conjunto de ocho rotores.

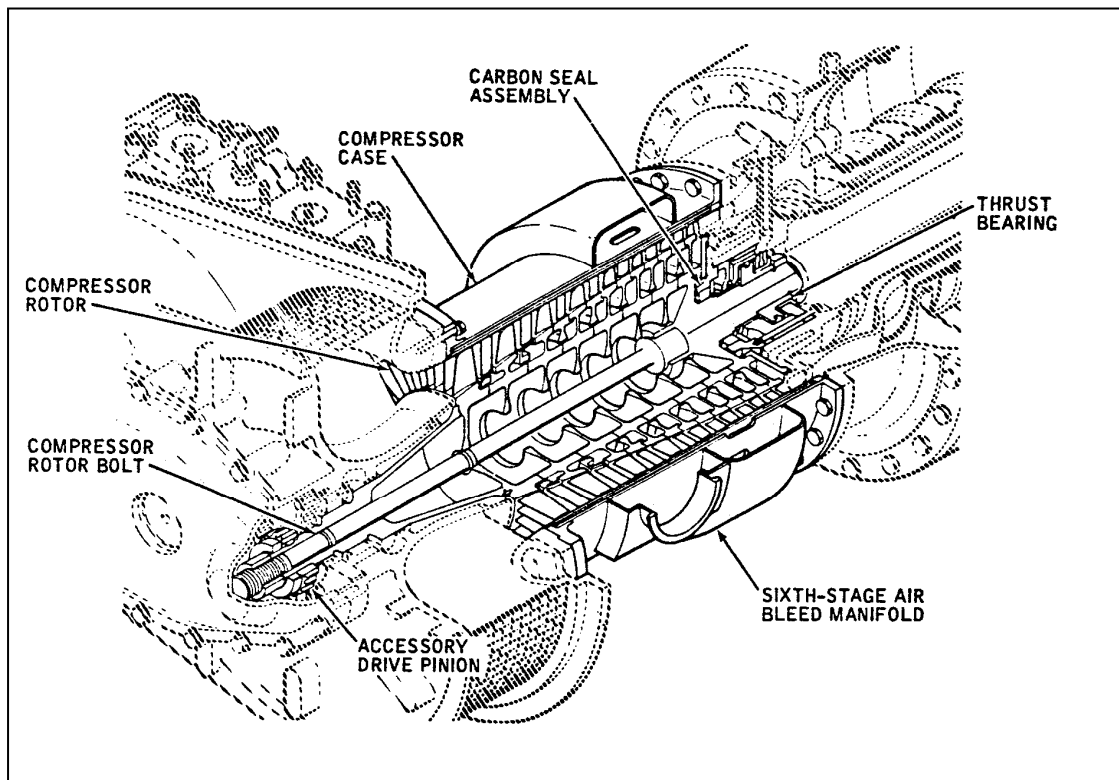


Figura 8: Vista en corte de los componentes del compresor

1.2.4.3.1. Cárter del Compresor

El cárter de compresor es de forma cilíndrica construido en acero inoxidable soldado. En su interior posee los alojamientos para los álabes estatores y los álabes rotores y en su parte posterior el diámetro interno corresponde con el del difusor. Sobre el cárter se encuentran los alojamientos de seis válvulas de sangrado correspondientes a seis etapas del compresor.

1.2.4.3.2. Conjunto de guía de entrada de aire

Consiste en una pieza anular de acero inoxidable forjado con álabes guías ubicados de forma radial en el interior de la misma en una posición fija. Esto direcciona el flujo de aire de forma axial para asegurar una entrada de aire eficiente al primer rotor del compresor. Se encuentra montado por medio de bulones, entre la toma de aire y el compresor.

1.2.4.3.3. Conjunto Estator

Hay ocho conjuntos estator, cada estator se ubica a continuación de cada una de los rotores del compresor, excepto el estator de la octava etapa, el cual consiste en dos medios anillos soldados que sostienen los álabes que se extienden hacia el interior.

La primera etapa posee un sello de Raylon (material similar al Teflón) en el diámetro interior del anillo del estator entre el disco rotor adyacente. El propósito de este sello es prevenir que el pasaje del flujo de aire atraviese los estatores. El resto de las etapas no poseen este tipo de sello, lo cual se soluciona al dejar una holgura muy reducida entre el cárter y los álabes del rotor.

El aire descargado del rotor de la etapa anterior es direccionado, por los estatores, con el ángulo de ataque correcto para que impacte en el rotor de la siguiente etapa. Finalmente el flujo se descarga a través del difusor en la cámara de combustión.

1.2.4.3.4. Rotor del Compresor

El rotor de compresor consiste en ocho discos, espaciadores, conjunto de sello de entrada, conjunto de sello de empuje, sello de los discos, tornillo del rotor, tres tuercas de seguridad y un engranaje conductor.

Los discos del rotor soportan en su periferia a los álabes en posición diagonal en alojamientos del tipo cola de milano cónicos. Los discos de la primer y octava etapa incorporan una extensión del eje donde se alojan el rodamiento y el conjunto sello. Todo el conjunto rotor es tomado por un tornillo roscado en la parte delantera del disco de la octava etapa, el cual está asegurado por una espiga.

Se utilizan dos aros sello de carbón que utilizan aire presurizado, sangrado del compresor, para prevenir que el lubricante que baña los rodamientos ingresen al flujo de aire principal del motor. El soporte de los mismos esta dado en la parte

delantera por la toma de aire y el rodamiento y en la parte trasera por el difusor y el rodamiento.

1.2.4.4. Difusor

El difusor (ver figura) está atornillado a la parte posterior del cárter del compresor y a la parte frontal de la sección de combustión, sirviendo a la vez de soporte de la misma. El aire comprimido turbulento proveniente del compresor, es descargado sobre el difusor y guiado hacia el interior de la cámara de combustión.

El conjunto difusor consiste en el cárter del difusor, alojamiento del rodamiento y tubos de transferencia de aceite.

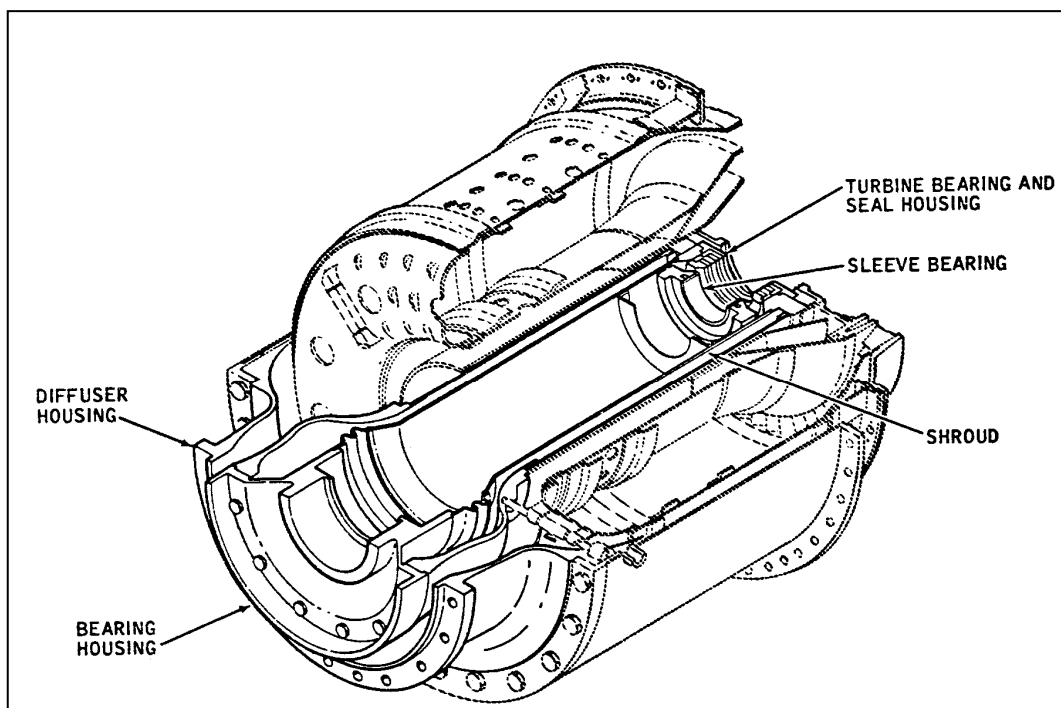


Figura 9: Difusor, vista en corte.

1.2.4.5. Cáster del Difusor

El cáster es de acero inoxidable soldado resistente a la temperatura y consiste de una parte de fundición, un tubo de chapa y pestañas.

El difusor forma un pasaje cilíndrico para el aire proveniente de la octava etapa estator del compresor. Seis montantes igualmente espaciados de forma radial proveen soporte al colector ubicado en el flujo de aire.

1.2.4.6. Tubos de lubricación

Normalmente el difusor consta de tres tubos de lubricación para proveer de la misma al rodamiento posterior del compresor y al frontal de turbina.

1.2.4.7. Cámara de Combustión

La cámara de combustión (ver figura) está ubicada entre el compresor y la sección de turbina y se encuentra fijada al difusor y a la sección de turbina. La cámara es de tipo de paso de flujo lineal, cilíndrica anular. La cámara se desarrolla anularmente alrededor del difusor y la misma forma parte de la estructura externa del motor.

La cámara de combustión consiste en una carcasa externa, un domo, un revestimiento interior y otro exterior, una cubierta interior y otra exterior.

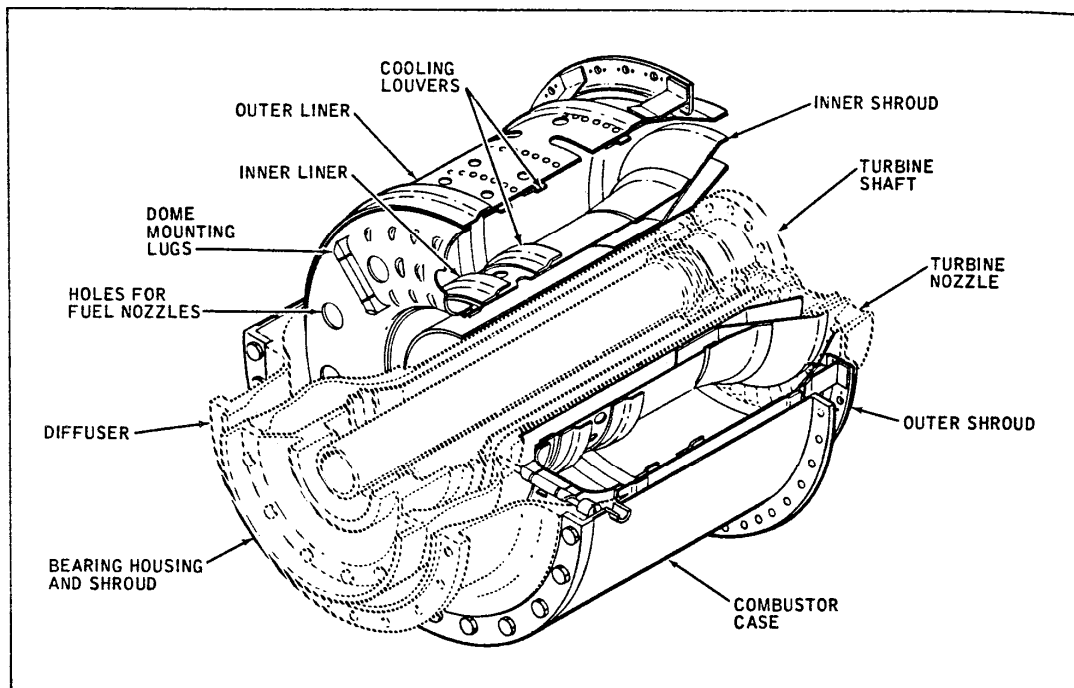


Figura 10: Cámara de combustión, vista en corte.

1.2.4.8. Turbina Generadora de Gases

Las dos etapas de la turbina generadora de gases funcionan para mover el compresor y los accesorios. Las dos etapas absorben aproximadamente dos tercios de la energía total entregada por la sección generadora de gases; el tercio restante es absorbido por la turbina de potencia.

Los componentes principales de la turbina generadora de gases son el cárter, tres estatores, uno para cada etapa, conjunto de alabes de turbina, rotores y pies de turbina de primer y segunda etapa.

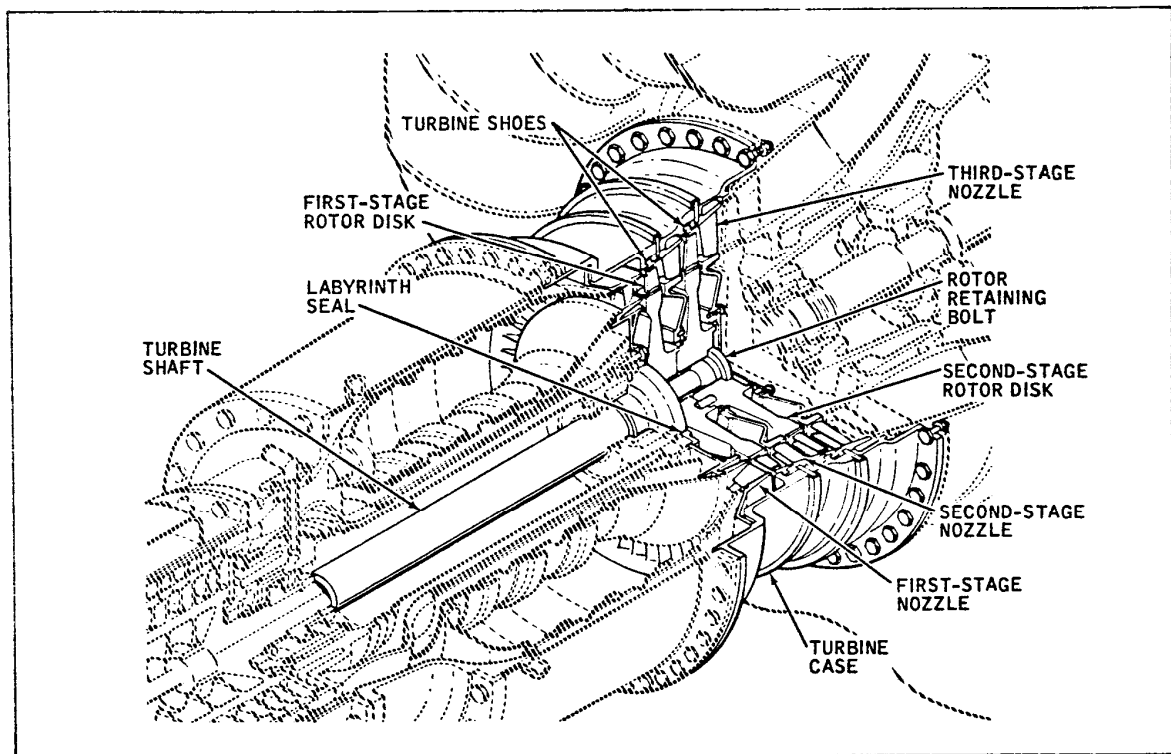


Figura 11: Turbina generadora de gases, vista en corte.

1.2.4.8.1. Cáster de Turbina

El cárter es de acero inoxidable de geometría cilíndrica con diámetros escalonados y dos lados para fijación, uno delantero y otro trasero, el lado delantero se fija a la carcasa de la cámara de combustión y el posterior al colector de escape. El primer diámetro escalonado corresponde a la primera etapa y el segundo a la segunda etapa propiamente dicha.

1.2.4.8.2. Estatores de Turbina

Su función es dirigir y acelerar el flujo de gases a un ángulo de ataque correcto para incidir en los álabes del rotor. El estator está compuesto por una sucesión de álabes fijos que guían la expansión de gases a alta velocidad en la dirección más eficiente para impartir energía al rotor (que se encuentre inmediatamente

después, aguas abajo) por medio de la incidencia en los álabes a un ángulo de ataque más eficiente.

La primer etapa de estator está construida en fundición maquinada y una parte de metal soldado alrededor del centro. Soldado en el diámetro interior se encuentra un anillo espaciador que contiene al sello de la primera etapa de turbina, el cual sella sobre el eje del rotor de turbina. Un espaciador colocado entre la etapa del estator y el cárter de turbina junto con los tornillos que fijan el sello de la primera etapa de turbina con el difusor, son los que soportan la etapa del estator.

La segunda y tercer etapa del estator están construidas en fundición maquinada y de manera integral. La segunda etapa soporta el sello del eje de turbina y la tercera etapa del estator soporta un plato deflector. El plato deflector posee orificios que direccionan el aire para la refrigeración, desde el centro de la turbina hacia la cara frontal de la turbina de potencia. Tanto la segunda como la tercera etapa están sujetas por pines de retención al cárter de turbina.

La primera, segunda y tercera etapas estatóricas dirigen el flujo en la misma dirección ya que tanto las turbinas de la etapa generadora de gases como la turbina de potencia giran en el mismo sentido. En algunas aplicaciones que se necesita que la turbina de potencia gire en dirección contraria se invierte la dirección del flujo en la tercera etapa estator.

1.2.4.8.3. Pies de Turbina

Los pies de turbina se encuentran ubicados a continuación de los a los estatores, entre el cárter y las punteras de los álabes de los rotores de turbina, para dejar la mínima separación posible. El diámetro interno de los sellos está construido con forma de dientes de sierra, para reducir la posibilidad de arrastre de material con los álabes y su daño en caso que estos rocen con los sellos. Estos están sujetos a las ranuras ubicadas en el cárter por medio de la etapa del estator contigua.

1.2.4.8.4. Sellos de Turbina

Son sellos del tipo laberínticos diseñados para controlar las pérdidas de gas entre los estatores y el eje de turbina. El primer sello, se encuentra montado en voladizo sobre el eje del rotor de turbina por medio de un espaciador que está soldado a la primera etapa del estator; un tornillo asegura el sello en el flanco posterior del difusor. El sello de segunda etapa está fijado al anillo interno de la segunda etapa del estator. El sello de la turbina de potencia se encuentra fijado al anillo interno de la tercera etapa del estator.

1.2.4.8.5. Turbina Generadora de Gases

Los componentes principales son el eje del rotor, las ruedas de primera y segunda etapa y el tornillo del rotor que asegura las dos etapas al eje de turbina.

El eje del rotor de turbina es hueco construido en acero del tipo 4130, forjado y tratado térmicamente, con el interior cónico en el extremo delantero y con una pestaña en el extremo trasero. El rodamiento de turbina junto con el sello están en la parte delantera del eje y asegurados al difusor. El eje atraviesa el difusor y se acopla al eje cónico del rotor de la octava etapa del compresor. Los ejes se

vinculan por medio de “enchavetado” y se aseguran con una tuerca de compresión en el extremo trasero del eje del rotor del compresor.

Cada una de las ruedas de turbina están compuestas por el disco rotor, los álabes y los pines traba de álabes. Los discos de segunda y tercera etapa están vinculados entre sí y al eje por medio de espigas, esto evita que las tres piezas roten respecto una de la otra.

Los álabes están contruidos en fundición de precisión de acero tipo S-876 y las raíces de los mismos son del tipo de encastrado de cola de milano, junto con las ranuras de las ruedas. Existe un juego libre entre las ranuras de la rueda y los álabes, el cual permite, cuando el conjunto entra en contacto con los gases calientes, la dilatación de los álabes, la cual es mayor que la de la rueda. El movimiento hacia adelante y atrás de los álabes, se encuentra restringido por medio de pines de fijación.

El aire de refrigeración proveniente del compresor, circula a través del difusor hacia el centro del eje de turbina orientado a seis ranuras radiales ubicadas en la cara frontal del cuerpo del rotor, impactando sobre el rotor y los álabes.

Los discos se aseguran al eje de turbina por medio del tornillo de turbina. El mismo posee cavidades, que permiten el pasaje del aire de refrigeración del interior del eje, hacia el rotor de la segunda etapa de turbina.

1.2.4.9. Turbina de Potencia y Colector de Escape

Los componentes principales del conjunto de turbina de potencia son el colector de escape, el alojamiento de rodamiento, el alojamiento de soporte del rodamiento y el rotor de la turbina de potencia. La parte delantera del colector de escape se encuentra atornillado al cárter de turbina y en su parte trasera sirve de superficie de montaje para la caja de la salida de fuerza. Luego de quitar el eje de salida, el conjunto turbina de potencia y colector de escape pueden extraerse modularmente al remover los tornillos que lo vinculan con el cárter de la turbina generadora de gases (ver figura).

1.2.4.9.1. Colector de Escape

Es un ducto construido en chapa de acero inoxidable soldada, con forma de toroide, donde, en la parte frontal posee una pestaña en la que se ubican los tornillos que lo vinculan con el cárter de la turbina generadora de gases. En la zona central se encuentra soldada una pieza de fundición la cual cumple la función de difusor de escape, de soporte del rodamiento de la turbina de potencia y del conjunto sello.

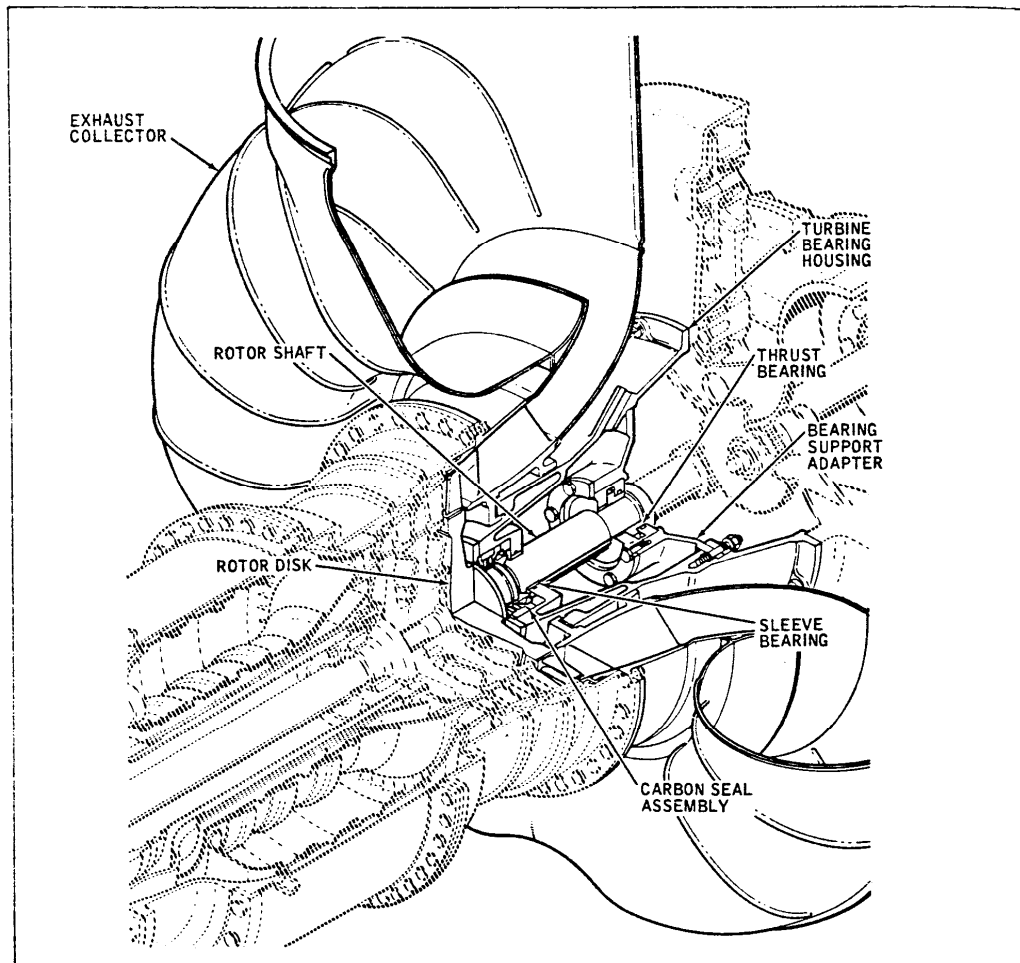


Figura 12: Turbina generadora de gases y colector de escape, vista en corte.

1.2.4.9.2. Alojamiento de Rodamiento

Un alojamiento cónico, ubicado en el centro del colector de escape, soporta al cojinete trasero de la turbina de potencia y al conjunto sello.

Posee un conducto de lubricación para proveer de la misma al rodamiento de empuje.

El conjunto está asegurado al difusor de escape por medio de tornillos, los cuales deben ser removidos antes de desmontar el conjunto de turbina de potencia.

1.2.4.9.3. Soporte Adaptador “T” del Rodamiento

Lo que soporta al rodamiento de empuje de la turbina, se encuentra en la cara interna del alojamiento del mismo. A través de un conducto, recibe fluido lubricante desde el alojamiento del rodamiento, para conducirlo al rodamiento de empuje y luego a un inyector para lubricar el cojinete frontal. Un “O”-ring entre las caras del alojamiento soporte y el alojamiento de rodamiento previene las pérdidas al circular el aceite.

1.2.4.9.4. Rotor de Turbina de Potencia

La turbina de potencia determina el sentido de rotación del eje de salida. La turbina gira normalmente en sentido horario (mismo sentido que los rotores de la turbina generadora de gases) vista desde atrás, y consiste en un disco rotor con álabes, un conjunto eje, perno del eje, anillo sello de carbón, cojinete frontal, rodamiento de empuje y tuercas de seguridad.

El disco rotor soporta los álabes en su periferia y se monta en la parte delantera del eje. El perno del eje fija el cubo del rotor con el eje mismo. Este tipo de ejes se llaman ejes sólidos. Otro tipo de ejes son los llamados ejes flexibles, que poseen un eje dentro de otro montado sobre rodamientos. En este caso el eje de salida de la turbina sería un eje del tipo flexible.

El rotor está montado sobre cojinetes en ambos extremos del mismo. En el extremo delantero junto con el rodamiento se encuentra un anillo sello de carbón que recibe presión de aire a través de pasajes internos del alojamiento de soporte del rodamiento. El sello controla el aire que emerge entre los dos anillos de carbón, forzando al aceite lubricante de la parte trasera del rodamiento hacia adentro del alojamiento de soporte del mismo, previniendo así las pérdidas de aceite en el flujo de escape. El conjunto de rodamiento trasero está compuesto por un cojinete, un rodamiento de empuje y un adaptador del mismo.

1.2.4.10. Unidad de Salida a 23.000 r.p.m

La unidad de salida está compuesta por un eje de salida, un tren de engranajes que mueve una salida para alimentar algún accesorio que se desee acoplar, una carcasa intermedia, una carcasa de salida y el rodamiento del eje de salida con su soporte. Esta unidad es la encargada de transferir el movimiento desde la turbina de potencia hacia el equipo que se desee conducir con este motor, como por ejemplo una bomba o un generador de energía eléctrica.

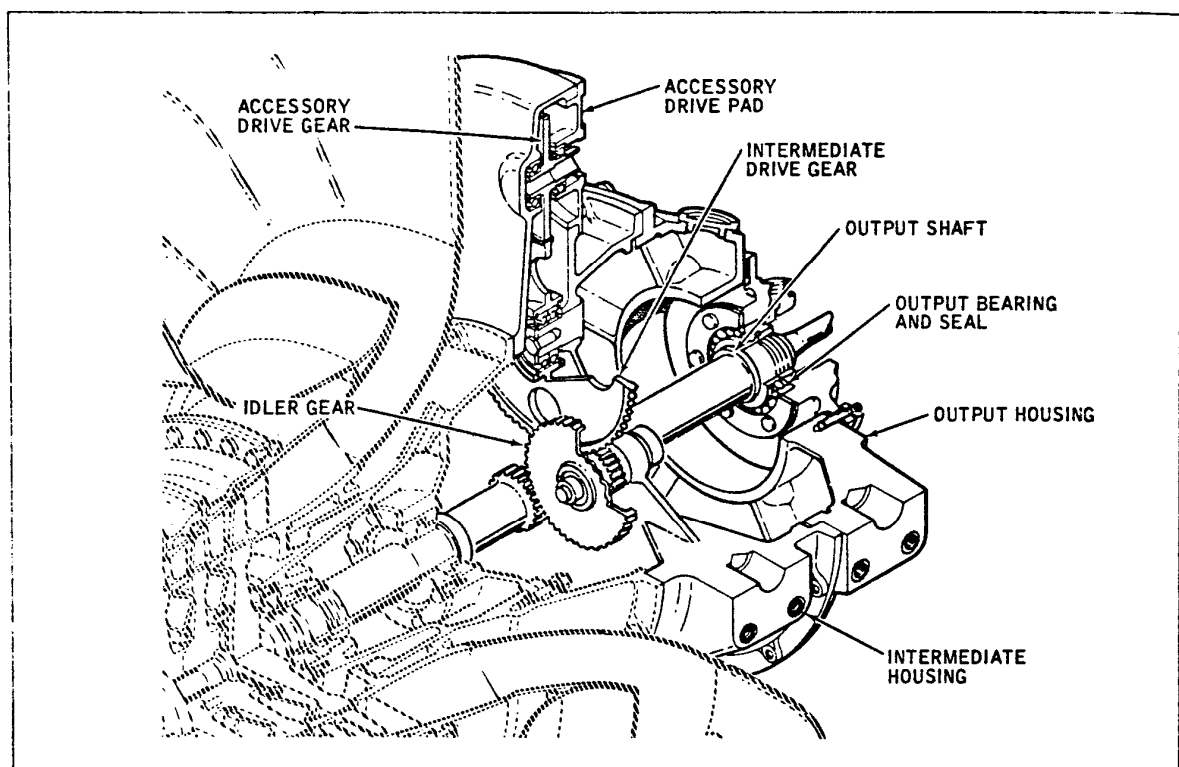


Figura 13: Unidad de Salida a 23.000 r.p.m, vista en corte.

CAPÍTULO II

CAPACIDADES Y PROCESOS DEL MANTENIMIENTO DEL MOTOR

2.1. TAREAS QUE INVOLUCRA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR

El alcance de este estudio, se limitará a las tareas de mantenimiento que se llevan a cabo solamente sobre el motor en su configuración sin accesorios (en la jerga de mantenimiento se lo denomina “motor desnudo”). Los mismos son mantenidos bajo otro tipo de condiciones según su fabricante, los cuales difieren normalmente del fabricante del motor.

Las tareas del Mantenimiento Mayor u Overhaul, se componen de una serie de procesos que involucra distintas áreas del conocimiento y tecnologías, las cuales quedan definidas por:

- 1) Recepción del Motor**
- 2) Desmontaje y Desarmado**
- 3) Limpieza**
- 4) Ensayos No Destructivos**
- 5) Inspecciones**
- 6) Reparaciones o Sustitución de Partes**
- 7) Armado y Montaje del Motor**
- 8) Ensayo de Alta del Motor**
- 9) Expedición**

Para poder interrelacionar, garantizar y obtener un buen resultado en este proceso, son necesarias distintas áreas de soporte, las cuales se vuelven indispensables más allá de que muchas veces no se les otorga la importancia que conllevan; esto culmina con resultados no gratos en todo ámbito. A continuación se describen las mismas, sin guardar un orden meritorio en su listado:

a) Compras

Es el departamento responsable que toda buena organización tiene para realizar con éxito las actividades que permitan la obtención de partes en tiempo y forma. La gestión del departamento de compras asegura que todos las piezas, materiales y consumibles necesarios para el mantenimiento y reparación, que solicita el área de inspección una vez que realiza la misma, a partir de datos estadísticos y en función de las reparaciones previstas en

un determinado tiempo; se ordenen y se encuentren a tiempo en los almacenes del taller. También es responsable de controlar el costo de los bienes adquiridos, los niveles de inventario y debe ser capaz de desarrollar buenas relaciones con los proveedores. Otros factores que debe buscar de conseguir son:

- Reducir costos
- Optimizar las relaciones con los proveedores
- Integrar el departamento de compras al resto de departamentos, por ejemplo producción, ingeniería, etc.

b) Logística

Es el área que involucra tareas de recepción, despacho y transporte de materiales que ingresan por compras, y manejo de los depósitos. También lleva a cabo la tarea de proveer los materiales adquiridos por el sector de compras, a las distintas áreas operativas de modo que puedan realizar el proceso de mantenimiento en tiempo y forma. Es importante que este sector esté en plena comunicación y coordinación con planificación y el área productiva.

c) Soporte de Negocios y Programas

Área que mantiene la relación de negocios con el cliente. Efectúa los contratos de trabajo, estipula el tipo de negocio, fija plazos y costos de los servicios.

Es necesario que el personal de esta área posea conocimientos de los procesos productivos que se llevan a cabo, logrando así la realización de contratos que se adecuen a las necesidades de los clientes, sin exceder las capacidades del taller, logrando así competitividad y confiabilidad en el mercado.

El sector deberá realizar un seguimiento del proceso productivo para poder informar al cliente de novedades que se pudiesen presentar durante la

intervención, y sobre el estado del trabajo, coordinando el seguimiento con el área de control de la producción.

d) Planificación

Es el área que se ocupa de planificar, programar y coordinar los tiempos, tareas y recursos que involucre cada uno de los procesos del mantenimiento. Se encarga de la administración de los Registros de Trabajo (RTI) y de novedades, trabajando en conjunto con las áreas productivas y de soporte.

Además administra toda la información referida a procesos y estado continuo del motor en proceso de mantenimiento, la cual es suministrada por el área de control de la producción.

e) Control de la Producción

Esta área se encarga del control y del seguimiento, del movimiento y traslado, de todas las partes que se encuentren en proceso. Se encarga también de la distribución y movimiento de documentos internos como RTI, órdenes de trabajo, informes de novedades de materiales, etc. Además de informar los avances de los procesos de producción y alertar a planificación cuando algún proceso no será terminado en el plazo previsto para que se pongan en marcha planes alternativos.

f) Aseguramiento de la calidad

Su función es la medición sistemática, la comparación con estándares, el seguimiento y control de los procesos, todas actividades asociadas con bucles de realimentación de información. Estas actividades contribuyen a la prevención de errores, lo cual se puede contrastar con el Control de Calidad, que se centra en las salidas del proceso.

Este control se ve efectivizado en los Registros de Trabajo e Inspección (RTI), en incisos de inspección, que los determina el personal de aseguramiento de la calidad, los cuales corresponden a procesos que deben

ser verificados por el personal de inspección durante el proceso de mantenimiento.

Esta área es la responsable de la fiscalización de la documentación emitida durante todo el proceso de reparación para dar cumplimiento a las normativas de calidad certificadas por la empresa. En la instancia final del proceso de mantenimiento del motor, controlará los documentos emitidos, dando aptitud o no a los mismos, y a partir de este punto garantizar los trabajos realizados, dando inicio al período de garantía.

g) Mantenimiento de Planta

Área que tiene a su cargo la realización de los mantenimientos de las máquinas e instalaciones que se vean involucradas en el mantenimiento del motor. Debe asegurar el funcionamiento continuo del taller, para evitar paradas de producción lo cual ocasiona retrasos en la programación y pérdidas monetarias.

Para cumplir su cometido el sector debe poseer un plan de mantenimiento programado a la altura de las circunstancias, haciendo hincapié en el mantenimiento preventivo y aplicando en los casos que sea posible al mantenimiento predictivo de fallas.

h) Calibración

Esta área se encarga de realizar las calibraciones de todos los instrumentos y aparatos de medición del taller de mantenimiento, siendo este el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). De este modo permites a estos instrumentos y aparatos relevar valores confiables para la realización de todas las tareas pertinentes al mantenimiento del motor. También debe poder asegurar la trazabilidad de los patrones de calibración y la certificación de los mismos ante los organismos competentes, como por ejemplo el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

i) Soporte de Ingeniería

Ingeniería es el área encargada de confeccionar todos y cada uno de los registros de trabajo e inspección (RTI) que serán necesarios para realizar el mantenimiento de todas las partes del motor. Deberá realizar desarrollos y mejoras para la optimización de los procesos de reparación y crear soluciones a novedades técnicas que puedan presentarse durante el mantenimiento pudiendo en caso discutir la solución a implementar con el cliente. También se encarga de realizar un análisis predictivo/preventivo de fallas y dictaminar soluciones o medidas a implementar.

Retomando las tareas correspondientes al Overhaul, a continuación procederemos a describir cada una de ellas en forma detallada y las capacidades que serán necesarias en el taller:

2.2. Recepción del Motor

En esta etapa se produce el primer contacto del motor con el taller de mantenimiento dando inicio al proceso. Para ello la persona a cargo de la recepción realizará una inspección visual del contenedor del motor y del motor propiamente dicho, buscando la existencia de daños o cualquier anomalía producto del traslado y manipuleo.



Figura 14: Recepción del motor.

Los resultados de la inspección se volcaran en un documento diseñado para tal fin, permitiendo este documento informar o emitir reclamos al cliente, si los hubiese.

Luego de la primera inspección, junto con el informe anterior y toda la documentación del motor, un inspector controlará y verificará dicha documentación (historial del motor, otros documentos del cliente que indiquen novedades sobre el motor, etc.).



Figura 15: Recepción del motor.

2.2.1. Capacidades Necesarias para la Recepción

Personal:

- Un Receptor, quien deberá contar con los conocimientos sobre procedimientos de recepción, directivas de calidad de la empresa, y un mínimo conocimiento sobre el motor.
- Un Inspector, analizará la documentación de recepción y la documentación del motor.

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Prácticas Estándar de Recepción
- Documentación del motor (libreta historial, etc.)
- Manual de Calidad del Taller

Instalaciones

- Sector debidamente señalizado para la recepción, lugar físico para la misma como así también para el almacenamiento temporal y depósito.

Herramientas Necesarias:

- Auto-elevadores
- Puentes Grúas
- Carro de transporte con ruedas para el movimiento del motor dentro del taller



Figura 16: Recepción del motor.

2.3. Desmontaje y Desarmado

Una vez aceptada y concluida la recepción, se da ingreso al motor al sector de trabajo donde se procederá al desmontaje y desarmado del mismo.

Se retira el motor de su contenedor (si es que este no fue removido del mismo en recepción), y se inicia con el desmontaje de todos los componentes externos. Luego se da inicio al desarmado de los distintos módulos (reductor y entrada de aire, compresor, difusor y sección de combustión, turbina, colector de escape), para en un paso posterior desarmar en su totalidad cada uno de estos módulos, llegando a obtener cada pieza individual.



Figura 17: Desmontaje del motor.



Figura 18: Desarmado del motor.

Cada pieza desarmada/desmontada será identificada por medio de una tarjeta con un sistema de codificación de colores según sea su condición, para este caso se aplica el color blanco, donde indica el número de parte de la pieza y su número de serie como datos primordiales.

Una vez completa la tarea de desarmado e identificación, se ubican las partes en distintos carros para que las mismas sean trasladadas a las siguientes etapas, limpieza y ensayos no destructivos.

<p style="text-align: center;">DATOS DEL TALLER</p> <p style="text-align: center;">DE</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO</p> <p style="text-align: center;">IDENTIFICATION / IDENTIFICACIÓN</p> <p>Description/ Descripción</p> <p>Part number/ N° de parte</p> <p>Serial Number. /N° de serie</p> <p>Removed from/ Desmontado de</p> <p>Condition/ Condición</p> <p>Work Order/ Orden de trabajo</p> <p>Date/ Fecha</p> <p>Mechanic Mecánico</p> <p>N°: 000000</p>
--

Figura 19: Tarjeta de identificación de pieza.

2.3.1. Capacidades Necesarias para el Desmontaje y Desarmado

Personal:

- El personal involucrado debe poseer la capacitación para el desarmado y desmontaje e identificación de partes.

- Debe tener pleno conocimiento de prácticas estándar aplicables, directivas de calidad y medidas de seguridad e higiene.

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Prácticas Estándar
- Directivas de Calidad
- Tarjetas de Identificación
- Registro de Trabajo

Instalaciones

- Mesas de trabajo
- Estanterías y carros para almacenaje y movimiento de piezas
- Instalaciones de aire comprimido filtrado, para distintas aplicaciones (ejemplo herramientas neumáticas)
- Instalación eléctrica, iluminación general y localizada

Herramientas Necesarias:

- Herramientas especiales (ver anexo xx)
- Herramientas comerciales estándar
- Puentes Grúas para izado del motor
- Carros de soporte del motor
- Consumibles

2.4. Limpieza

Desmontadas y clasificadas cada una de las partes del motor, continúa el proceso de mantenimiento con la limpieza de las mismas.

El principal propósito de la limpieza de las partes, es remover contaminantes que podrían ocultar grietas pequeñas y defectos, que si no son detectados, pueden llevar eventualmente a la falla de las partes. Para encontrar estos defectos es necesaria una inspección, la cual solo será satisfactoria si se remueven todos los contaminantes. Por lo tanto, la limpieza podría tomarse como un procedimiento de pre inspección, y la calidad del motor posterior al Overhaul o reparación dependerá considerablemente de la calidad de la limpieza.

Otro de los propósitos es la eliminación de todo objeto contaminante extraño para evitar obstrucciones en pasajes de aceite, combustible, etc. que puedan interferir en el correcto funcionamiento y vida útil del motor.



Figura 20: Limpieza de partes.

Debido a la gran cantidad de variables que involucra la limpieza e inspección sobre distintas partes del motor con materiales y condiciones diferentes, se vuelve

imposible determinar un método estándar para la limpieza que sea aplicable a todas las condiciones. Por lo tanto para obtener la máxima capacidad de Overhaul y al mismo tiempo generar productos de calidad, se necesita de la combinación de esfuerzos por parte del personal de limpieza e inspección. Dicho personal debe aplicar el buen juicio y sentido común para la realización de las tareas que les competen.

Los tipos de limpiezas más utilizados son procesos Químicos y Mecánicos.

Para cada material base con el cual se construye la parte existe un compuesto adecuado, lo que permite limpiar sin dañar la pieza.

Dentro de los procesos Mecánicos, los más utilizados son: el arenado, uso de micro esferas de vidrio, cáscaras de nuez, oxido de aluminio.

2.4.1. Capacidades necesarias para la Limpieza

Personal:

- Deberá estar capacitado en cada uno de los distintos tipos de limpieza que solicite el manual del motor.
- Contar con conocimiento de las directivas de calidad, prácticas estándar y medidas de seguridad e higiene de los procesos y productos utilizados en la limpieza.

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Directivas de Calidad
- Documentación propia del taller referida a los procesos de limpieza aplicados

- Hojas de datos y de seguridad de los productos utilizados para las distintas limpiezas
- Registro de Trabajo

Instalaciones

- Sector debidamente señalizado para la realización de las limpiezas y lugar físico para las mismas.
- Cubas para limpieza química con los elementos necesarios para efectuar la misma
- Limpieza en fase vapor
- Máquina para granallado seco con micro esferas de vidrio
- Instalaciones de aire comprimido filtrado
- Puente grúa
- Mesas de trabajo
- Carros de almacenamiento
- Sistema de extractores de vapores peligrosos para las personas
- Instalaciones para el tratamiento de efluentes, debido a la contaminación de los químicos utilizados

Herramientas Necesarias:

- Químicos para las limpiezas, como por ejemplo solventes
- Picos para aplicación de aire comprimido
- Trapos libre de pelusa
- Pinceles, cepillos y demás herramientas necesarios para las limpiezas
- Granalla de micro esferas de vidrio

2.5. Ensayos No Destructivos

Finalizada la etapa de limpieza, las distintas partes del motor, que así lo requieran, se encuentran en condiciones de someterse a los ensayos no destructivos.

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDI de Non Destructive Inspection) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Los resultados de estos ensayos serán analizados en la etapa de inspección, donde según los criterios de la documentación del fabricante del motor, directivas de calidad, documentación interna del taller, criterios propios de la pericia del inspector, y posible participación del cliente, se aceptará, reparará o descartará la parte.

A continuación se describe brevemente los END utilizados y requeridos para el mantenimiento y reparación del motor:

- **Inspección por Partículas Magnéticas**

Se utiliza en la gran mayoría de piezas de acero para encontrar discontinuidades bajo o sobre la superficie de la misma. La discontinuidad se genera cuando una sustancia disímil interrumpe la continuidad magnética del material. Al encontrarse una discontinuidad esta puede estar dando indicación de: una inclusión no metálica, un cambio abrupto en la dureza del material, grietas interiores o superficiales, etc. No necesariamente puede

resultar en que sea un defecto. Estas discontinuidades son visibles por medio de la orientación de partículas metálicas que se esparcen sobre la pieza.

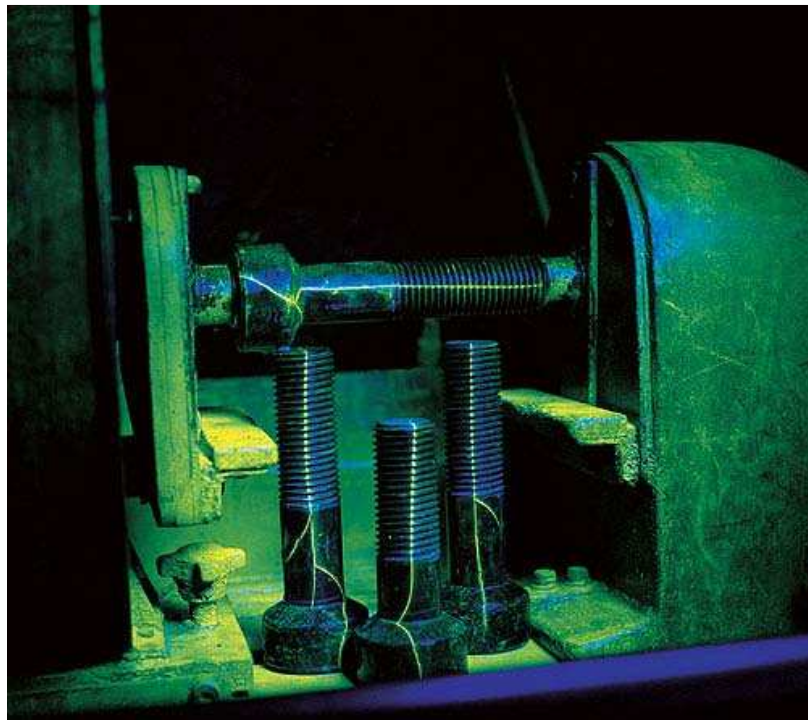


Figura 21: Partículas magnéticas aplicadas a tornillos.

- **Inspección por Tintas Penetrantes Fluorescentes**

Este ensayo es aplicable a materiales ferrosos y no ferrosos, para detectar grietas, fisuras, inclusiones, porosidad, etc. Consiste en recubrir la parte con una solución penetrante que se introduce en la discontinuidad, para luego aplicar un sobre la misma un revelador. Finalmente al aplicar luz ultravioleta puede observarse las indicaciones de las discontinuidades si las hubiere.



Figura 22: Pieza con aplicación de tintas penetrantes fluorescentes.

2.5.1. Capacidades Necesarias para la realización de los END

Personal:

- El personal involucrado debe poseer la capacitación y certificación en Ensayos No Destructivos por partículas magnéticas y tintas penetrantes fluorescentes.
- Debe tener pleno conocimiento de prácticas estándar aplicables, directivas de calidad y medidas de seguridad e higiene.

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado

- Manuales de los equipos utilizados
- Directivas de Calidad
- Documentación propia del taller referida a los procesos de END aplicados y normas de END.
- Hojas de datos y de seguridad de los productos utilizados
- Registro de Trabajo

Instalaciones

- Cámara de análisis de tintas penetrantes. Cámara donde no ingresa ni existe luz blanca, solo se emite luz ultravioleta para la visualización de la tinta fluorescente.
- Equipo magnetizante y desmagnetizante para el END por partículas magnéticas
- Mesas de trabajo
- Estanterías y carros para almacenaje y movimiento de piezas
- Instalaciones de aire comprimido filtrado, para distintas aplicaciones
- Instalación eléctrica, iluminación general y localizada

Herramientas Necesarias:

- Soportes o elementos de sujeción para las partes
- Dispositivos ópticos de inspección visual
- Kit de END de tintas penetrantes
- Partículas magnéticas

2.6. Inspecciones

El tiempo prolongado de vida útil del motor como así también su eficiencia en operación dependen del cuidado y de la precisión con la que son realizadas las

inspecciones y calibraciones. Más allá de lo que pueda recomendar el fabricante en su bibliografía es de suma importancia la pericia del personal de inspección, para así obtener resultados satisfactorios al concluir el Overhaul del motor.



Figura 23: Tareas de inspección sobre partes del motor.

Una vez concluidas las etapas de limpieza y ensayos no destructivos, etapas fundamentales para realizar una inspección satisfactoria, todas las partes del motor se someterán al análisis por parte del personal de inspección, quienes por medio de la documentación correspondiente determinarán el estado de las mismas y las identificarán de acuerdo a los resultados de la inspección. Por ello, se considera la más importante de las etapas del mantenimiento de motores.

En esta etapa el Inspector determina pieza por pieza, cuál de ellas puede seguir utilizándose en el estado en el que se encuentra, cual admite reparación y cuál debe ser descartada (scrap) por el grado de deterioro o por haber cumplido con las horas o ciclos de funcionamiento.

Para determinar lo mencionado, el inspector se vale de lo determinado en END y del control dimensional (de las partes que lo requieran), todo tomando el Manual del fabricante y los conocimientos y criterios de aplicación.



Figura 24: Grieta en inyector de combustible.

En función de lo que determine el inspector, es posible que se presenten las siguientes situaciones:

- a) **Rechazo de la parte:** Se debe a que la misma no cumple los requisitos de aceptación para que pueda continuar en servicio sin intervención alguna, ni se encuentra dentro de valores permitidos que permitan su rehabilitación o reparación para adquirir la aptitud de servicial. La parte se descartará y será identificada por medio de una tarjeta según el sistema de codificación de colores para este caso se aplica el color rojo. Inmediatamente el personal de inspección solicita la provisión de la parte desechada por medio de un requerimiento de materiales.



Figura 25: Inspección de mesa.

DATOS DEL TALLER

DE

MANTENIMIENTO

REJECTED / RECHAZADO

Description/ (1)
Descripción

Reason for rejection/ (2)
Razón para el rechazo

Action taken to prevent future use (3)
/Medidas tomadas para impedir el uso

Part Number/ (4)
N° de Pieza

Serial Number/ (5)
N° de Serie

Work Order/ (6)
Orden de trabajo

Date./ (7)
Fecha

Inspector/ (8)
Inspector

N°: 000000

Figura 26: Tarjeta de identificación de pieza rechazada (scrap).

b) Aceptación de la parte: En este caso la misma cumplió con los requerimientos de aceptación, es decir que se encuentra en condiciones serviciales; y no se descarta ni requiere mantenimiento. Por ejemplo en el caso de una determinada parte que su diámetro exterior sea la zona que se requiera esté dentro de ciertos valores, y luego de la inspección su medida este dentro de estos límites permitidos.

La parte en estas condiciones será identificada por medio de una tarjeta según el sistema de codificación de colores para este caso se aplica el color amarillo, y la misma será inhibida y almacenada para ser utilizada al momento del armado del motor.

DATOS DEL TALLER

DE

MANTENIMIENTO

SERVICEABLE / ACEPTADO

Description/ (1)
 Descripción.....

Part Number/ (2)
 N° de pieza

Serial Number/ (3)
 N° de serie

Work Accomplished / (4)
 Trabajo efectuado

El componente /Accesorio, identificado en esta tarjeta, fue reparado e inspeccionado de acuerdo a toda la documentación técnica del fabricante y está autorizado para volver al servicio. Los detalles de las reparaciones pertinentes se encuentran en el archivo de este Taller de Reparaciones bajo la Orden de Trabajo siguiente: SI

Work Order/ (5)
 Orden de trabajo

Dated/ (6) Authorized stamp/ (7)
 Fecha Sello Autorizado

N°: 000000

Figura 27: Tarjeta de identificación de pieza en condición de servicio.

- c) Reparación/Rehabilitación de la parte:** Esta situación se produce cuando, según el manual de mantenimiento, la parte posee algún tipo de daño y el mismo puede ser subsanado por un determinado proceso de reparación.

A modo de ejemplo suponemos una parte que posea una protección superficial de cromo y este se encuentre desprendido, y luego se repare este daño cromando parte para recuperar esta protección.

La parte en estas condiciones será identificada por medio de una tarjeta con el sistema de codificación de colores, para este caso se aplica el color verde, donde se registrarán las novedades sobre la misma, se determinará el proceso de reparación y será enviada para que se ejecute el mismo. En el caso que la reparación no esté contemplada por el manual se dará intervención a ingeniería quien junto con la aprobación del cliente se diseñara la misma.

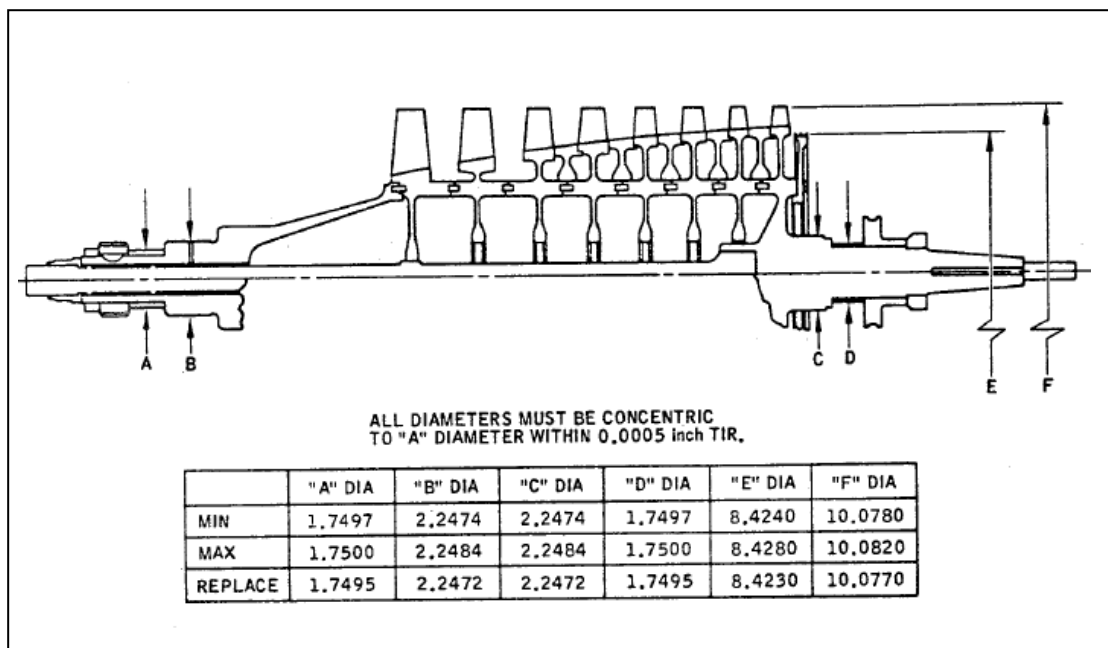


Figura 28: Ejemplo de requerimientos de inspección del rotor del compresor.

DATOS DEL TALLER

DE

MANTENIMIENTO

REPAIRABLE / REPARAR

Description/ (1)
 Descripción

Reason for removal/ (2)
 Razón para el desmontaje

.....

Part number/ (3)
 N° de pieza

Serial Number/ (4)
 N° de serie

Work Order/ (5)
 Orden de trabajo

Date/ (6)
 Fecha

Mechanic/ (7)
 Mecánico

N°: 000000

Figura 29: Tarjeta de identificación de pieza que será reparada.

- d) Partes de cambio mandatorio:** Existen partes del motor de las que se requiero por manual su cambio mandatorio y otras que quedan inutilizadas

luego de efectuado el desmontaje y deben ser reemplazadas. Un ejemplo de estas partes son todas la juntas tóricas, juntas planas, alambre de frenado, etc.

Lo más común en este caso, es que se posea una lista denominada “KIT”, la cual está compuesta por todos estos tipos de partes.



Figura 30: Inspección de rotores.

2.6.1. Capacidades necesarias para la realización de las Inspecciones

Personal:

- El personal involucrado debe poseer la capacitación sobre la inspección del motor
- Debe tener pleno conocimiento de prácticas estándar y procesos de calidad internos
- Conocimientos de Metrología (mediciones, métodos, documentación aplicable)
- Conocimientos en boroscopia

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Directivas de Calidad
- Procedimientos estándar
- Registros de Trabajo

Instalaciones

- Sala de metrología con temperatura controlada (ver apartado “Laboratorios de Metrología”)
- Mármoles de medición
- Mesas de medición

Herramientas Necesarias:

- Micrómetros, interior/externo
- Relojes comparadores

- Patrones de medición
- Boroscopio
- Soportes de instrumentos de medición
- Dispositivos ópticos de inspección visual
- Calibres pie de rey, calibres de altura

2.6.1.1. Laboratorios de Metrología

En este laboratorio se aplica la ciencia que tiene por objeto el estudio de las unidades y de las medidas de las magnitudes; define también las exigencias técnicas de los métodos e instrumentos de medida.

Los laboratorios de metrología se clasifican jerárquicamente de acuerdo a la calidad de sus patrones. Aunque las estructuras pueden variar en cada país, por regla general existen tres niveles (las condiciones serán tanto más estrictas cuanto más alto el nivel del laboratorio):

1. Laboratorio nacional: es el que posee el patrón nacional primario y los patrones nacionales de transferencia (los empleados realmente para evitar el desgaste del primario).
2. Laboratorio intermedio: típicamente son laboratorios de universidades, centros de investigación y similares.
3. Laboratorio industrial: en las propias instalaciones de la empresa, para la realización del control de calidad o el ensayo de prototipos.

En cualquiera de los niveles, los laboratorios se pueden clasificar en función de la naturaleza de las mediciones realizadas: metrología dimensional, metrología eléctrica, ensayo de materiales, etc.

2.6.1.2. *Requerimientos de un laboratorio bajo Normas ISO*

➤ *Temperatura*

Según los estándares internacionales la temperatura de referencia en metrología dimensional es de 20 °C. Las variaciones de temperatura deben ser suaves, 20°C ± 4°C a 2°C/hora.

➤ *Humedad*

La Humedad relativa ambiente, debe mantenerse en 45 ± 5 %, estando el límite inferior definido por cuestiones de bienestar humano y el límite superior para evitar la corrosión de los metales por condensación de la humedad.

➤ *Presión Atmosférica*

Para la limpieza y control de polvos se recomienda una presurización de aproximadamente 25 Pa por encima de la presión atmosférica externa, lo cual evita el ingreso de polvos y suciedad a la sala de inspección.

➤ *Ruido y Vibraciones*

El nivel sonoro debe controlarse por dos razones, los ruidos son generados por vibraciones y los equipos son susceptibles a estas y no menos importante los ruidos perturban al operador. Por estas razones se debe controlar estos fenómenos y ajustarse a los requerimientos de la norma.

➤ *Iluminación*

En relación a la luz y otras radiaciones, se estipulan niveles mínimos de entre 500 y 800 lux. Debe llegarse a un equilibrio entre cubrir las necesidades del operador para trabajar y evitar una excesiva radiación de calor sobre los equipos.

2.7. Reparaciones

Finalizada la etapa de inspección contamos con la identificación de todas las partes reparables y los procesos de puesta en servicio de las mismas, de modo que estas serán enviadas al taller de reparaciones donde se efectuarán las distintas tareas de recuperación, las cuales vienen indicadas en las Fichas de acompañamiento de piezas (F.A.P) o en los registros de trabajos (RTI).



Figura 31: Rectificado de álabes de compresor.

Existe una gran diversidad de procesos de reparación, los cuales involucran distintos métodos, técnicas, materiales, máquinas, herramientas e instalaciones para llevarlos a cabo.



Figura 32: Reparación por soldadura TIG.

Como resultado del análisis de cada una de las reparaciones particulares de las distintas partes, podemos listar los siguientes procesos de reparación:

- Rectificados
- Torneados
- Fresados
- Perforados
- Roscados
- Pulidos
- Lapidados
- Remachados
- Soldaduras
- Balanceado
- Cromado

2.7.1. Capacidades necesarias para la realización de las Reparaciones

Personal:

- El personal involucrado debe poseer los conocimientos sobre el tipo de reparación que efectúe
- Debe poseer capacitación sobre el manejo del manual de mantenimiento
- Conocimientos de Directivas de Calidad, procedimientos y procesos estándar, y demás documentación interna del taller que involucre las reparaciones

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Directivas de Calidad
- Procesos estándar
- Manuales de las distintas máquinas
- Registros de Trabajo
- Tarjetas de identificación

Instalaciones

- Lugar físico para el taller de reparaciones
- Instalaciones eléctrica trifásica y monofásica, aire comprimido
- Adecuada iluminación
- Mesas de trabajo
- Mármol de medición
- Puente grúa
- Pañol de herramientas de taller
- Adecuada delimitación de los sectores del taller

Herramientas Necesarias:

- Soldadora TIG
- Rectificadora
- Perforadora
- Fresadora
- Torno
- Horno con atmósfera controlada

2.8. Armado y Montaje del Motor

Concluidas las reparaciones que resultasen necesarias junto con todas las partes solicitadas a compras por medio del requerimiento de materiales, y las piezas que fueron aceptadas en la inspección y no requirieron reparaciones, se envían al sector de armado para proceder con el mismo.



Figura 33: Armado de caja de accesorios.

Las turbinas de gas son motores de precisión, por tal motivo se debe prestar especial atención a distintos detalles durante el armado. Se debe tener extremo cuidado en la prevención de ingreso de polvo, suciedad u objetos extraños, esta práctica se conoce como Prevención de Daños con Objetos Extraños (D.O.E). Su correcta práctica evita grandes pérdidas de tiempo y de dinero, por ejemplo si durante el armado se introduce en determinado conjunto un objeto extraño, esto puede implicar el desarmado del conjunto para poder quitar al mismo.



Figura 34: Armado del motor.

Por otra parte es de suma importancia respetar los torques de armado de las distintas partes como así también las luces, tolerancias y demás indicaciones provistas por la documentación de mantenimiento.

En esta etapa se llevan a cabo los distintos balanceos de los conjuntos rotantes, los cuales una vez realizados aseguran el correcto comportamiento de estos conjuntos frente a las vibraciones, que en el peor de los casos pueden dañar al motor o disminuir su vida útil.

Una vez finalizado el armado del motor y realizada las verificaciones pertinentes, se enviará el motor a Banco de Ensayos donde se dará su aceptación final.



Figura 35: Armado de rotor de turbina.

2.8.1. Capacidades necesarias para la realización del Armado y Montaje del Motor

Personal:

- El personal involucrado debe poseer la capacitación para el armado y montaje del motor
- Conocimientos de Directivas de Calidad, procedimientos y procesos estándar

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Directivas de Calidad
- Registros de Trabajo
- Tarjetas de identificación

Instalaciones

- Lugar físico para el taller de armado
- Instalaciones eléctrica trifásica y monofásica, aire comprimido
- Adecuada iluminación
- Mesas de trabajo
- Mármol de medición
- Puente grúa
- Pañol de herramientas de taller
- Balanceadoras

Herramientas Necesarias:

- Herramientas estándar
- Herramientas especiales
- Consumibles (selladores, lubricantes, alambre de frenado, etc.)
- Instrumentos de medición
- Utilajes especiales de armado

2.9. Ensayo de Alta del Motor

Cumplidas y aceptadas todas las etapas anteriores del proceso de mantenimiento, nos encontramos ahora frente a la última etapa del proceso antes de realizar el empaque y expedición del motor.

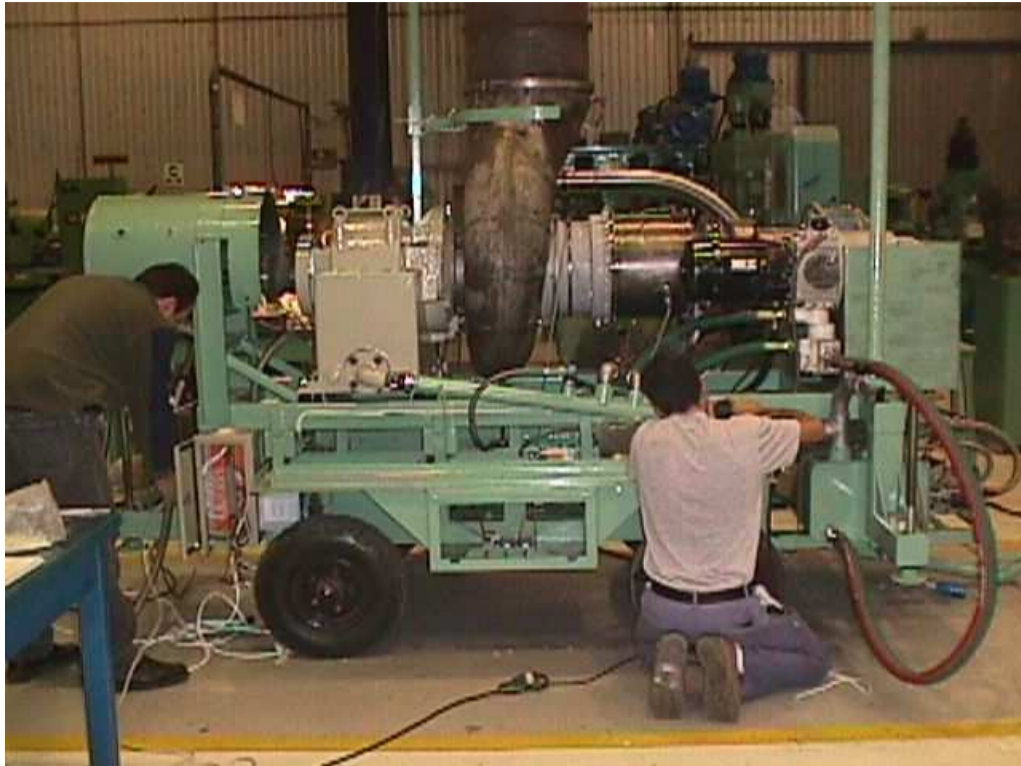


Figura 36: Ajustes finales previos al ensayo del motor.

Una vez armado y equipado el motor con sus respectivos accesorios, este es transportado hacia el sector de banco de ensayos. Allí se montará y comprobará su correcto funcionamiento y cumplimiento de las performances solicitadas por la documentación del fabricante u otros documentos aplicables, lo que permitirán dar de alta al motor luego de haberle realizado todas las tareas inherentes del Overhaul.

Luego de realizado el ensayo del motor, podemos obtener de él los siguientes resultados:

- a. El motor cumple con los requisitos de aceptación: esto implica el alta del motor, con lo cual el área de calidad completará la documentación correspondiente donde indica que el motor cumple con todos los requisitos solicitados y se encuentra apto para la expedición.

- b. El motor presenta novedades solucionables en banco de ensayos: significa que algún punto o algunos puntos de los requisitos de aceptación no se están cumpliendo, pero es posible solucionar el problema que genera la disconformidad por medio de una intervención simple (llámese intervención simple a una regulación, calibración, cambio de una parte menor, etc.). Si la intervención soluciona el inconveniente el motor es aceptado y se envía a expedición.
- c. El motor presenta novedades no solucionables en banco de ensayos: en este caso se presenta una no conformidad frente a los requisitos de aceptación, puede o no haberse intentado solucionar la misma en el banco de ensayos obteniéndose resultados negativos, o bien se una falla mayor. En ambos casos implica remover el motor del banco de ensayos, regresarlo al taller y solucionar el problema, para luego repetir el ensayo de aceptación.

2.9.1. Capacidades necesarias para la realización del Ensayo de Alta del Motor

Personal:

- Operador e inspector de banco de ensayos con las capacitaciones pertinentes

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Catálogo de Partes Ilustrado
- Directivas de Calidad
- Registros de Trabajo
- Manual de sistemas e instalaciones del banco de ensayos
- Manual de operación del banco de ensayos

Instalaciones

- Banco de Ensayos (ver apartado “*Banco de Ensayos*”)
- Lugar físico para la ubicación del banco de ensayos
- Suministro de Gas Natural de red (según sea aplicable al motor)
- Suministro de Combustible Líquido (según sea aplicable al motor)

Herramientas Necesarias:

- Herramientas estándar
- Herramientas especiales
- Acoples
- Soportes/Bancadas especiales

2.9.2. Banco de Ensayos

Para este caso dedicaremos un apartado especial, ya que en nuestro caso al ser un taller aeronáutico, es aquí donde demandará mayor esfuerzo la implementación del mantenimiento.

Para la realización del ensayo de aceptación del motor se debe contar con distintos sistemas y equipos que suministren combustible, energía, lubricación, refrigeración, y otros equipos, sistemas e instrumentos que son los encargados de censar los parámetros críticos de monitoreo del motor como temperaturas, presiones de aceite, etc., y parámetros que serán necesarios conocer para poder contrastarlos con los requeridos por el fabricante del motor y aceptar el mismo.

2.9.3. Requisitos para el Banco de Ensayos

Según la documentación del fabricante del motor, se listan todos los requisitos solicitados para poder realizar el ensayo de aceptación:

- Dispositivo/Utillaje/Carro, para soportar el motor y realizar el ensayo.
- Filtros de aceite.
- Bomba de aceite.
- Mangueras.
- Cableados.
- Mínimo de seis termocuplas en el ducto de escape, igualmente espaciadas.
- Fuente de alimentación de 24 v DC.
- Dinamómetro con capacidad para soportar potencias superiores a los 1000 HP.
- Ducto de salida de escape, con una pérdida de carga no mayor a 6 inch H₂O.
- Depósito de aceite con una capacidad de entre 28 a 40 galones (106-152 litros); debe poseer suficiente espacio para permitir un 25 % de aire en su interior sobre el aceite para desgasificación. Se debe ubicar por debajo del motor para favorecer por gravedad los drenajes de venteo del motor.
- Intercambiador de aceite con capacidad de enfriamiento de 30 gpm con una entrada de aceite a una temperatura de aproximadamente 72 °C a una razón de 2700 Kcal/hora. Dos termocuplas con capacidad de medición entre 60 y 83 °C, ubicadas una entrada y otra en salida.
- Indicadores para las termocuplas del intercambiador (temperatura de entrada y temperatura de salida del intercambiador).
- Filtro de 10 micrones, en caso de utilizarse combustible líquido.
- Se debe contar con un sistema de indicación de conexión de suministro de aceite al motor, el cual alerte en caso de estar desconectado.
- Manómetros para presión de combustible, aceite, entrada de aire, venturi de entrada, sello de aire de turbina de potencia, de venteo del alojamiento de turbina de potencia, de aire del buffer difusor, de venteo de aire del difusor.
- Tacómetros para turbina generadora de gases y turbina de potencia.
- Torquímetro.
- Flujómetros de aire, de aceite, de combustible, de bomba de aceite, de válvula de alivio de aceite.
- Pickups para censar vibraciones.

- Lector de vibraciones.
- Instrumentos que permitan determinar las condiciones ambientales al momento del ensayo (temperatura, presión, humedad).
- Sistema de parada de emergencia por sobre velocidad en la turbina generador de gases y en la turbina de potencia.
- Cronómetro.
- Termocuplas para temperatura de cárter de aceite, de turbina (T7), de entrada de aire al motor, de entrada venturi.
- Servo válvulas para el control de flujo de combustible al motor.

2.10. Expedición

Una vez completado exitosamente el ensayo de aceptación, la unidad debe ser preservada y embalada. El sector de calidad da por cumplimentados los requisitos del ensayo y se procede al cierre de las documentaciones correspondientes del motor y del cliente.

Paralelo a esto se realizan las tareas de preservado y embalado, tales como:

- Frenado de tuercas y reguladores que fueron necesarios para los ajustes en el ensayo
- Drenaje de aceite y relleno con compuestos de preservación
- Obturación de orificios
- Obturación de toma de aire
- Obturación de salida de escape
- Montaje del motor en el contenedor



Figura 37: Expedición.

2.10.1. Capacidades necesarias para la Expedición del Motor

Personal:

- Personal con conocimientos de procedimientos estándar de expedición de materiales.

Documentación aplicable:

- Manual del Motor
- Directivas de Calidad

- Registros de Trabajo
- Documentación que indique la finalización y conclusión de las tareas de mantenimiento, certificado de garantía, etc.
- Documentación de aceptación por parte del cliente

Instalaciones

- Lugar físico para la realización de la expedición
- Lugar físico para el almacenamiento temporal, o para almacenamiento prolongado

Herramientas Necesarias:

- Herramientas estándar
- Carro de transporte
- Puente Grúa
- Auto-elevador



Figura 38: Expedición.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. Generalidades

Para poder determinar la factibilidad de reparación y mantenimiento de este motor, se realizó un relevamiento de las distintas capacidades y procesos que posee actualmente el taller aeronáutico sobre el cual se basa este estudio, como así también el estudio de los distintos requerimientos de la documentación del fabricante del motor para la realización de su mantenimiento. Estos resultados nos indicarán distintas implementaciones de procesos que serán necesarios en el taller de mantenimiento.

3.2. Implementaciones Necesarias en cada Sector

3.2.1. Recepción del Motor

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor
- Particularidades de la recepción del motor

Se necesitará un carro de transporte, para desplazar el motor por el taller.

3.2.2. Desmontaje y Desarmado

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor
- Particularidades del desmontaje y desarmado

Será necesaria la confección de los registros de trabajo para tal fin, también las herramientas especiales necesarias para esta etapa del mantenimiento y carros de soporte del motor.

3.2.3. Limpieza

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades de limpieza de algunas partes (técnicas o métodos específicos de este motor)

3.2.4. Ensayos No Destructivos

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades de los ensayos aplicables

Será necesaria la confección de los registros de trabajo para tal fin.

3.2.5. Inspección

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades de los criterios de inspección de las distintas partes del motor

Será necesaria la confección del registro de trabajo para tal fin.

3.2.6. Reparaciones

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades sobre las distintas partes del motor que serán reparadas

Será necesaria la confección de los registros de trabajo para la cada reparación en particular de las distintas partes del motor.

3.2.7. Armado y Montaje del Motor

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades del armado y montaje

Será necesaria la confección de los registros de trabajo para tal fin, también las herramientas especiales necesarias para esta etapa del mantenimiento y carros de soporte del motor.

3.2.8. Ensayo de Alta del Motor

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades del ensayo de alta del motor
- Operación del banco de ensayos

Se requerirá la implementación completa del banco de ensayos, y la adquisición de las herramientas especiales pertinentes.

3.2.9. Expedición

Será necesario capacitar al personal involucrado, brindando capacitaciones de:

- Familiarización con el motor
- Familiarización con la documentación de mantenimiento del motor en general y la específicamente aplicable
- Particularidades de la expedición del motor

Se deberán diseñar los formatos de los documentos de aceptación del cliente, garantía y otros que resulten necesarios.

3.2.10. Documentación de Mantenimiento del Motor

Se requerirá de la documentación más actualizada que se disponga, la cual comprende:

- Maintenance Manual (Manual de Mantenimiento)
- Operation and Maintenance Manual (Manual de Operación y Mantenimiento)
- Illustrated Parts List (Lista de Partes Ilustradas)

3.2.11. Herramientas

Se deberá contar con las herramientas especiales necesarias para la realización del mantenimiento. A continuación se exhibe una lista de las mismas con la descripción y aplicación de cada una de ellas:

Herramientas para la Entrada de Aire		
P/N	Descripción	Aplicación
SZ-90020	Guide Pins	Se utiliza para posicionar la junta de la toma de aire cuando se instala la cubierta
SZ-90018	Jacking Bolts	Se utiliza para remover el sello y el alojamiento del rodamiento de la carcasa de la toma de aire
SZ-90509	Sleeve Bearing Guide	Punta plástica - Se utiliza para instalar el cojinete en su soporte. Punta metálica - Se utiliza para quitar el cojinete de su soporte.

Herramientas para el Compresor		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-40906	Pie Jaws	Se utiliza para mantener al estator durante el maquinado del sello de Teflón.
ST-60447	Dummy Case & Stator Ring Halves	Se utiliza para alinear el rotor del compresor y medir las tolerancias axiales y radiales.
ST-60607	Stator Height Gage	Se utiliza para medir la altura de los estatores de 1ra a 7ma etapa.
ST-70037	Assembly Fixture	Se utiliza para armar el conjunto rotor del compresor.
ST-70099	Lifting Eye	Se utiliza para levantar el rotor del compresor de la zona posterior del eje del rotor.
ST-70102	Lifting Clamp	Se utiliza para agarrar el difusor y separarlo del conjunto compresor.
ST-70150	Stretcher	Se utiliza para el armado del rotor del compresor.

ST-70252	Stator Tab Crimper	Se utiliza durante la instalación del sello de Teflón en la mitad del estator para encajar las pestañas de retención.
ST-90045	Seal and Bearing Peller	Se utiliza para remover el rodamiento y el conjunto sello de los extremos delantero y trasero del rotor del compresor.
ST-90468	Lifting Eye	Se sujeta al extremo posterior del rotor del compresor para el izado durante el armado.
ST-90489	Special Wrench	Se utiliza para prevenir que el rotor de compresor y turbina giren durante el desarmado y armado.
ST-90490	Locknut Adapter	Se utiliza para extraer o instalar la tuerca de seguridad del extremo delantero del rotor del compresor.
ST-90491	Torque Wrench Adapter	Se utiliza para extraer o instalar la tuerca de seguridad del extremo posterior del rotor del compresor.
ST-90493	Extension Wrench	Se utiliza con un adaptador estándar de 3/8 para extraer y colocar los tornillos que aseguran el sello de empuje del rotor del compresor al difusor.
ST-90509	Sleeve Bearing Guide	Punta plástica - Se utiliza para instalar el cojinete en su soporte. Punta metálica - Se utiliza para quitar el cojinete de su soporte.
ST-90677	Special Wrench and Bolts	Se utilizan para asegurar temporalmente los conjuntos sello y rodamiento durante el desarmado y armado del difusor. Usualmente se utiliza junto con ST-90493 para armar el sello de empuje dentro del difusor.

ST-91131	Torque Wrench Adapter	Se utiliza para extraer o instalar la tuerca de seguridad del extremo posterior del sello del compresor.
ST-91132	Torque Wrench Adapter	Se utiliza para extraer o instalar la tuerca de seguridad de retención del piñón.
ST-91254	Dummy Stator	Se utiliza con los medios estatores y el dummy case ST-60447 para mantener alineados los anillos espaciadores cuando se busca la tolerancia del rotor del compresor, las punteras de álabes y el estator.
HC 643	Pinion Gear Puller	Se utiliza para remover el piñón del extremo delantero del compresor y el sungear del eje flexible de turbina de potencia.
-	Standard 3-inch Jaw Puller	Se utiliza para remover el piñón del extremo delantero del compresor y el sungear del eje flexible de turbina de potencia.

Herramientas para el Difusor		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-90493	Extension Wrench	Se utiliza con un adaptador estándar de 3/8 para extraer y colocar los tornillos que aseguran el sello de empuje del rotor del compresor al difusor. Se utiliza con la herramienta ST-90677.
ST-90551	Retainer	Se utiliza para mantener estacionario al compresor en la carcasa de la toma de aire cuando se desmonta el difusor.

ST-90677	Wrench and Bolts	Se utiliza para asegurar el conjunto sello y rodamiento juntos cuando se desmonta el difusor con la herramienta ST-90493.
SZ-90019	Lifting Eye	Se utiliza para levantar el difusor y el rotor del compresor como unidad. Se atornilla a la parte posterior del difusor.
SZ-70000	Disassembly Fixture (Puller)	Se utiliza para remover el difusor de la carcasa del compresor(cuando se realiza el desarmado del motor en posición vertical)

Herramientas para la Cámara de Combustión		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-70147	Special Wrench	Se utiliza para extraer y colocar las tuercas de retención de los distribuidores de gas natural.
ST-70216	Combustor Clamp	Se utiliza para sujetar en posición la carcasa exterior del combustor cuando se instalan los resortes de la misma.
ST-90911	Special Wrench	Se utiliza junto con la herramienta ST-90912 para aflojar las tuercas tubo en las secciones del distribuidor de combustible líquido.
ST-90912	Backup Wrench	Se utiliza junto con la herramienta ST-90911 para aflojar las tuercas tubo en las secciones del distribuidor de combustible líquido.
ST-91050	Special Wrench	Se utiliza para remover los inyectores del conjunto distribuidor de combustible líquido.

Herramientas para la Sección Generadora de Gases		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-60051	Bridge Gage	Se utiliza para obtener las tolerancias durante el armado de entre el flanco interior de la turbina hacia el rotor o estator.
ST-70010	Bearing Puller and Drive Set (solo motor de vel cte.)	Se utiliza para remover el aro sello de carbón del alojamiento de rodamiento de turbina con el plato adaptador ST-70010-15.
ST-70051	Retaining Pin Puller	Se utiliza para extraer los pines de retención de los estatores.
ST-70052	Centering Tool	Se utiliza para centrar los sellos de la segunda y tercera etapa de estator (vel. Cte.)
ST-70058	Rotor Separating Tool	Se utiliza para quitar e instalar los conjuntos rotores de la turbina generadora de gases.
ST-70096	Assembly Stand	Se utiliza para sostener el motor en posición horizontal (con o sin el colector de escape y la caja reductora).
ST-70144	Turbine Rotor 1st - Stage Dummy Bolt	Se utiliza para el balanceo del rotor de 1ra etapa. También puede utilizarse para el chequeo de la tolerancia de la luz de puntera de álabes.
ST-70145	Turbine Rotor 2nd -Stage Dummy Bolt	Se utiliza para el balanceo del rotor de 2da etapa. También puede utilizarse para el chequeo de la tolerancia de la luz de puntera de álabes.

ST-70146	Hex Wrench Adapter	Se utiliza con una llave tubo estándar de 3/4 inch para remover e instalar el tornillo de retención del rotor de turbina.
ST-70149	Destaking Tool	Se utiliza en el rotor de turbina para quitar el seguro del tornillo antes de quitar el tornillo de turbina.
ST-80036	Balancing Adapter (Gas Producer Turbine Rotor)	Se utiliza para sostener el rotor de la turbina generadora de gases durante el balanceo.
ST-90338	Dummy Shims	Cuñas de prueba utilizadas para determinar el espesor correcto entre la carcasa de la sección de combustión con la de turbina durante el armado.
ST-90508	Special Puller	Se utiliza para remover el eje de turbina del rotor del compresor.
ST-90509	Sleeve Bearing Guide	Punta plástica - Se utiliza para instalar el cojinete en su soporte. Punta metálica - Se utiliza para quitar el cojinete de su soporte.
ST-90731	Balancing Cradle	Se utiliza en la configuración del balanceo del conjunto rotor de la turbina generadora de gases.
ST-90869	Lifting Ring	Se utiliza para izar el motor (sin colector de escape y sin caja reductora) horizontal como verticalmente.
ST-90328	Lifting Yoke	Se utiliza para izar el motor (sin colector de escape) horizontal como verticalmente. También para posicionar el motor en el carro de desarmado.

Herramientas Accessory Drive		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-60425	Mounting Distance Gage	Se utiliza para determinar el espesor del sello y el calce del adaptador del rodamiento, y el calce del engranaje cónico.
ST-60435	Mounting Distance Gage	Se utiliza para obtener las dimensiones del calce de los engranajes durante el armado.
ST-61105	Mounting Distance Gage	Se utiliza para determinar el espesor del calce del rodamiento durante el armado de los engranajes de la caja.
ST-80086	Holding Fixture	Se utiliza junto con la herramienta ST-80092 para remover e instalar la tuerca del rodamiento del engranaje cónico en la carcasa.
ST-80092	Special Wrench	Se utiliza junto con la herramienta ST-80086 para remover e instalar la tuerca del rodamiento del engranaje cónico en la carcasa.

Herramientas Eje de Salida		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-90043-01	Torque Wrench Adapter	Se utiliza para extraer e instalar la tuerca de seguridad del rodamiento del eje de salida.
ST-90509	Sleeve Bearing Guide	Punta plástica - Se utiliza para instalar el cojinete en su soporte. Punta metálica - Se utiliza para quitar el cojinete de su soporte.

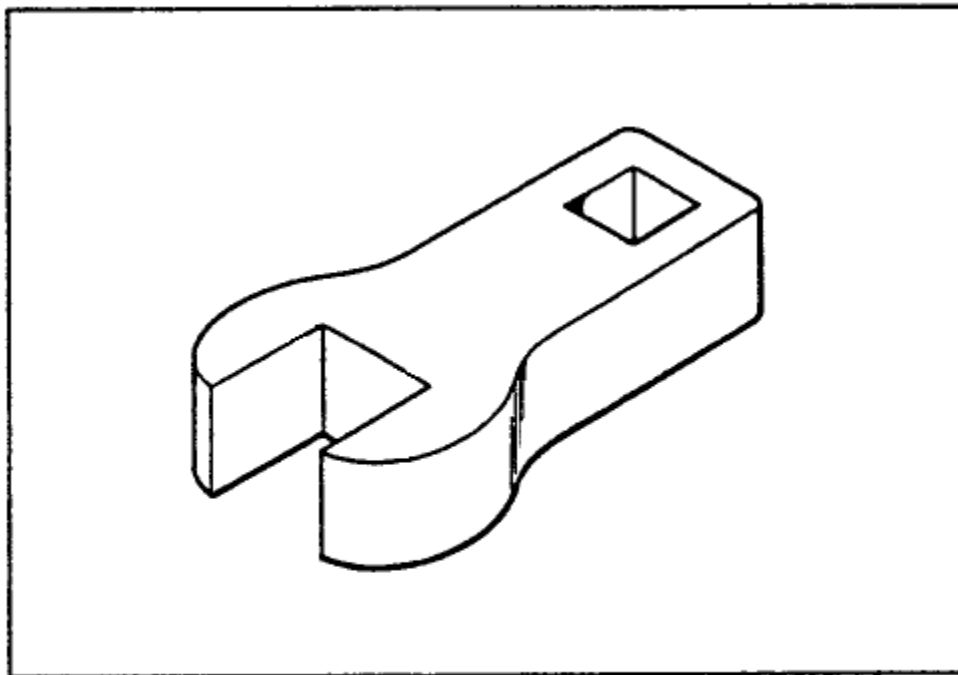
Herramientas para la Turbina de Potencia y el Colector de Escape		
P/N	Descripción	Aplicación
ST-50350	Drill Jig	Se utiliza para sujetar y localizar partes para perforado o fresado.
ST-70132	Bearing Adapter Puller	Se utiliza para remover el adaptador del rodamiento del alojamiento de la turbina de potencia.
ST-70134	Spline Wrench	Se utiliza junto con la herramienta ST-70251 para remover o instalar la tuerca externa del eje de la turbina de potencia.
ST-70140	Puller	Se utiliza para remover el rotor y el espárrago del eje de la turbina de potencia.
ST-70221	Guide	Se utiliza para guiar el conjunto rodamiento de empuje dentro del conjunto adaptador durante el armado de la turbina de potencia.
ST-70251	Spanner Wrench	Se utiliza junto con la herramienta ST-70134 para remover o instalar la tuerca externa del eje de la turbina de potencia (solo eje sólido).
ST-80069	Holding Fixture	Se utiliza para sujetar el conjunto rotor de la turbina de potencia durante el desarmado y el armado.
ST-80074	Hoisting Bracket	Se utiliza para instalar y remover el colector de escape durante el desarmado y el armado del motor.
ST-80076	Spanner Wrench	Se utiliza para sujetar el conjunto rotor de la turbina de potencia cuando se remueve o reemplaza el collar de empuje de la tuerca de bloqueo.

ST-90093	Staking Tool	Se utiliza para clavar el collar de la tuerca de bloqueo en el extremo posterior del eje de la turbina de potencia.
ST-90462	Balancing Adapter	Se utiliza para sostener el rotor de la turbina de potencia durante el balanceo dinámico.
ST-90506	Special Wrench	Se utiliza para sujetar o girar los ejes interno y externo de la turbina de potencia cuando se remueve o instala las tuercas de bloqueo en la parte posterior del conjunto rotor de turbina de potencia (solo para eje flexible).
ST-90507	Special Wrench	Se utiliza para mantener en posición el sungear para mantener el eje interior del conjunto rotor de la turbina de potencia, mientras se ajusta el tornillo de turbina (solo para eje flexible).
ST-90556	Wrench Adapter	Se utiliza para remover e instalar las tuercas de la parte posterior del eje interior de la turbina de potencia (solo para eje flexible).
ST-90572	Extractor	Se utiliza para remover el rotor de la turbina de potencia del eje interno (solo para eje flexible).
ST-90573	Special Wrench	Se utiliza para sujetar el sungear cuando se quita la tuerca del eje de la turbina de potencia (solo para eje flexible).
ST-90576	Special Wrench	Se utiliza para ajustar o aflojar el tornillo del rotor de la turbina de potencia (solo para eje flexible).

ST-90680	Puller	Se utiliza para extraer el alojamiento de soporte de rodamiento del alojamiento de la turbina de potencia.
ST-90760	Balancing Cradle	Se utiliza para el balanceo dinámico del conjunto rotor de la turbina de potencia.
ST-90775	Special Wrench	Se utiliza para sujetar el sungear cuando se quita la tuerca del eje de la turbina de potencia.
ST-91136	Staking Tool	Se utiliza para calvar el collar de la tuerca de bloqueo del eje externo de turbina.
SZ-90022	Nozzle Puller	Se utiliza para remover el inyector de la tercera etapa de la carcasa de turbina.
SZ-90021	Guide Pins (3/8 - 24 -inch)	Se utilizan para alinear el alojamiento del rodamiento de turbina y el colector de escape durante el armado.
-	Standard 3-inch Jaw Puller	Se utiliza para remover el piñón conductor del extremo delantero del compresor y el sungear del eje flexible de la turbina de potencia.

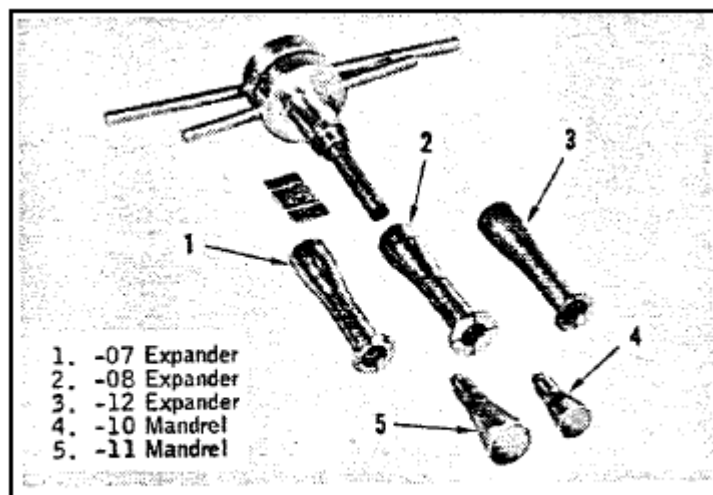
Tabla 1: Herramientas Especiales.

Cabe aclarar que actualmente se cuenta con alguna de las herramientas, pero las mismas se encuentran deterioradas, lo que implica la puesta en servicio o descarte de las mismas. Por tal motivo se considera la falta del total de las herramientas.



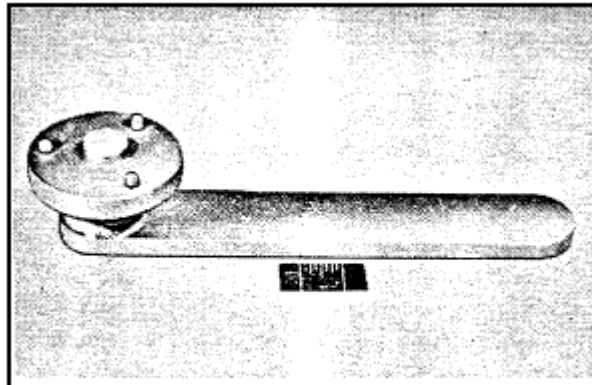
**Special Wrench,
ST-90911**

Figura 39: Herramientas Especiales.



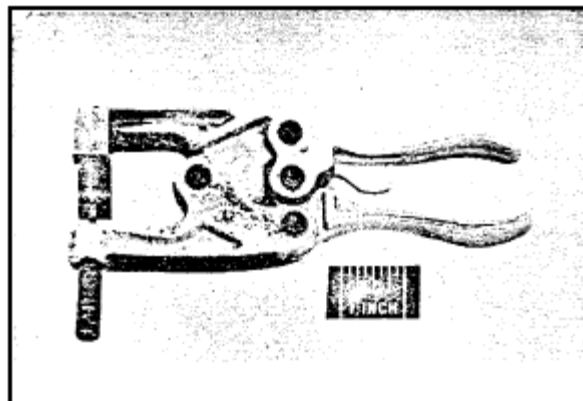
**Rotor Separating Tool,
ST-70058**

Figura 40: Herramientas Especiales.



**Special Wrench,
ST-90506**

Figura 41: Herramientas Especiales.



**Staking Tool,
ST-90093**

Figura 42: Herramientas Especiales.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

Recordando que los objetivos planteados al inicio de este trabajo son:

- Identificar las capacidades y procesos actuales del taller que pueden utilizarse para el mantenimiento del nuevo motor.
- Identificar las capacidades a optimizar o incorporar.
- Realizar un sondeo de actuales usuarios del motor en el país.

Luego de la investigación realizada arribamos a distintas conclusiones que dan respuesta a los objetivos mencionados. Estas conclusiones que se describirán, permitieron determinar las capacidades del taller para llevar a cabo un nuevo reto al situarse frente a la implementación de un motor de concepción distinta a lo normalmente trabajado, pero además de esto, apreciar la importancia de una de las ramas de la ingeniería, la Ingeniería de Mantenimiento. La misma nos permitió a lo largo de las distintas etapas y procesos involucrados en el mantenimiento del motor, analizar cada uno de ellos, permitiéndonos llegar a resultados precisos y confiables para luego al ser puestos en práctica no incurrir en el fracaso con las importantes pérdidas de distintos índoles que esto implicaría.

Al haber analizado las capacidades actuales, a continuación presentaremos las conclusiones para cada uno de los puntos desarrollados.

4.1.1. Personal

Luego de verificar las distintas tareas involucradas en el proceso de mantenimiento, llegamos a la conclusión que pueden optarse por dos opciones, reasignar personal para esta nueva capacidad o contratar nuevo personal exclusivo para la misma. Cabe destacar que el personal existente cuenta con un alto grado de conocimientos de mantenimiento aeronáutico, los cuales superan en exigencias de calidad y excelencia, frente a los que serán necesarios para el

nuevo motor cuyo uso es industrial, y al margen de las salvedades, no posee la gran cantidad de regulaciones y exigencias como los de un motor aeronáutico. Esto nos permite afirmar que los trabajos que se realicen poseerán una alta calidad y seguridad en los mismos.



Figura 43: Histórico de intervención del motor.

Durante la investigación se encontró que en la década pasada, se realizaron intervenciones sobre este motor, encontrándonos con personal que poseía conocimientos sobre el mismo. Esto frente al requerimiento de la capacitación del personal, permite nuevamente, y considerando lo antes mencionado, decir que se cuenta con personal con experiencia en mantenimiento.

Por lo que se sugieren dos opciones:

Realizar una capacitación interna en conjunto con el departamento de ingeniería y el personal idóneo, o tomar capacitaciones a través del fabricante del motor (ver Anexo II).

En función de lo antes expuesto omitiremos hablar de las capacitaciones necesarias en las distintas etapas del mantenimiento.

4.1.2. Documentación

La documentación necesaria para la realización del mantenimiento como se mencionó anteriormente es:

- Maintenance Manual (Manual de Mantenimiento)
- Illustrated Parts List (Lista de Partes Ilustradas)
- Operation and Maintenance Manual (Manual de Operación y Mantenimiento)

En el taller se cuenta con los dos primeros ejemplares, donde si bien los mismos no son la última revisión emitida por el fabricante, pueden ser utilizados durante la implementación del mantenimiento del motor, para luego ser adquiridos por parte del cliente o bien efectuar la compra de los mismos al fabricante.

4.1.3. Herramientas Especiales y Carros de transporte

Para realizar las tareas de mantenimiento sobre el motor son necesarias herramientas especiales y estándar. Respecto a las herramientas estándar el taller posee una gran cantidad de las mismas, se encuentran en excelentes condiciones, lo cual no presenta ningún inconveniente.

En el caso de las herramientas especiales, se presenta la opción de fabricarlas en el taller, ya que el mismo cuenta con personal y maquinaria para poder realizarlo, o recurrir a la compra de las mismas al fabricante, solicitando el

listado antes exhibido. Cabe consignar que alguna de ellas están disponibles, y pueden requerir mejoras.

Los carros de transporte pueden ser de la misma manera fabricados en el taller, sin presentar inconvenientes para ello.

En función de lo antes expuesto omitiremos hablar de las herramientas especiales y carros de transporte necesarios en las distintas etapas del mantenimiento.

4.1.4. Recepción del Motor

Se cuenta con personal capacitado para tal procedimiento. Se dispone de lugar físico para la misma, como así también de auto elevadores y puentes grúas. No se presentan inconvenientes para esta etapa.

4.1.5. Desmontaje y Desarmado - Armado y Montaje

Se dispone de espacio físico, de mesas de trabajo, suministros de servicios, personal con experiencia en las tareas pertinentes, etc., con lo cual concluimos en que no existen inconvenientes para la implementación de esta etapa.

4.1.6. Limpieza

El taller cuenta con un sector dedicado exclusivamente a la realización de una amplia gama de limpiezas, abarcando desde las químicas hasta limpiezas mecánicas como granallados. Concluimos que es totalmente factible realizar todas las tareas necesarias sobre el nuevo motor en esta etapa.

4.1.7. Ensayos No Destructivos

Al igual que en el caso de limpieza, el taller cuenta con un sector específico dedicado exclusivamente a la realización de ensayos no destructivos, donde podremos encontrar los siguientes tipos, tintas penetrantes, partículas magnéticas, corrientes Eddy, radiografías, ultrasonido. Esto puede permitir ir más allá de lo indicado por la documentación del fabricante cuando sea necesario, pudiendo obtener mayor seguridad en las inspecciones. Concluimos en la total factibilidad de aplicación de esta etapa.

4.1.8. Inspecciones

El taller cuenta con salas de inspección, instrumentos de medición, máquinas especiales de medición y una vasta experiencia del personal en el rubro. Concluimos en la factibilidad de esta etapa.

4.1.9. Reparaciones

El taller dispone de una gran cantidad de herramientas y maquinarias como fresas, rectificadoras, alesadoras, taladros, tornos, etc., y equipos especiales para realización de recuperación de piezas por metalizados por medio de plasma spray y por proyección de alambre, soldadura por punto, soldadura TIG, etc. Posee una planta dedicada a la realización de recubrimientos electrolíticos como cromado, plateado, anodizado, etc., y remoción de los mismos por medio de desplazado químico. El personal es idóneo las tareas, concluimos en la viabilidad de la realización de todas las reparaciones solicitadas en el mantenimiento.

4.1.10. Expedición

El taller dispone de espacio físico para tal fin, se dispone de auto elevadores, puentes grúas y el personal con experiencia en la expedición de motores aeronáuticos. Se concluye en la viabilidad de esta etapa.

4.1.11. Ensayo de Alta del Motor

Al igual que durante desarrollo en los capítulos anteriores, es este uno de los puntos fuertes de estudio y donde quizás sea una de las implementaciones a realizar por el taller que demande más esfuerzo e inversión, lo cual implicará el desarrollo y puesta en servicio del Banco de Ensayos del nuevo motor. Recordamos su alta importancia ya que es esta la etapa del mantenimiento del motor que permitirá determinar la aptitud del mismo y con ello la entrega al cliente quien dará rédito al taller por el trabajo realizado.

A causa del histórico de intervenciones, descripto párrafos atrás, realizadas en el motor, como resultado de la búsqueda de información y estudio sobre este acontecimiento, se encontraron los restos de un banco móvil de ensayos utilizado en su momento, cuyos componentes se encuentran dispersos en diferentes lugares. Los que se identificaron son los siguientes:

- Carro soporte para la realización del ensayo.
- Freno dinamométrico.
- Tanque de aceite componente del banco de ensayos.
- Celda de carga, cableados y electrónica perteneciente al funcionamiento de la misma.
- Ducto de escape.
- Bomba de aceite.
- Cableados del sistema de adquisición de datos.
- Gabinete con el hardware del sistema de adquisición de datos.
- Filtros de aceite.
- Cañerías y mangueras.

Se trata de un Banco de Ensayos Móvil, dada la necesidad en su momento de ensayar motores cuyo combustible podría ser GNC o líquido.

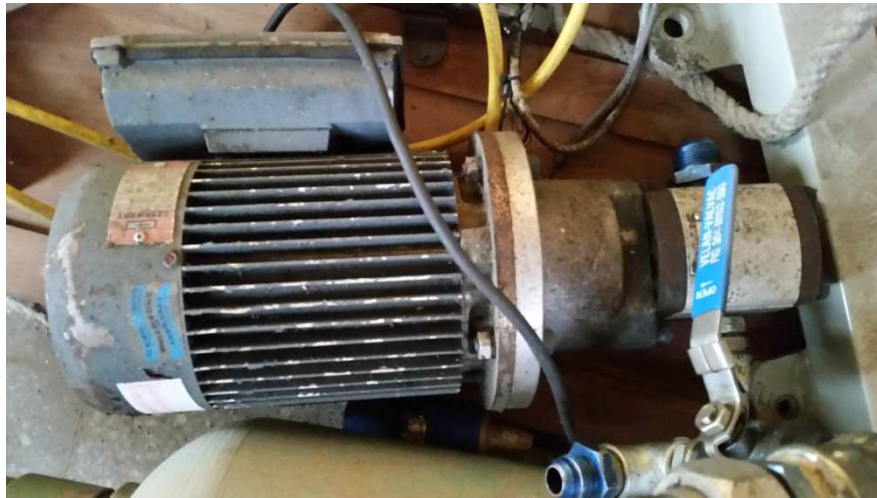


Figura 44: Bomba de aceite.



Figura 45: Freno dinamométrico.



Figura 46: Carro soporte para la realización del ensayo y tanque de aceite.

Será necesario reacondicionar todas las partes existentes o descartar si fuese necesario, como por ejemplo cableados, carro soporte para la realización del ensayo, etc. Se deberá adquirir o fabricar en el taller las partes restantes necesarias para la realización del ensayo, por ejemplo acople del motor al freno dinamométrico, sistema de combustible, software de control y adquisición de datos, etc.



Figura 47: Filtros de aceite.

El taller cuenta con un departamento de ingeniería con experiencia, dedicado a la implementación de bancos de ensayo, lo cual el mismo podrá ser puesto en servicio sin necesidad de terceros, contándose hasta con la capacidad de desarrollo del software para el control y adquisición de datos del banco.

Como conclusión de este apartado podemos decir que se cuenta con una gran parte de los componentes del banco de ensayos, si bien deberá ser todo reacondicionado la inversión por parte del taller no será tan alta al contar este con la capacidad de desarrollo de bancos de ensayos, permitiendo en un corto plazo lograr el funcionamiento y puesta en servicio del banco



Figura 48: Celda de carga y cableados.



Figura 49: Electrónica y cableados para la celda de carga.

4.2. Sondeo de Actuales Usuarios de Turbinas Industriales en el País

Hoy si queremos participar en un mercado competitivo no debemos dejar nuestras acciones de marketing al azar, al contrario la mejor arma es trabajar con información confiable que nos permita reducir la incertidumbre y nos ayude a tomar mejores decisiones al momento de realizar inversiones.

Si bien el objetivo de este trabajo no es realizar un estudio de mercado, no podemos dejarlo de lado, para lo cual como puntapié inicial del mismo se realizó una investigación de los usuarios de este modelo de turbina industrial, con vista a los futuros potenciales clientes.

Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla:

Transportadora de Gas del Sur S.A.				
Planta Compresora	Provincia	Marca y Modelo de Turbina	Cantidad	Potencia [HP]
San Julian	Santa Cruz	Solar Saturn T-1001-S	2	1100
General Cerri	Bs. As.	Solar Centauro T-4500	2	4500
Barker	Bs. As.	Solar Saturn T-1001-S	2	1100
		Solar Centauro T-3002	3	3300
Chelforo	Río Negro	Solar Saturn T-1002-S	2	1100
		Solar Centauro T-3002	3	3300
Fortín Uno	Río Negro	Solar Saturn T-1001-S	1	1100
		Solar Centauro T-3002	3	3300
Gaviotas	Río Negro	Solar Saturn T-1002-S	1	1100
		Solar Centauro T-3002	3	3300
Piedra del Aguila	Neuquén	Solar Saturn T-1002-S	1	1100
Buchanan	Bs. As.	Solar Saturn T-1002-S	2	1100

YPF S.A.				
Planta Compresora	Provincia	Marca y Modelo de Turbina	Cantidad	Potencia [HP]
Monte Cristo	Córdoba	Solar Saturn T-1001-S	3	1100
Monte Leña	Córdoba	Solar Saturn T-1001-S	2	1100
Bebederos	San Luis	Solar Saturn T-1001-S	4	1100
		Solar Saturn T-1001-S	4	1100
Malargüe	Mendoza	Solar Saturn T-1001-S	4	1100

Transportadora de Gas del Norte S.A.				
Planta Compresora	Provincia	Marca y Modelo de Turbina	Cantidad	Potencia [HP]
Cochico	La Pampa	Solar Saturn T-1001-S	2	1100
La Mora	Mendoza	Solar Saturn T-1001-S	2	4500
La Carlota	Córdoba	Solar Saturn T-1001-S	2	1100

Tabla 2: Usuarios de turbinas industriales.

Como se observa, además de los motores modelo Saturn existen los modelos Centauro del mismo fabricante; esto nos deja una ventana abierta a la expansión por medio de la adquisición de las capacidades de mantenimiento de nuevos motores industriales de mayor potencia, a posterior de haber adquirido experiencia en este motor.

Otra conclusión que podemos obtener, debido a la inminente necesidad de mantenimiento de los motores y al costo que implica a los usuarios el tiempo que se encuentren inoperativos los mismos, es la creación de un servicio de mantenimiento en campo para las distintas empresas clientes.

4.3. Trabajos Propuestos

- Determinación de la fabricación de las distintas herramientas especiales, dentro del taller de mantenimiento.
- Desarrollo de un servicio de mantenimiento menor en campo (taller satélite).
- Análisis de factibilidad para la realización del mantenimiento de los distintos accesorios del motor Solar Saturn.
- Evaluación de los tiempos y costos totales necesarios para la implementación completa del proceso de mantenimiento del motor.
- Implementación del Banco de Ensayos para el motor Solar Saturn, considerando las distintas versiones.
- Desarrollo de un plan de mantenimiento, según requerimientos específicos del caliente, para mejorar el tiempo en servicio del motor.



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales

P.I. Análisis de las Capacidades de Mantenimiento de
un Taller para la Reparación de Turbinas Industriales

Cristian Luis Chenu

ANEXOS

ANEXO I

CAPACITACIÓN BRINDADA POR EL FABRICANTE



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEfYN

Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



Solar Turbines

A Caterpillar Company

Technical Training from Solar Turbines is Focused on **CUSTOMER SATISFACTION** **OUR REPUTATION IS OUR STRENGTH**

We offer you, our customers, exceptional quality in training solutions to meet both operational and maintenance needs. Improved performance and reliability, lower maintenance costs, and enhanced process operations are just some of the benefits achieved when your personnel are trained by Solar.

Our training courses are delivered by highly qualified and experienced Technical Training instructors. Solar Instructors take a practical approach to instruction by using state-of-the-art, hands-on training equipment combined with proven learning techniques.

Comprehensive training programs are available at Solar's global training facilities or at your preferred venue, or site.



Overview Of Our **TRAINING PROGRAMS**

FOUNDATION TRAINING

OPERATION & MAINTENANCE PRINCIPLES

These courses provide the core knowledge and skills required to safely and efficiently operate and maintain your turbomachinery packages.

INTERMEDIATE TRAINING

Once you have mastered the core knowledge and skills, you are now ready to progress to the next level where you will learn more about the use of control systems to enhance your operations and maintenance practices.

Turbotronic 3 Applied Principles (PLC-5/RSLogix 5)
Turbotronic 4 Control System Operations (RSLogix 5000)
PRU Package & TT4 Control System Features & Function

Also Specialty Courses such as:
Power Generation Principles & Applications
Gas Compression Principles & Applications



ADVANCED TRAINING

The knowledge and skills gained in our more advanced Performance Courses will help you optimize performance and maintenance practices, thus minimizing operational costs.

Gas Turbine Performance & Condition Evaluation
Compressor Performance & Condition Evaluation



HANDS-ON TRAINING

Hands-on Training, available at our Global Training Centers, will provide you with the knowledge and skills required for some of the more complex maintenance tasks.

In addition you can also learn a systematic approach to problem solving, augmented by realistic troubleshooting exercises.

Courses include:

Borescope Inspection Principles
Major Component Removal & Replacement
Package Leveling & Alignment
Analytical Troubleshooting



MULTI CUSTOMER TRAINING

For complete information regarding registration and enrollment on our Multi Customer Classes please visit www.solarturbines.com/TechTraining



COMPUTER BASED TRAINING

Computer Based Training is available for a range of topics such as Controls and Operations & Maintenance.



GLOBAL TRAINING CENTERS

Gosselies, Belgium
Mabank, Texas, USA
Riazzino, Switzerland

Senawang, Malaysia
Veracruz, Mexico

REGIONAL TRAINING CENTERS

Anchorage, Alaska, USA
Dubai, U.A.E
Luanda, Angola
Macaé, Brazil

Melbourne, Australia
Port Harcourt, Nigeria
San Diego, California, USA

CONTACT DETAILS

Technical Training Headquarters

Mail Zone SP2

9250A Sky Park Court, San Diego, CA, 92123-5398, USA

Email: training_tech@solarturbines.com

TEL: (+1) 858-715-2070

FAX: (+1) 858-715-2080

BTT/614/E0



Universidad
Nacional
de Córdoba



Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales

P.I. Análisis de las Capacidades de Mantenimiento de
un Taller para la Reparación de Turbinas Industriales

Cristian Luis Chenu

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR SOLAR SATURN T-1001S

2

DATOS GENERALES

DATOS DE DISEÑO Y DE APLICACIONES

Esta sección contiene datos del motor, pormenores de funcionamiento de los accesorios, especificaciones de lubricación y datos típicos de rendimiento. El Cuadro 2-1 presenta las características principales.

CUADRO 2-1

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

COMPONENTES DEL MOTOR	
Compresora	De 8 etapas, de flujo axial.
Turbina	Productora de gas de dos etapas, de flujo axial; turbina motriz de una etapa, de flujo axial.
Cámara de combustión	Anular, de flujo directo.
Impulsor de salida	Unidad reductora de engranajes, integral, de alta velocidad. Reducción en una etapa, de 22.300 a 5.500 rpm.
Impulsor auxiliar	Juego de engranajes cilíndricos y cónicos para los impulsores de accesorios, de velocidad reducida. (Ver figura 1-3.)
Arranque	Motor eléctrico de corriente continua (c. c.).
SISTEMAS DEL MOTOR	
Sistema de control del motor	Sistema eléctrico que proporciona arranque y aceleración automáticas bajo marcha en vacío; vigilancia del motor en funcionamiento; parada auto-



DATOS GENERALES

CUADRO 2-1

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

SISTEMAS DEL MOTOR (Cont.)	
Sistema de combustible diesel	<p>mática en caso de que se presenten ciertas fallas; y parada normal.</p> <p>El sistema de combustible diesel consiste en una bomba de combustible de impulsión por motor, bomba de refuerzo, interruptor de presión, filtros del combustible, regulador del control de combustible, válvula de control del combustible limitadora de aceleración, válvula de solenoide, divisor de flujo y nueve boquillas dobles de combustible.</p>
Sistema de lubricante	<p>Sistema de circuito cerrado, ventilado; tiene tanque de combustible de 189 litros (50 galones), bomba de presión, bomba de prelubricación, filtros del aceite, interruptores de baja presión del aceite, válvula de seguridad, interruptores de temperatura y enfriador del aceite. La filtración retiene partículas de 10 micrones para arriba.</p>
Sistema de ignición	<p>Automático, accionado momentáneamente--tiene bujía y excitador tipo transformador-condensador.</p>
Sistema de flujo de aire	<p>El aire entra a través de un tubo protegido con malla y los gases de la combustión descargan a través del colector de escape. El aire de purga de la compresora enfría los rotores de la turbina, comprime los sellos de aceite y acciona la válvula de purga de aire de la 6a. etapa de la compresora.</p>
CARACTERISTICAS DE DISEÑO Y LIMITES DE FUNCIONAMIENTO	
Velocidad de la turbina	22.300 a 22.850 rpm.



DATOS GENERALES

CUADRO 2-1

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y LÍMITES DE FUNCIONAMIENTO (Cont.)	
Velocidad de la turbina motriz	22.300 rpm (100% de velocidad con aire de aspiración a 80° F, o sea 27° C). Ver figura 2-1.
Consumo de combustible	Ver figura 2-1.
Temperatura de escape de la turbina--máxima continua	860° F (460° C) con aire de aspiración a 80° F (27° C). Ver figura 2-2.
Flujo de aire a la velocidad especificada	13,2 lbs/seg con una temperatura de aire a 80° F (27° C). Ver figura 2-2.
Relación de presión de la compresora	6,2:1
Pérdida máxima en el tubo de succión	4 pulgadas de agua
Pérdida máxima en el tubo de descarga	6 pulgadas de agua
GRADUACION DE LOS ACCESORIOS	
Sistema de lubricación de aceite	
Interruptor de baja presión del aceite	Los contactos responden cuando la presión aumenta 20 lbs/pg ² man. * o cuando baja 11 lbs/pg ² man. *
Interruptor del nivel de aceite	Los contactos se abren a 20 galones (76 litros).
Regulador de presión del aceite (válvula de seguridad)	Se abre entre 45 y 55 lbs/pg ² man. *
Interruptor de alta temperatura	Los contactos se abren a 172° F.
Válvula termostática de mezcla	130° F.
Interruptor de presión de pre-lubricación	Los contactos responden al aumento de 3 lbs/pg ² man. * de la presión, o a la baja de 2,5 lbs/pg ² man. *



DATOS GENERALES

CUADRO 2-1

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

GRADUACION DE LOS ACCESORIOS (Cont.)

Válvula de seguridad del sistema Se abre a 15 lbs/pg² man. *

Sistema de combustible

Válvula de retención del drenaje de la cámara de combustión Se abre entre 5 y 10 lbs/pg² man. *

Válvula de seguridad de la bomba de sobrealimentación del combustible Se abre entre 18 y 20 lbs/pg² man. *

Válvula de purga del combustible Se cierra entre 100 y 160 lbs/pg² man. *

Interruptor de presión Los contactos responden al aumentar la presión 2,2 lbs/pg² man. * o al bajar 1,2 lbs/pg².

Controles del motor

Control de velocidad, turbina motriz

Máximo 103% (22.970 rpm).

Velocidad excesiva 110% (24.530 rpm).

Velocidad mínima 50% (11.150 rpm).

Control de velocidad, productora de gas

Combustible e ignición 12% de la velocidad del motor (2.676 rpm).

Cesación del arranque y de la ignición 50% de la velocidad del motor (11.150 rpm).

Recalentamiento máximo del escape 910° F.

*Presión manométrica



DATOS GENERALES

CUADRO 2-1

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESPECIFICACIONES DE COMBUSTIBLE Y ACEITE

Combustible	Combustible de hidrocarburos líquidos que se ciña a la Especificación Solar ES-1224.
Aceite preservativo	Aceite que se ciña a los requisitos de la Especificación Militar MIL-C-6529, Tipo III, del ejército de los EE. UU. Los siguientes son algunos ejemplos: Humble Oil Rust Ban 633 Pennsylvania Refining, Petrotect 65293 Franklin Oil, Rust Foil 652-3
Aceite lubricante	Consúltese ACEITE LUBRICANTE, a continuación.



RENDIMIENTO TIPICO

Los datos de rendimiento del motor Saturn de velocidad variable aparecen en las figuras 2-1 a 2-4. Aunque las curvas abarcan la mayoría de las aplicaciones, pueden presentarse condiciones especiales y necesitarse información adicional. En tales casos, consúltese al Departamento de Servicio a Clientes, de la Solar.

GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS

hp	Potencia en el eje de salida, en caballos de fuerza
Wf	Flujo de combustible, miles de Btu por minuto
Sfc	Consumo específico de combustible, en miles de Btu por hp-hora
W _a	Flujo de masa de aire en el motor, en lbs. por segundo
N _{gp}	Velocidad (rpm) del rotor de la turbina productora de gas
N _{pt}	Velocidad (rpm) del rotor de la turbina motriz
ΔT ₆	Aumento de la temperatura (°F) del gas de escape, por cada pulgada de H ₂ O de pérdida de presión, en la aspiración o descarga
P _a	Presión ambiental (lbs/pg ² abs.)
δ	Factor de corrección de presión $\left(\frac{P_a}{14,7}\right)$. Al nivel del mar, δ = 1,0, cifra que varía con la altura. Ver figura 2-4.

BASES PARA LOS DATOS

Lo siguiente es aplicable a las curvas:

- Cero de pérdida de presión en la aspiración y la descarga.
- La velocidad 100% de la turbina productora de gas (motor) es de 22.300 rpm.
- La velocidad 100% de la turbina motriz es de 22.300 rpm.



DATOS GENERALES

- d. La máxima condición de funcionamiento en aplicaciones que requieran operación continua es 100% de la velocidad de la turbina productora de gas (motor). Esta se obtiene cuando la temperatura de aspiración de la turbina es de unos 1.450° F (788° C) y el motor funciona bajo temperatura ambiental (atmosférica) de 80° F (27° C).
- e. La eficiencia de los engranajes reductores es del 98%. Si no se usan engranajes reductores, la potencia es 2% mayor que la indicada.

Valores caloríficos típicos del combustible (Valores inferiores de calefacción, o VIC)

<u>Combustible</u>	<u>VIC - Btu por lb. de combustible</u>
Gasolina	19.000
JP4	18.700
Diesel	18.380
Gas natural	19.750
Propano	19.800

Flujo de combustible

$$\text{Flujo de combustible (lbs/hora)} = \frac{\text{Millones de Btu por hora}}{\text{VIC}}$$

Cupla momento

$$\text{Cupla momento (libras-pies)} = \frac{\text{HP} \times 5252}{N_{pt}}$$

USO DE LAS CURVAS

Máxima potencia disponible (Figura 2-1)

A partir de la parte inferior del gráfico, en Porcentaje de velocidad de rotor de la turbina motriz, siga verticalmente hacia arriba hasta la línea apropiada correspondiente a Temperatura del aire de aspiración del motor. Observe cuál es el Consumo específico de combustible. A continuación, siga horizontalmente hasta la izquierda y observe cuál es la potencia de salida que corresponde con los límites de operación máxima continua. Las líneas de consumo específico de combustible y de velocidad óptima de la turbina motriz se trazaron para operación a temperatura ambiental de 80° F (27° C) pero son muy aproximadas a las de otras temperaturas.

DATOS GENERALES

RENDIMIENTO TÍPICO DE MOTOR SOLAR SATURN DE TURBINA A GAS, DE DOS EJES

- LAS CURVAS DE LÍMITE DE CARGA INDICAN LA MÁXIMA POTENCIA CONTINUA DISPONIBLE PARA CUALQUIER VELOCIDAD DE SALIDA Y CUALQUIER ESCALA DE TEMPERATURA ATMOSFÉRICA AL NIVEL DEL MAR. POR DEBAJO DE LA CURVA DE LÍMITE DE CARGA SE PUEDE OBTENER CUALQUIER POTENCIA.
- LAS CURVAS DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE SON RELATIVAMENTE CORRECTAS PARA CUALQUIER TEMPERATURA ATMOSFÉRICA, ENTRE -20°F Y 120°F (-29 Y 49°C). LAS CURVAS DE COMBUSTIBLE SON INDEPENDIENTES DE LAS DE LÍMITE DE CARGA Y SON APLICABLES A LA ESCALA INTEGRAL DE VELOCIDADES Y POTENCIAS.
- CERO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN LOS SISTEMAS DE ADMISIÓN Y DESCARGA.
- EFICIENCIA DEL TREN REDUCTOR DE ENGRANAJES = 98%. SI NO SE USAN ENGRANAJES, LA POTENCIA ES 2% MAYOR QUE LA INDICADA.

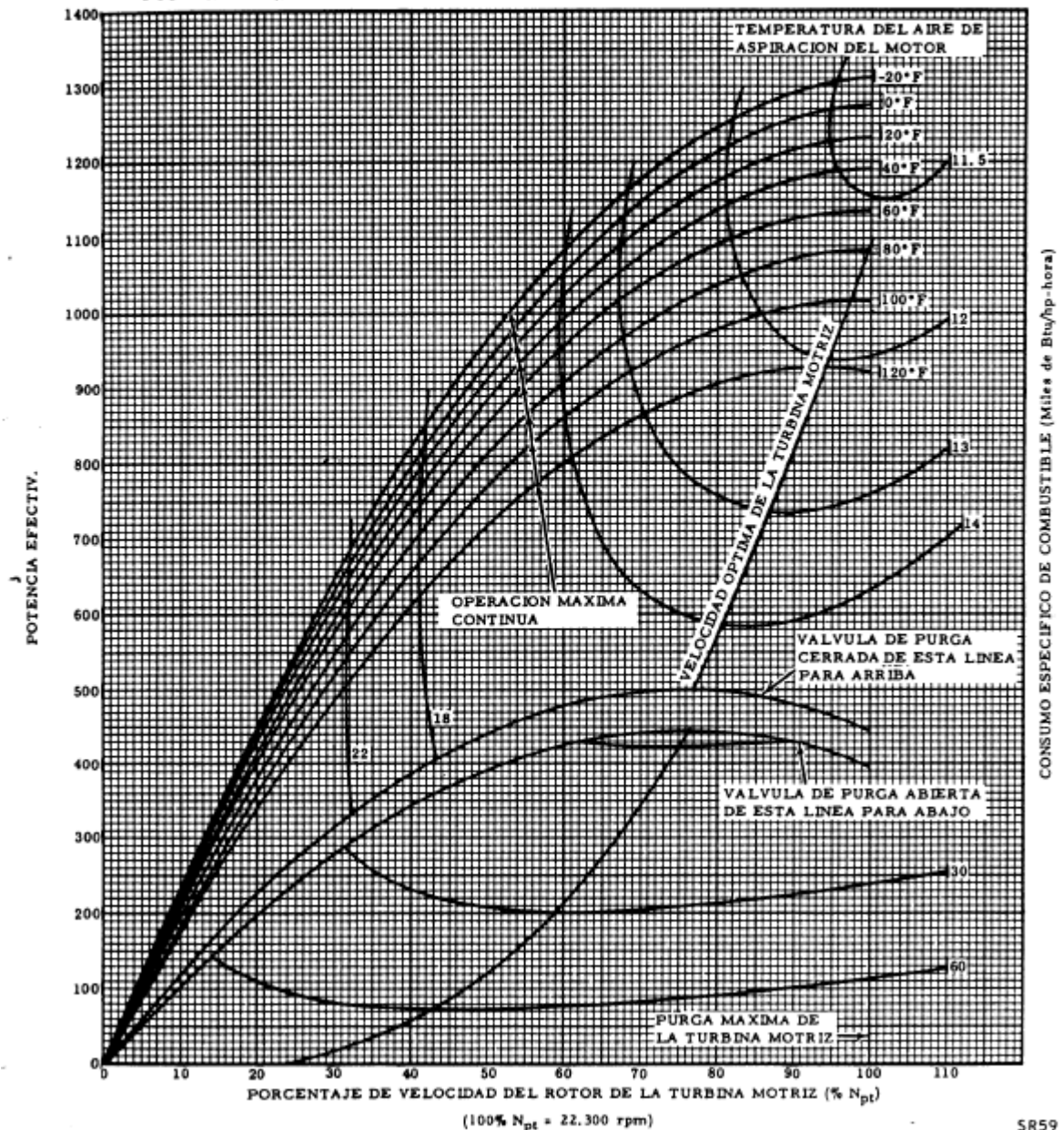


Figura 2-1. Máxima potencia disponible

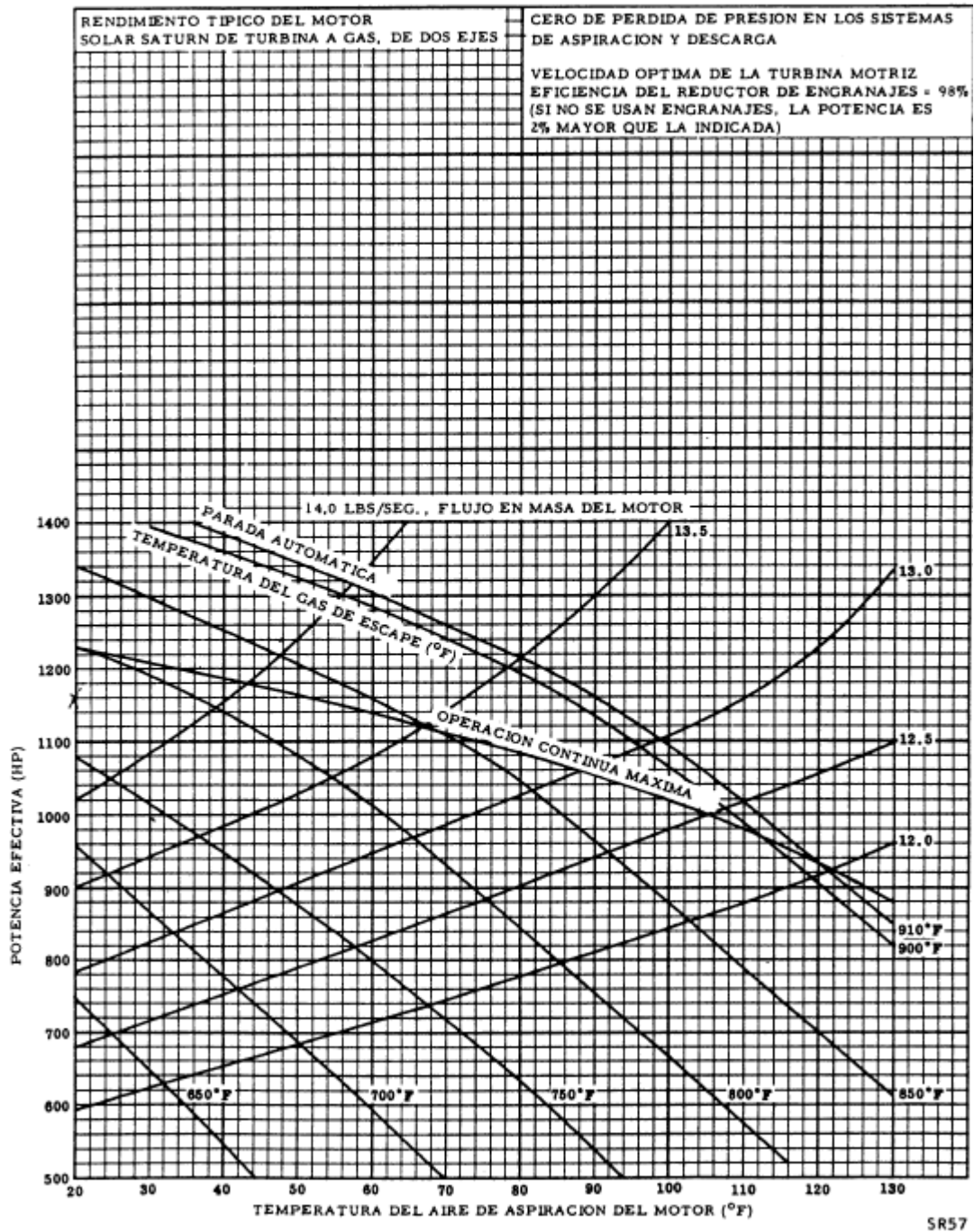
DATOS GENERALES

Figura 2-2. Potencia en función de la temperatura del aire de admisión

DATOS GENERALES

Potencia en función de la temperatura del aire de aspiración (Figura 2-2)

Busque en la parte inferior del gráfico la temperatura dada del aire de aspiración del motor. Suba verticalmente a partir de ese punto hasta encontrar el debido parámetro de Temperatura del gas de Escape o de Flujo en masa del motor. A continuación, siga horizontalmente hacia la izquierda y lea el valor correspondiente de potencia de salida (potencia efectiva).

Conocidas la temperatura del aire de aspiración del motor y la potencia de salida requerida, el flujo en masa del motor y la temperatura del gas de escape se calculan en la siguiente forma:

Trace una línea vertical desde la temperatura del aire de aspiración (en la parte inferior del gráfico). Trace una línea horizontal desde la potencia de salida (en el lado izquierdo del gráfico). Lea los valores de temperatura del gas de escape y de flujo en masa del motor, en la intersección de las líneas vertical y horizontal.

Efecto de las pérdidas de presión en el sistema de aspiración y descarga sobre la potencia disponible, la temperatura del gas de escape, el flujo en masa (de aire) y el flujo de combustible. Ver figura 2-3.

- a. Busque en el gráfico la potencia disponible obtenida de la figura 2-1 y prosiga verticalmente hasta la línea de pérdida de presión del gas de escape. Siga horizontalmente hacia la izquierda y lea la disminución de potencia disponible por cada pulgada de agua de pérdida de presión del escape.
- b. Repita el mismo procedimiento para determinar la pérdida de potencia resultante de la merma de presión de aspiración.
- c. La pérdida total de potencia disponible se calcula y se resta de la potencia efectiva (con cero de pérdidas) obtenida de acuerdo con la figura 2-1.
- d. De la misma manera se determina el aumento de temperatura de la descarga por cada pulgada de agua de pérdida de presión. El cambio de temperatura del gas se calcula mediante la pérdida total de aspiración y descarga. El cambio de temperatura del gas de escape se añade entonces a la temperatura (invariable) de descarga obtenida de la figura 2-2.

Factor de corrección de rendimiento para compensar por la altura (figura 2-4)

Al rendimiento se le debe aplicar un factor de corrección por altura si la instalación está a más de 500 pies (150 m) sobre el nivel del mar. La altura no afecta el consumo específico del combustible, pero sí reduce la po-



DATOS GENERALES

tencia disponible a cualquier velocidad y temperatura, en igual cuantía al factor de corrección. Por ejemplo: si la instalación está a 3.000 pies (915 m) sobre el nivel del mar, el factor de corrección es de 0,9. Bajo tales condiciones, la máxima potencia disponible a 80° F (27° C) y a velocidad (de la turbina) de 22.300 rpm sería de $0,9 \times 1.085$, o sea 977 hp.

DATOS GENERALES**RENDIMIENTO TÍPICO DEL MOTOR SATURN DE TURBINA A GAS, DE DOS EJES**

EFFECTO DE LAS PERDIDAS DE PRESION DE ASPIRACION Y DESCARGA SOBRE LA POTENCIA Y LA TEMPERATURA (MANTENIENDO LA MISMA TEMPERATURA DE ASPIRACION A CERO DE PERDIDAS DE ASPIRACION Y DESCARGA)

$\Delta P_{ASPIRACION}$ = PERDIDA DE PRESION DE ASPIRACION, PULGADAS DE AGUA

FLUJO DE COMBUST. $\frac{W_f}{\delta}$ = FLUJO DE COMBUSTIBLE A CERO DE PERDIDA $\times \left(\frac{\Delta P_{ASPIRACION}}{1 - \frac{\Delta P_{ASPIRACION}}{27,7 P_a}} \right)$

FLUJO DE MASA DE AIRE $\frac{W_a}{\delta}$ = FLUJO DE MASA DE AIRE A CERO DE PERDIDA $\times \left(1 - \frac{\Delta P_{ASPIRACION}}{27,7 P_a} \right)$

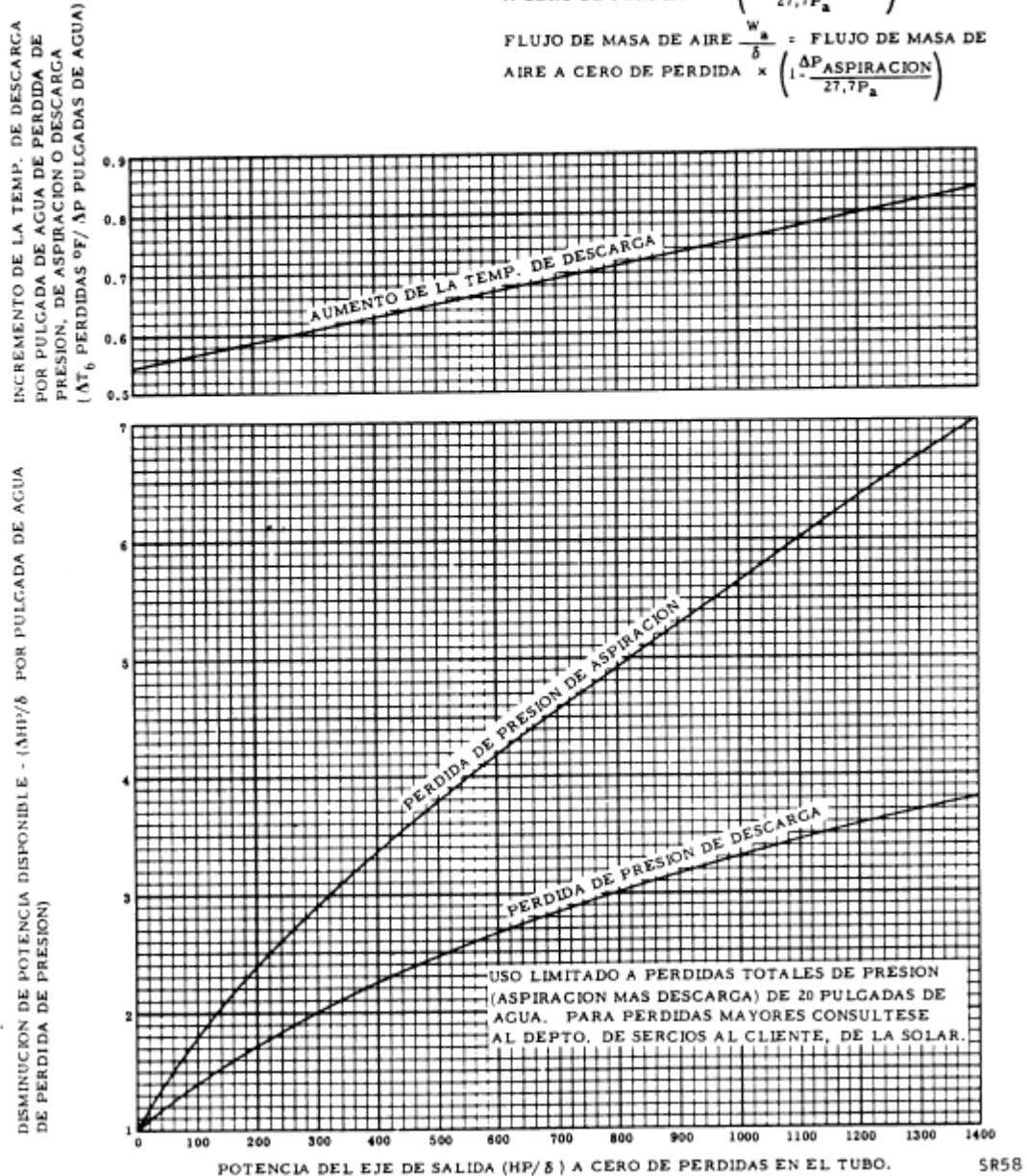


Figura 2-3. Efecto de las pérdidas de presión de aspiración o descarga

DATOS GENERALES

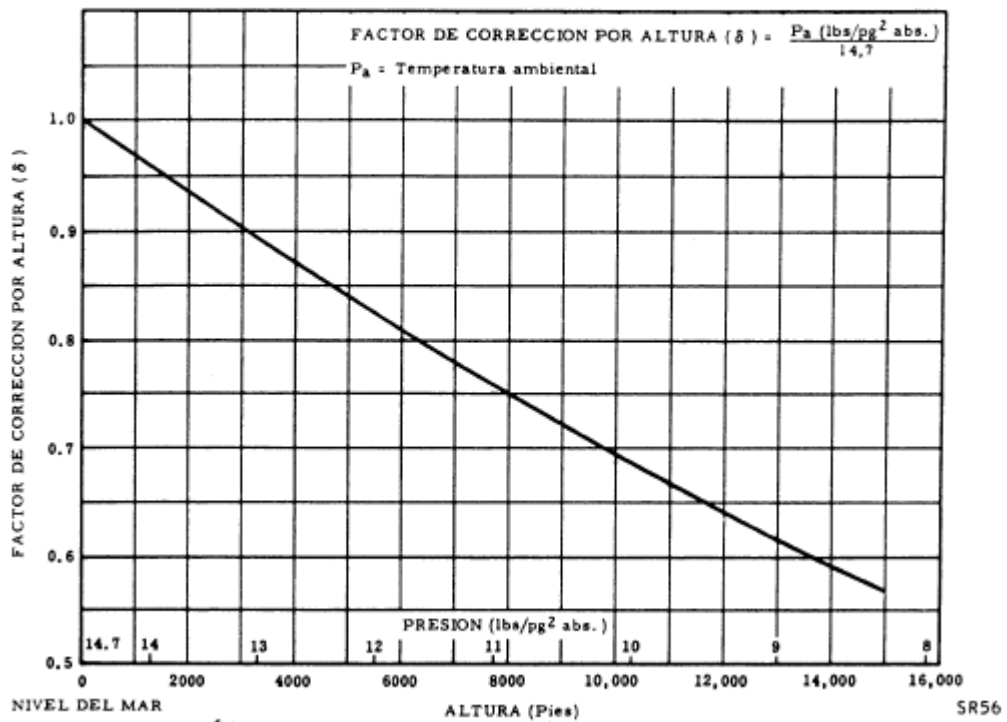


Figura 2-4. Factor de corrección por altura, para el rendimiento



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEyN

Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales

P.I. Análisis de las Capacidades de Mantenimiento de
un Taller para la Reparación de Turbinas Industriales

Cristian Luis Chenu

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

“Capacitación de mantenimiento del motor brindada por el fabricante”. Consultado en:

www.mysolar.cat.com/TechTraining

“Datos del motor Saturn T1001S”. Consultado en:

www.mysolar.cat.com/cda/layout?x=7&m=41430&id=145093

“Definición de Capacidad”. Consultado en:

www.es.wikipedia.org/wiki/Capacidad

www.lema.rae.es/drae/?val=capacidad

“Información sobre usuarios del motor”. Consultado en:

www.tgn.com.ar

www.tgs.com.ar

www.ypf.com.ar

www.turbigas.com.ar

“Overhaul and Repair Instructions – Saturn Gas Turbine Engine T1001S & 1021S”, Publication SD3005C, Solar Division of International Harvester Company, San Diego, California. January 1973.

“Illustrated Parts List” (Lista de Partes Ilustradas), Publication PL2-1258, January 1969.

“Operation and Maintenance Manual”, Solar Division of International Harvester Company.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
"Biblioteca Ing. Manuel E. Rjo – Ing. Luis Achával"

Licencia de Distribución No Exclusiva

Para que el Repositorio de la Universidad Nacional de Córdoba pueda reproducir y comunicar públicamente su documento es necesario la aceptación de los siguientes términos. Por favor, lea las siguientes condiciones de licencia:

1. Aceptando esta licencia, usted (el autor/es o el propietario/s de los derechos de autor) garantiza a la Universidad Nacional de Córdoba el derecho no exclusivo de archivar, reproducir, convertir (como se define más abajo), comunicar y/o distribuir su documento mundialmente en formato electrónico.
2. También está de acuerdo con que la Universidad Nacional de Córdoba pueda conservar más de una copia de este documento y, sin alterar su contenido, convertirlo a cualquier formato de fichero, medio o soporte, para propósitos de seguridad, preservación y acceso.
3. Declara que el documento es un trabajo original suyo y/o que tiene el derecho para otorgar los derechos contenidos en esta licencia. También declara que su documento no infringe, en tanto en cuanto le sea posible saber, los derechos de autor de ninguna otra persona o entidad.
4. Si el documento contiene materiales de los cuales no tiene los derechos de autor, declara que ha obtenido el permiso sin restricción del propietario de los derechos de autor para otorgar a la Universidad Nacional de Córdoba los derechos requeridos por esta licencia, y que ese material cuyos derechos son de terceros está claramente identificado y reconocido en el texto o contenido del documento entregado.
5. Si el documento se basa en una obra que ha sido patrocinada o apoyada por una agencia u organización diferente de la Universidad Nacional de Córdoba, se presupone que se ha cumplido con cualquier derecho de revisión u otras obligaciones requeridas por este contrato o acuerdo.
6. La Universidad Nacional de Córdoba identificará claramente su/s nombre/s como el/los autor/es o propietario/s de los derechos del documento, y no hará ninguna alteración de su documento diferente a las permitidas en esta licencia.

Título: _____

Firma

Firma

Aclaración

Aclaración

Fecha

Fecha

