



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Trabajo de Graduación para la obtención del título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**“COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y TOLERANCIAS
EN LOS DISCOS DE TURBINA DEL MOTOR J65 DE LA
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: VEGA MINIGUANO KLEVER JAVIER

DIRECTOR: TLGO. ALEJANDRO PROAÑO

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

CERTIFICACIÓN

Tlgo. Alejandro Proaño

Certifica

Que el trabajo titulado: “Comprobación de los parámetros y tolerancias en los discos de turbina del Motor J65 de la Unidad de Gestión de Tecnologías” realizado por, el Sr. Vega Miniguano Klever Javier, con C.I. 180421024-1, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). Se autoriza la entrega de los documentos a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Tlgo. Alejandro Proaño

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Mayo 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Vega Miniguano Klever Javier

Declaro que:

El proyecto de grado titulado: “Comprobación de los parámetros y tolerancias en los discos de turbina del Motor J65 de la Unidad de Gestión de Tecnologías”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Vega Miniguano Klever Javier

CI: 180421024-1

Latacunga, Mayo 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORIZACIÓN

Yo, Vega Miniguano Klever Javier

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución, el proyecto de grado titulado “Comprobación de los parámetros y tolerancias en los discos de turbina del Motor J65 de la Unidad de Gestión de Tecnologías”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Vega Miniguano Klever Javier

CI: 180421024-1

Latacunga, Mayo 2015

DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría. A mi padre Raúl Vega, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo. A mi madre Rosa Miniguano, cuyo vivir me ha mostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos. A mi esposa e hija Jessy y Solange, el incondicional abrazo que me motiva y recuerda que detrás de cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas. A mis familiares, viejos amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para hacerme compañía con sus sonrisas de ánimo, y porque a lo largo de este trabajo aprendimos que nuestras diferencias se convierten en riqueza cuando existe respeto y verdadera amistad.

Vega Miniguano Klever Javier

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en mi vida agradezco a Dios por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar un peldaño más de mis metas, y porque tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo. A mis Padres, Raúl Vega y Rosa Miniguano por ser los mejores, por haber estado conmigo apoyándome en los momentos difíciles, por dedicar tiempo y esfuerzo para ser un hombre de bien, y darme excelentes consejos en mi caminar diario. A mi esposa e hija Jessy y Emily Solange, que con su ejemplo y dedicación me han instruido para seguir adelante en mi vida profesional, al personal Docente, y Administrativo de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE quienes con su paciencia y dedicación compartieron sus conocimientos y contribuyeron en la formación de mi carrera y consecución de este tan anhelado título.

Vega Miniguano Klever Javier

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
EL TEMA	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 General	3
1.4.2 Específicos.....	3
1.5 Alcance	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Motor a reacción	5
2.2 Motor J-65.....	5
2.3 Conjuntos mayores del motor a reacción.....	6
2.3.1 Compresor	7

2.3.2 Cámara de combustión	7
2.3.3 Turbina.....	8
2.3.4 Escape.....	9
2.4 Mantenimiento	10
2.5 Tipos de inspecciones	11
2.5.1 Inspección inicial.....	11
2.5.2 Inspección de daños ocultos.....	11
2.5.3 Inspección progresiva (programada)	11
2.5.4 Inspección final	11
2.6 Manuales	12
2.6.1 Manual de Mantenimiento.....	12
2.6.2 Manual de Overhaul.....	12
2.6.3 Manual de Herramientas y Equipos	12
2.7 Materiales utilizados en la construcción del equipo	13
2.7.1 Aceros.....	13
2.7.2 Clasificación general de los aceros.....	13
2.7.3 Aceros para herramientas.....	14
2.7.4 Selección de un acero para herramienta:	14
2.7.5 Acero A36	16
CAPÍTULO III.....	18
DESARROLLO DEL TEMA	18
3.1 Introducción	18
3.2 Planteamiento y estudio de alternativas	18
3.2.1 Selección de la mejor alternativa	19
3.3 Fabricación de soportes.....	19
3.4 Pruebas operacionales	23

3.4.1 Parámetros y Tolerancias de los discos de turbina del motor J-65...	24
3.4.2 Comprobación de los parámetros y tolerancias del motor J-65 en juego axial	24
3.5 Manuales	26
3.6 Presupuesto.....	31
3.19 Rubros	31
3.19.1 Costo primario (Materiales estructurales)	31
3.19.2 Material fungible.....	32
3.19.3 Gastos secundarios (Material de Oficina)	32
3.20 Total.....	33
CAPÍTULO IV.....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1 Conclusiones	34
4.2 Recomendaciones	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
GLOSARIO	37
ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motor J-65.....	6
Figura 2. Conjuntos mayores Motor J-65.....	6
Figura 3. Compresor motor J-65.....	7
Figura 4. Compresor motor J-65.....	8
Figura 5. Discos de turbina motor J-65.....	9
Figura 6. Escape motor J-65.....	10
Figura 7. Plano de soporte para medición de elongación.....	20
Figura 8. Plano de soporte para medición de juego axial.....	20
Figura 9. Plano de soporte para medición de juego centrífugo.....	21
Figura 10. Bases para los palpadores construidas.....	22
Figura 11. Bases para palpador juego axial.....	22
Figura 12. Bases para palpador juego centrífugo.....	23
Figura 13. Bases para palpadores de elongación.....	23
Figura 14. Caja de herramientas especiales terminada.....	24
Figura 15. Comprobación de los Parámetros y Tolerancias en posición o juego axial.....	..24
Figura 16. Comprobación de los Parámetros y Tolerancias en elongación..	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del motor J-65	6
Tabla 2. Composición química del acero A36.....	17
Tabla 3. Propiedades mecánicas del acero A36.....	17
Tabla 4. Parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor j-65 del bloque 42 de la UGT en movimiento o juego axial y elongación.....	25
Tabla 5. Lista de costos de materiales primarios.	32
Tabla 6. Lista de costos de materiales fungibles.	32
Tabla 7. Lista de gastos secundarios.....	32
Tabla 8. Lista de gastos secundarios.....	33

RESUMEN

El presente trabajo contiene el proceso según el cual se desarrolló la construcción de las herramientas especiales para la comprobación de los parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor J-65 para la Unidad de Gestión de Tecnologías. Además consta de un análisis económico del costo total e individual de cada uno de los elementos y materiales utilizados en el desarrollo del proyecto, así como de las herramientas, equipos y demás ítems que fueron necesarios para el desarrollo del mismo. Este proyecto es creado con el afán de que los estudiantes de la Unidad puedan tener los elementos necesarios para realizar las tareas prácticas en el taller de motores JET (Bloque 42) de la UGT, con el fin de desarrollar habilidades en el uso de herramientas especiales y conocer elementos internos de un motor de reacción, lo que les brindará una actitud de seguridad para desenvolverse de hábilmente en las diferentes compañías de aviación.

PALABRAS CLAVE:

- MOTOR J-65
- HERRAMIENTAS ESPECIALES
- DISCOS DE TURBINA
- COMPROBACIÓN
- PARÁMETROS Y TOLERANCIAS

ABSTRACT

This paper contains the process whereby the construction of special tools for testing the parameters and tolerances of the turbine discs for a J-65 engine at Unidad de Gestión de Tecnologías. It also includes a total and individual economic analysis of each elements and materials used in the project development as well as tools, equipment and other items that were necessary for development. This project focuses so that UGT students may possess the necessary elements to perform practical tasks in the workshop of UGT JET engines (Block 42) to develop skills in using special tools and meeting internal elements of a jet engine, which will give them a safe attitude to work skillfully in the different aviation companies.

KEY WORDS:

- J-65 ENGINE
- SPECIAL TOOLS
- TURBINE DISCS
- TESTING
- PARAMETERS AND TOLERANCES

.....
Legalized By: MSc. Rosa E. Cabrera T.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

Al ser la Unidad de Gestión de Tecnologías un centro de Instrucción de Aeronáutica Civil certificado se ve en la obligación de acatar las regulaciones vigentes y es vigilada por la Dirección General de Aviación Civil; la aviación mayor está regulada bajo la RDAC 091 (Reglas de Vuelo y Operación General); misma que estipula los requerimientos por parte de los explotadores para una operación segura. En la Subparte D – Operaciones de Vuelo, estipula que se debe “verificar que todo el personal de operaciones esté debidamente instruido en sus respectivas obligaciones y habilidades”; por lo que se requiere de técnicos formados y capacitados para cumplir con las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo, inspecciones, entre otras.

En la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, se forman tecnólogos en carreras direccionadas al ámbito aeronáutico, para quienes se utilizan equipos, herramientas, maquetas, manuales, entre otros para la formación académica tanto teórica como práctica; sus profesionales laboran en diversas empresas de aviación a nivel nacional como técnicos de mantenimiento y en el área de la gestión para apoyo del cumplimiento de las actividades de operación.

1.2 Planteamiento del problema

La UGT cuenta con abundante material didáctico y herramientas en el taller de motores, pero cada vez se ve en la necesidad de seguir implementando elementos de estudio que permitan al estudiante familiarizarse con el trabajo y con los diferentes componentes de la aeronave.

Parte de esta falencia se ve satisfecha con la construcción e implementación de herramientas especiales para la sección de turbina de los motores J-65 presentes en el bloque 42. Es conocido por todos, que cada aeronave tiene su particular sistema de propulsión, con diferente tipo de motores, de acuerdo a las varias casas constructoras que existen en la actualidad, pero la base de operación y funcionamiento de los motores de reacción es el mismo para todos, sea que hablemos de motores actuales, o motores antiguos. En tal virtud se justifica la construcción de herramienta especial para que así se pueda observar la ubicación y las diferentes partes que conforman la estructura de la sección de turbina de los motores J-65 de una manera más apegada a la realidad, se corrijan falencias en los procesos de instrucción y de esta forma lograr profesionales con conocimientos mucho más sólidos.

1.3 Justificación

La ejecución de prácticas permite al estudiante desarrollar destrezas y habilidades para el adecuado uso y manejo de herramientas y manuales; adentrándose en un método de enseñanza con actividades y casos reales, de esta manera los conocimientos adquiridos son reforzados a través de la práctica.

La comprobación de parámetros y tolerancias en los discos de turbina del motor J65, se enfoca a brindar una ayuda didáctica y dinámica a los Docentes que imparten sus conocimientos en el área; para así mejorar la formación académica, permitiendo a los futuros profesionales tener conocimientos sólidos, los cuales puedan aplicarlos en el campo laboral cumpliendo los parámetros establecidos por el manual del fabricante.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Comprobar los parámetros y tolerancias en los discos de turbina del motor J65 de la Unidad de Gestión de Tecnologías para mejorar la enseñanza – aprendizaje de los Estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

1.4.2 Específicos

- Recopilar información del Manual de Mantenimiento de campo del motor J65.
- Establecer las herramientas requeridas para el desarrollo de la práctica.
- Ejecutar la práctica de medición de tolerancias en los discos de turbina del motor.
- Elaborar un instructivo del procedimiento de medición de parámetros y tolerancias en los discos de turbina.

1.5 Alcance

Al construir las herramientas para la comprobación de los parámetros y tolerancias de turbina de los motores J-65, se logrará mejorar notablemente el estudio de los componentes en esta sección del motor de reacción, siendo los principales beneficiarios los estudiantes del UGT, sobre todo de la carrera de Mecánica, y de igual manera, los Docentes encargados de impartir éstos conocimientos que se beneficiarán al contar con un elemento altamente importante.

Además se brinda un referente constructivo de este tipo de equipos para los estudiantes de la Unidad y otras personas que vayan a realizar trabajos de similares características.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Motor a reacción

Los motores Turborreactores, son motores de combustión interna en los que la impulsión se consigue por una gran masa de aire a alta velocidad de escape, estos gases son generados por la mezcla de aire a presión y combustible. Un turborreactor consta de una entrada de aire, un compresor de baja, uno de alta en ocasiones y muy rara vez de 3 etapas, de una sección de cámaras de combustión, secciones de turbinas de alta y baja presión y un conjunto de toberas de escape.

2.2 Motor J-65

El motor J-65 es un turborreactor creado por Iván Wiles en 1956, y fabricado por varias compañías como: Curtiss-Wright Corporation, General Motors, Buick Motor Division, Flint, etc., dependiendo del modelo de motor y de las prestaciones que éste ofrecía.

Es un motor que trabaja con flujo de aire axial que incluso para obtener más empuje se le puede agregar un dispositivo de post combustión (after-buner) que se usa en aviones de combate especialmente.

El J65 trabaja con un Compresor Axial que tiene una gran capacidad de admisión de aire en relación con el compresor centrífugo para un mismo diámetro frontal del compresor, mismo que consta de 13 escalones o etapas. Tiene una cámara de combustión de tipo anular y una sección de turbina de etapas que están construidas de aleación de aluminio.



Figura 1. Motor J-65

Tabla 1

Descripción del motor J-65

PERFORMANCE	
MAX. DESPEGUE	7239 lbf (32.2 KN)
OVERALL PRESSURE RATIO	7:1
AIR MASS FLOW	119.05 lb/s (54 kg/s)
TURBINE INLET TEMPERATURE	~848 C (1558 F)
SPECIFIC FUEL CONSUMPTION	~0.916 lb/(lbf·h) (25.9 g/(kN·s))
THRUST-TO-WEIGHT RATIO	2.61

2.3 Conjuntos mayores del motor a reacción

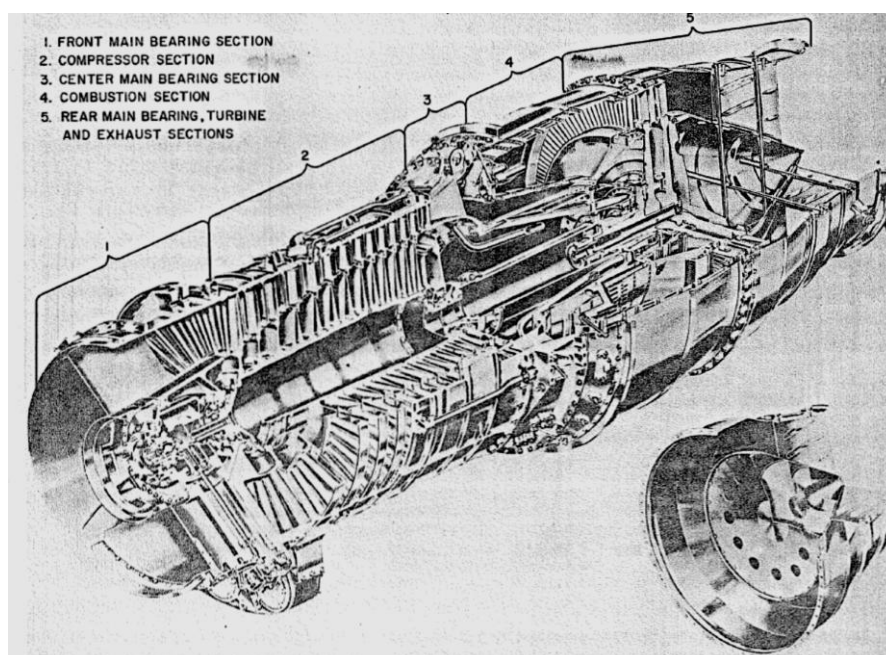


Figura 2. Conjuntos mayores Motor J-65

Fuente: (TO 2J-J65-6 Field Maintenance Manual, 1957)

2.3.1 Compresor

El compresor se encuentra conectado al disco de turbina por medio de un eje y es el encargado de comprimir el aire que ha ingresado al motor para incrementar su presión y temperatura. El compresor es de tipo Axial ya que la corriente de aire que atraviesa el compresor lo hace en el sentido del eje (de ahí el nombre de axial), consta de varios discos giratorios (llamados etapas) en los cuales hay una serie de "palas" (álabes), entre cada disco rotor hay un disco fijo (estator) que tiene como función dirigir el aire con el ángulo correcto a las etapas rotoras.



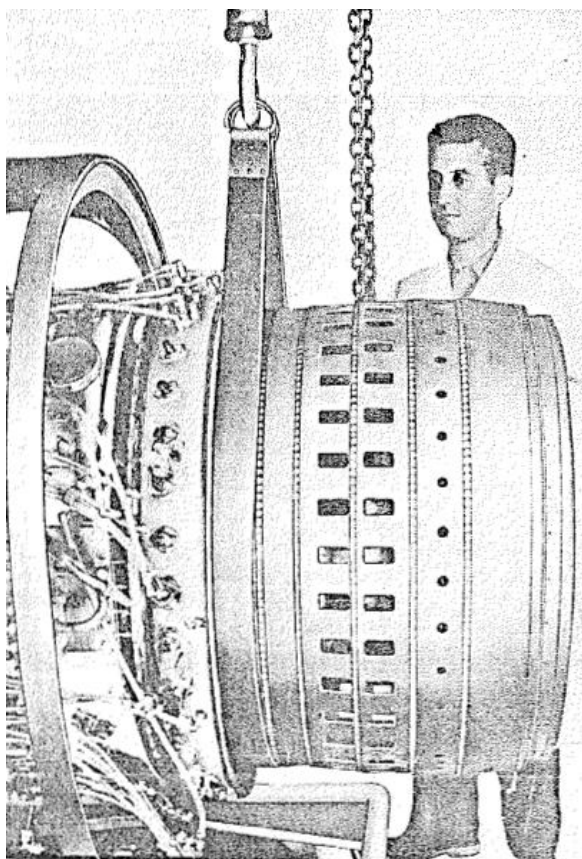
Figura 3. Compresor motor J-65

Fuente: (<http://www.preciolandia.com>, 2006)

2.3.2 Cámara de combustión

Es una de las partes más críticas del motor de turbina, en su interior se produce la mezcla y combustión del combustible con el aire que ha salido del compresor. Su diseño debe soportar las elevadas temperaturas que se

producen en su interior. De igual manera la longitud de la cámara está limitada por cuestiones de diseño del eje compresor – turbina.



Removing Combustion Chamber

Figura 4. Compresor motor J-65

Fuente: (TO 2J-J65-6 Field Maintenance Manual, 1957).

2.3.3 Turbina

Es la parte encargada de extraer parte de la energía de la corriente de gas para convertirla en movimiento, su única función es hacer rotar el compresor al cual se encuentra unido por medio de un eje. La turbina se halla sujeta a elevadas temperaturas y a elevadas cargas centrifugas que en conjunto a la disminución de resistencia del material por causa de la temperatura hacen que este sea el elemento que más importancia tiene en cuanto a la elección de materiales, sin excepción se utilizan aleaciones con elevado contenido de

níquel y cromo (comercialmente tienen diferentes nombres como ser INCONEL, NIMONIC etc.).

Los discos de turbina axiales son los más utilizados pues poseen excelentes características de aceleración y un peso bastante reducido, el inconveniente es que debe respetarse estrictamente la temperatura y velocidad máxima para no correr el riesgo de que el disco se "desintegre".

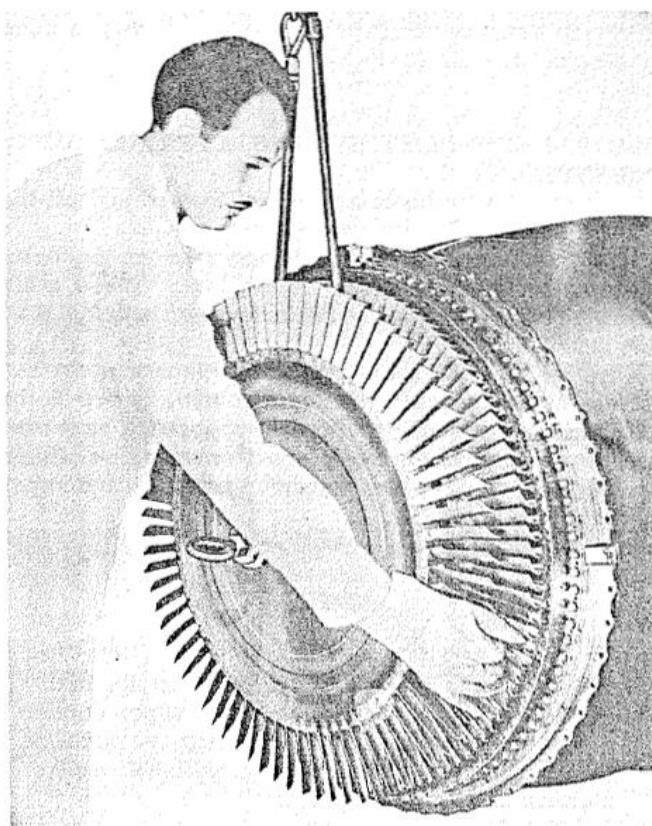


Figure 3-7. Removing Turbine Rotor

Figura 5. Discos de turbina motor J-65

Fuente: (TO 2J-J65-6 Field Maintenance Manual, 1957).

2.3.4 Escape

En esta parte los gases de escape son acelerados para aumentar el empuje producido por la turbina, básicamente es un conducto cónico y algunas veces también posee un cono interior

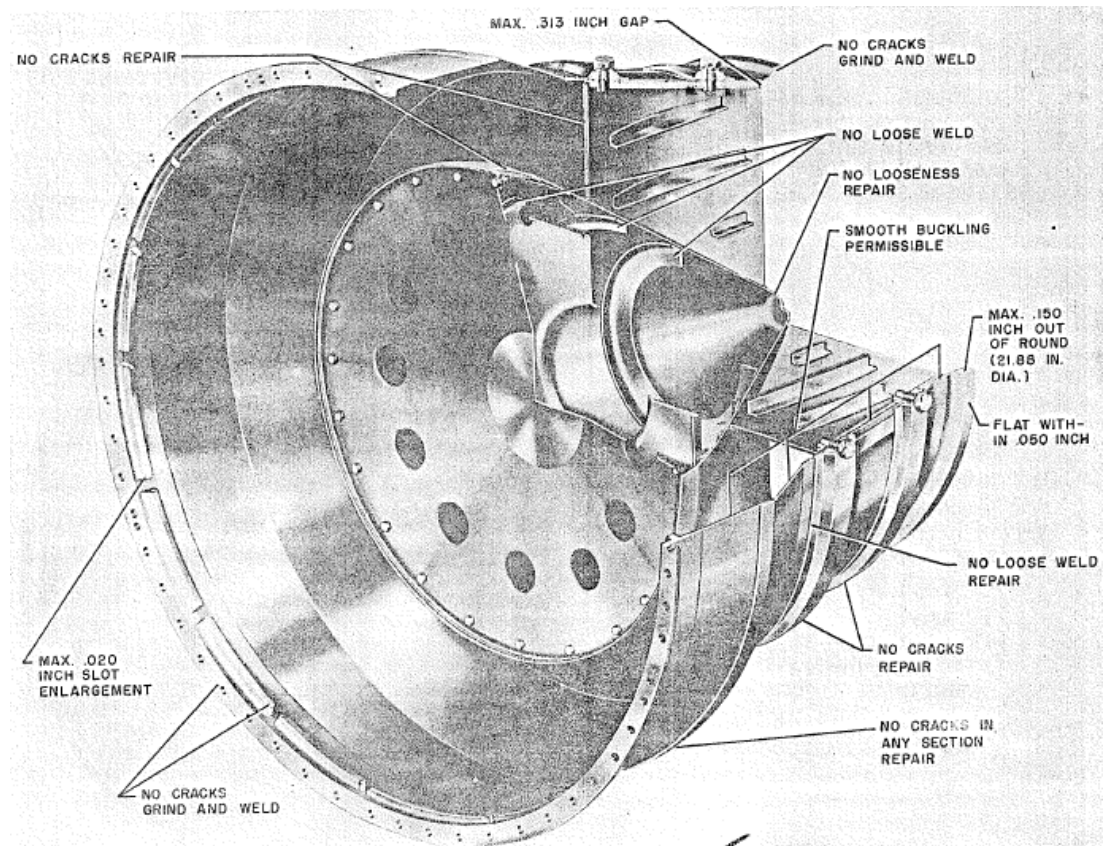


Figure 4-15, Exhaust Duct Inspection Criteria (Rodless Duct)

Figura 6. Escape motor J-65

Fuente: (TO 2J-J65-6 Field Maintenance Manual, 1957).

2.4 Mantenimiento

Toda inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; tendientes a conservar las condiciones de Aeronavegabilidad de una aeronave y/o componentes de ella, se denomina en general como Mantenimiento Aeronáutico.

Objetivos del Mantenimiento.

- Disminuir la gravedad de las fallas para que se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas o equipos.

- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente beneficio.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

2.5 Tipos de inspecciones

2.5.1 Inspección inicial

Es una inspección visual y es aquella que se realiza para determinar daños externos superficiales en la estructura de las aeronaves y sus sistemas, como son rajaduras, golpes, fugas de aceite, corrosión, etc.

2.5.2 Inspección de daños ocultos

Son inspecciones que se realizan a elementos específicos, aplicando ensayos no destructivos (NDI), a fin de determinar daños internos, que no son apreciables en una inspección visual.

2.5.3 Inspección progresiva (programada)

Las inspecciones que se realizan en base a los manuales de operación y mantenimiento al cumplir la aeronave una determinada cantidad de horas de operación.

2.5.4 Inspección final

La inspección final es la verificación documentada de los distintos trabajos de mantenimiento realizados previa a la autorización de operaciones de las aeronaves en mantenimiento.

2.6 Manuales

Es un documento o folleto donde se encuentran de forma definible, invariable y ordenada las obligaciones, tácticas y herramientas de un trabajo determinado.

2.6.1 Manual de Mantenimiento

Es la recopilación de procedimientos escritos para ejecutar una tarea, seguida de orden, proceso y control para el desarmado, limpieza, inspección y cambio de componentes y productos aeronáuticos.

2.6.2 Manual de Overhaul

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca algún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo en condiciones estándar de operación, ejecutando tareas como: desarmado total o parcial, limpieza, inspección, reparación, pruebas funcionales y operacionales, ensamble y terminado final, de acuerdo al ATA 100.

2.6.3 Manual de Herramientas y Equipos

Es la recopilación codificada de herramientas, máquinas y equipos que se deben utilizar en las distintas operaciones, facilita la identificación de los equipos especiales acorde a un número de parte de herramienta, a fin de usarlas bajo estricto cumplimiento de los manuales de mantenimiento y overhaul en las labores que se requiera de estos equipos.

2.7 Materiales utilizados en la construcción del equipo

2.7.1 Aceros

El acero es en la actualidad la más importante de las aleaciones metálicas conocidas, no habiendo existido en ninguna época otro material que tanto haya contribuido al progreso de la humanidad.

Se puede decir de una manera general que bajo la denominación de “acero” se agrupan todas las aleaciones de hierro forjables.

La extraordinaria difusión del acero, se debe a sus notables propiedades a la existencia de numerosos yacimientos de minerales de hierro y al desarrollo de procedimientos de fabricación relativamente simple.

Ningún otro metal ni aleación posee sus notables propiedades, que lo hacen insustituible para muchas aplicaciones.

Una de las propiedades más importantes de los aceros es su gran plasticidad y maleabilidad a elevada temperatura, que permite transformar su forma o dimensiones por laminado o martillado en caliente con gran facilidad. Además los aceros son dúctiles y por trabajo en frío se pueden laminar o estirar en forma de chapas, flejes, alambres o hilos de muy pequeño espesor o diámetro.

Otra de las propiedades más valiosas de los aceros, es la facultad de adquirir con el temple una dureza extraordinaria.

2.7.2 Clasificación general de los aceros

Es necesario conocer una clasificación general que agrupe todas las calidades de todos los aceros que sea clara y simple. Los aceros se clasifican teniendo en cuenta sus propiedades y utilización en tres grandes grupos.

- Aceros de construcción.
- Aceros de herramientas.
- Aceros inoxidables y resistentes al calor.

2.7.3 Aceros para herramientas

Cualquier acero utilizado como herramienta puede clasificarse técnicamente como “acero para herramienta”, sin embargo, el término suele limitarse a aceros especiales de alta calidad utilizados para corte o formado.

Hay varios aspectos tomados en cuenta para clasificar los aceros para herramienta.

El método de identificación y clasificación adoptado por la AISI (American Iron and Steel Institute) toma en cuenta los siguientes aspectos:

- El medio de templado que se use.
- El contenido de la aleación
- La aplicación de la herramienta (trabajo en caliente, trabajo en frío, moldes, resistentes al impacto, etc.)

2.7.4 Selección de un acero para herramienta:

Resulta difícil seleccionar un acero para herramienta adecuado, destinado a una aplicación dada. Lo mejor es correlacionar las características metalúrgicas de los aceros con los requisitos de funcionamiento de la herramienta.

En la mayoría de los casos, la selección no se limita a un solo tipo o a una serie particular para resolver en forma funcional un problema concreto de herramienta.

La mayoría de las aplicaciones de los aceros para herramienta puede dividirse en los siguientes tipos de operación:

- Corte
- Cizallado
- Formado
- Estirado
- Extrusión
- Laminado
- Golpeado

Una herramienta de corte puede tener un solo borde de corte en continuo contacto con la pieza (como en un torno), o tener dos o más bordes de corte que hacen corte continuo (como una broca o un machuelo), o tener cierto número de bordes de corte, haciendo cada uno cortes breves, cortes y funcionando parte del tiempo como un cortador de fresado. Cuando la principal función del acero es cortar, aquel debe tener alta dureza así como buena resistencia al calor y al desgaste.

Las herramientas cizalladoras que se emplean en cizallas, punzones o matrices, requieren alta resistencia al desgaste y tenacidad regular. Estas características deben ponderarse adecuadamente dependiendo del diseño de la herramienta, del espesor del material que se cortara y de la temperatura de la operación de cizallamiento.

Las herramientas de formado se caracterizan por estampar su forma a la pieza que se fabrica, lo cual se puede hacer forzando el metal sólido dentro de la impresión de la herramienta caliente o fría empleando un troquel de

forjado en caliente o troquel de forjado en frío. Este grupo también incluye dados para piezas fundidas, donde el metal fundido o semi-fundido se fuerza bajo presión dentro del troquel.

Los dados para estirado y extrusión se caracterizan por un resbalamiento sustancial entre el metal que se forma y la herramienta. Los dados de estirado intenso, requieren gran resistencia en general y alta resistencia al desgaste.

La tenacidad para soportar las presiones hacia fuera y la resistencia al desgaste es lo más importante en troqueles para extrusión en frío, mientras que los troqueles para extrusión en caliente requieren además alta dureza al rojo.

Los dados para laminado de roscas deben ser suficientemente duros a fin de soportar las fuerzas que forman el hilo y deben tener suficiente resistencia al desgaste y tenacidad para ajustarse a los esfuerzos desarrollados.

Las herramientas de golpeado por otra parte incluyen todas las formas de herramienta que soportan grandes cargas aplicadas por impacto. La característica más importante de estas herramientas es la alta tenacidad.

En aplicaciones individuales deben considerarse seriamente muchos otros factores, entre los cuales se incluyen la deformación permisible en la forma considerada; la cantidad de descarbonización superficial que puede tolerarse, la templabilidad que puede obtenerse, los requisitos del tratamiento térmico, incluyendo temperaturas, atmosfera, el equipo y la maquinabilidad.

2.7.5 Acero A36

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado en la construcción de herramientas y equipos, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente.

Tabla 2

Composición química del acero A36

Elementos	%
Carbono (C)	0,25-0.29
Cobre (Cu)	0.20
Hierro (Fe)	98,0
Manganeso (Mn)	1.03
Fósforo (P)	≤ = 0,04
Silicio (Si)	0.28
Azufre (S)	≤ = 0,05

Tabla 3

Propiedades mecánicas del acero A36

Propiedad	Valor
Densidad, g/cm ³	7.85
Resistencia a la tracción, MPa	400 - 552
Límite de Fluencia, MPa	250
Módulo de Young, MPa	200 000
Modulo de Cortante, MPa	79 300
Coefficiente de Poisson	0.26
Elongación, %	18
Dureza Rockwell B	67 - 83
Dureza Brinell	119 - 159

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Introducción

La implementación de Herramientas especiales para la comprobación de parámetros y tolerancias de la sección de turbina responde a una necesidad observada en el taller de motores JET de la Unidad de Gestión de Tecnologías durante el proceso de investigación.

Actualmente no existe herramienta especial para el trabajo en estos motores en la Unidad de Gestión de Tecnologías que brinde la posibilidad de observar de una manera directa los parámetros y tolerancias de la sección de Turbina y de esa manera corroborar los conocimientos impartidos en el aula.

Al implementar esta herramienta se logrará preparar a los futuros Tecnólogos, principales responsables del mantenimiento aeronáutico, para comprender y realizar los procesos de trabajos encargados con gran precisión y calidad, que es lo que busca la Industria Aeronáutica moderna.

3.2 Planteamiento y estudio de alternativas

Para poder realizar la construcción de las herramientas especiales para la comprobación de la sección de turbina del Motor J-65 se realizó una búsqueda de herramientas de similares características para este motor específico, pero no existe en las fuentes consultadas, manuales del motor, que contengan la información sobre herramientas especiales o datos necesarios para su desarrollo.

De esta forma se hizo un diseño preliminar en función de las necesidades y tomando medidas en el propio motor, con la ayuda de personal técnico relacionado al mantenimiento ya que se trata de un motor muy antiguo.

Por todo lo expuesto la herramienta fue diseñada en su totalidad por el Investigador y en tal virtud no se hizo estudio de alternativas ya que estas no se las encuentra disponibles en el mercado nacional o internacional por tanto el bosquejo inicial se fue mejorando según avanzaban los trabajos sin que existan otros diseños con los cuales comparar o seleccionar el que mejor característica presentaba.

En cuanto al uso de los materiales, éstos se utilizaron en base a un análisis dimensional y de resistencia a los esfuerzos que permitió determinar trabajar los materiales de manera eficiente, estéticamente presentable y tomando en cuenta que el manejo de la herramienta sea fácil.

3.2.1 Selección de la mejor alternativa

Para la fabricación de la herramienta se debe que cumplir con parámetros técnicos principalmente en cuanto al trabajo que se realiza para poder prestar su servicio en el motor. Para esto se tomó en cuenta el uso de materiales propios de herramientas de uso industrial, ya que brindan las características idóneas para este tipo de fines, que permitió obtener un tamaño adecuado para que sea manejable y desde luego permita visualizar los diferentes parámetros de los discos de turbina.

3.3 Fabricación de soportes.

En función de las imágenes halladas en el Field Maintenance Manual se buscó elaborar elementos que permitan la medición de las tolerancias según el manual las describe, estas son: desplazamiento de alabes axial respecto al encastre, desplazamiento de alabes centrífugo respecto a encastre y elongación total.

Una vez determinadas las ubicaciones que los palpadores poseerían se elaboró un plano en AutoCAD el mismo que facilitó la construcción de los soportes para las mediciones de los parámetros de la turbina.

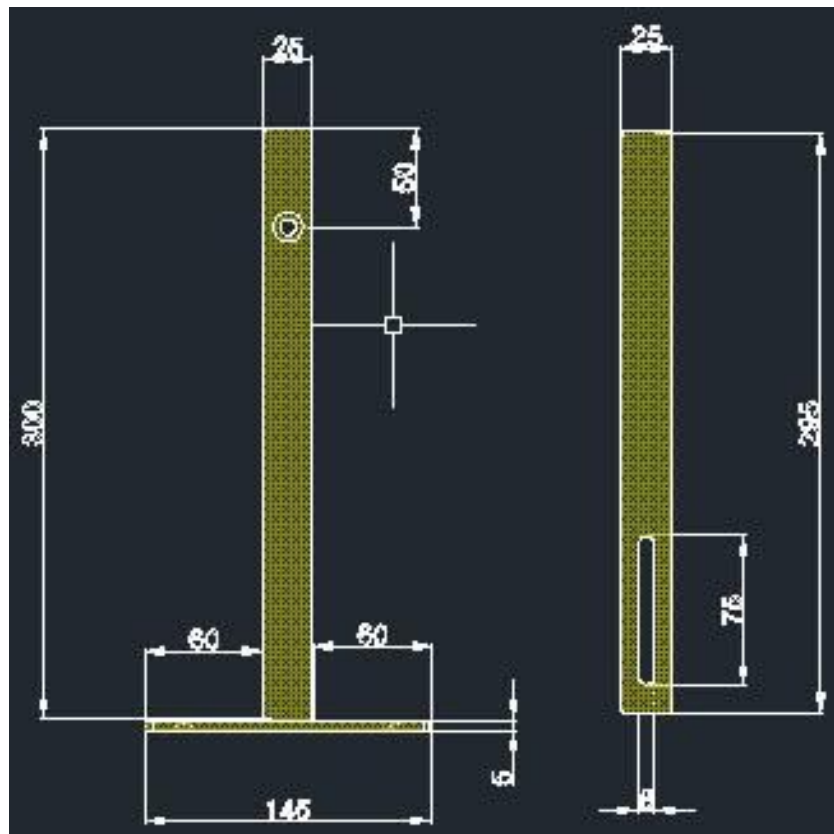


Figura 7. Plano de soporte para medición de elongación

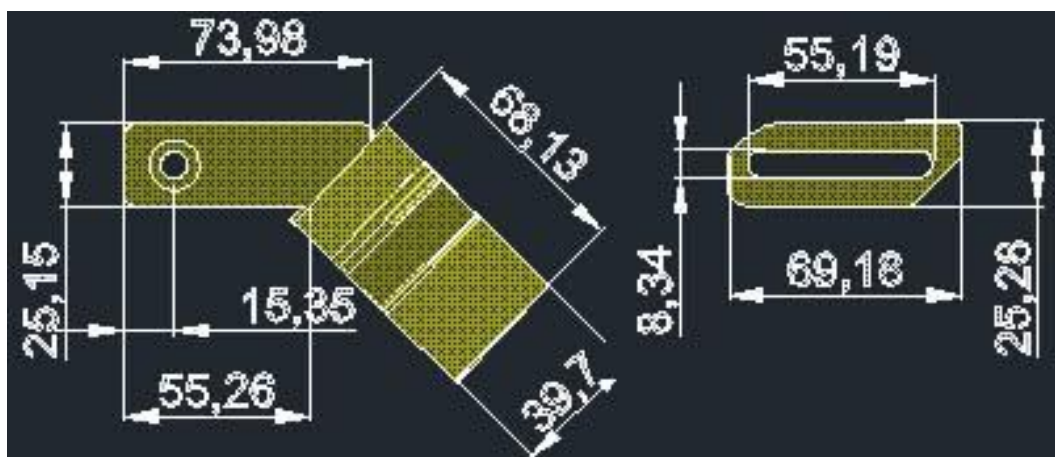


Figura 8. Plano de soporte para medición de juego axial

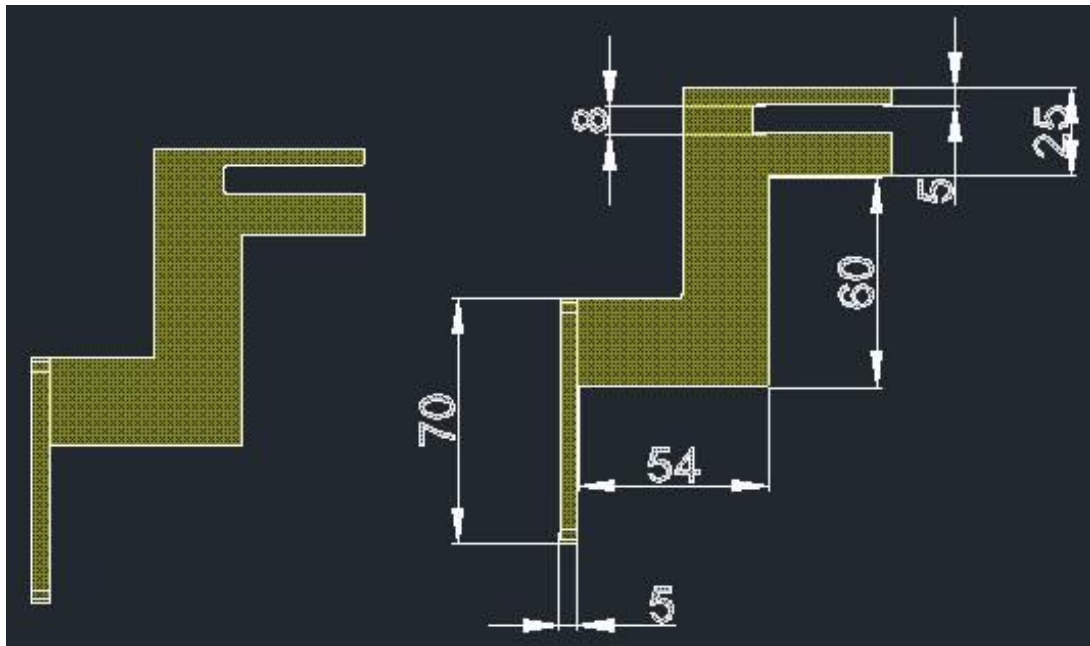


Figura 9. Plano de soporte para medición de juego centrífugo

Los detalles de las dimensiones de las figuras de los soportes se ubican en el ANEXO A

Una vez delimitadas las dimensiones de los elementos a construir se adquirió acero ASTM A36 en una platina de 5 mm de espesor por 25 mm de ancho con la cual se ejecutarán las labores de metalmecánica a fin de dar la forma deseada por el investigador. Adicionalmente acorde a los planos se usó una platina de 2 mm de espesor por 35 mm de ancho para la elaboración de un clip de sujeción para la base de soporte para medición de juego axial.

Conforme fue requerido se trazó, taladró, cortó, soldó y pulió las platina a fin de poseer los cuerpos deseados para los soportes de los palpadores.



Figura 10. Bases para los palpadores construidas

Al término de la construcción de las bases para los palpadores se procedió a ensamblar las bases y los palpadores previamente adquiridos en Castillo Hermanos, usando pernos de acero cromados de 11 mm para sujetar los palpadores a las bases así como para su uso en las articulaciones que las bases poseen.



Figura 11. Bases para palpador juego axial



Figura 12. Bases para palpador juego centrífugo



Figura 13. Bases para palpadores de elongación

3.4 Pruebas operacionales

Se efectuó las pruebas de los equipos a implementar y estos satisfacen las necesidades mostradas por las imágenes del Field Maintenance Manual del motor J-65, sin embargo fue evidente la necesidad de la adquisición de una caja apropiada para el almacenamiento de los elementos, orden y preservación de las herramientas; adicionalmente de dos llaves mixtas de 11 mm que acompañan al juego de herramientas.



Figura 14. Caja de herramientas especiales terminada

3.4.1 Parámetros y Tolerancias de los discos de turbina del motor J-65.

En esta ocasión se procedió a la comprobación de los parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor J-65 de la Unidad de Gestión de Tecnologías colocando uno de los palpadores en las posición axial, con lo cual se pretende comprobar y realizar las pruebas operacionales sobre la forma de utilización de los equipos y herramientas diseñados para realizar tal comprobación.

3.4.2 Comprobación de los parámetros y tolerancias del motor J-65 en juego axial.

Según el Field Maintenance Manual del motor J-65 se tiene que al colocar el comprobador de Parámetros y Tolerancias en la parte plana o frontal del disco de la turbina la Tolerancia máxima en movimiento o juego axial debe ser 0,020 pulgadas, es decir 0,508 mm y esto se calcula restando el resultado de la resta entre las mediciones inicial y final, las mismas que pueden ser en pulgadas o en este caso en milímetros tal como se muestra a continuación:

$$M.FINAL (mm) - M. INICIAL (mm) = TOLERANCIA EN LOS DISCOS (mm)$$

Tabla 4

Parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor j-65 del bloque 42 de la UGT en movimiento o juego axial y elongación.

NUMERACION O SERIE DEL ALABE	MEDICION INICIAL (mm)	MEDICION FINAL (mm)	TOLERANCIA EN LOS DE LOS DISCOS DE LA TURBINA DEL MOTOR J-65
696	0,36	2,26	1,9 mm
641	0,00	1,36	1,36 mm
650	0,10	1,18	1,08 mm
138	0,39	1,51	1,12 mm
631	0,81	1,86	1,05 mm




Figura 15. Comprobación de los Parámetros y Tolerancias en posición o juego axial.



Figura 16. Comprobación de los Parámetros y Tolerancias en elongación.

3.5 Manuales

Se desarrollaron dos manuales el primero de operación y el segundo de mantenimiento del equipo, teniendo en cuenta que el aspecto más importante de los mismos es el cumplimiento de las recomendaciones del fabricante y la instrucción del uso de herramientas especiales. Los manuales descritos a continuación se los almacenará en la caja de herramientas para evitar malos usos.

	MANUAL DE OPERACIÓN	UGT - ESPE
	COMPROBACIÓN PARÁMETROS Y TOLERANCIAS DE LOS DISCOS DE TURBINA DEL MOTOR J-65	CÓDIGO: MO-HET
		REVISIÓN N°: 01
	ELABORADO POR: Vega Miniguano Klever Javier	FECHA: Abril 2015
APROBADO POR: Tlgo. Alejandro Proaño	PAG: 1 DE 2	

1. Objetivo:

Documentar los procedimientos a seguir para la correcta comprobación de los parámetros y tolerancias de los discos de turbina del Motor J-65.

2. Alcance:

Proporcionar los pasos que se deben seguir para la operación del equipo.

3. Equipo de protección personal:



- **Ropa de protección.** Ésta no debe ofrecer peligro de engancharse o de ser atrapado por las piezas de las máquinas en movimiento. Tampoco deberán llevarse en los bolsillos, objetos afilados o con puntas, ni materiales explosivos o inflamables.
- **Guantes.** Su objetivo principal es proteger a las manos y los dedos de acuerdo a los riesgos a los cuales estemos expuestos y a la necesidad de

movimiento libre de los dedos, por lo tanto siempre deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.

- **Calzado.** Se utiliza para proteger los pies contra la humedad y sustancias calientes; superficies ásperas, caída de objetos y riesgo eléctrico, así como contra pisadas sobre objetos filosos y agudos.
- **Mascarilla.** Use un respirador para partículas con carbón activado para niveles molestos de vapores con partículas aceitosas y clip metálico ajustable a la nariz. Diseñado para trabajos de fundición, laboratorios, agricultura, industria petroquímica y trabajos de pintura a mano.


4. Normas de seguridad

- Utilizar el equipo de protección personal al operar el equipo.
- Seguir el procedimiento de operación de acuerdo al manual de operación.
- En caso de tener contacto directo con el combustible lávese con abundante agua.
- No abrir la válvula de llenado del tanque cuando este se encuentre presurizado y en operación.

5. Procedimiento de Operación

Proceda según lo estipulado en el Field Maintenance Manual ANEXO B.

Precaución: Manipular con extremo cuidado los palpadores evitando ejercer excesiva fuerza en los vástagos.

PAG: 2 DE 2		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	UGT - ESPE
	COMPROBACIÓN PARÁMETROS Y TOLERANCIAS DE LOS DISCOS DE TURBINA DEL MOTOR J-65	CÓDIGO: MM - HET
	ELABORADO POR: Vega Miniguano Klever Javier	REVISIÓN N°: 01
	APROBADO POR: Tlgo. Alejandro Proaño	FECHA: Abril 2015
		PAG: 1 DE 2

1. Objetivo:

Documentar los procedimientos a seguir para el mantenimiento de las herramientas para comprobación de parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor J-65.

2. Alcance:

Las prácticas consideradas en el presente manual, comprende el mantenimiento preventivo de las herramientas para comprobación de parámetros y tolerancias de los discos de turbina del motor J-65.

3. Equipo de protección personal



- Utilizar el equipo de protección personal al operar el equipo.
- Seguir el procedimiento de operación de acuerdo al manual de operación.
- En caso de tener contacto directo con las sustancias lávese con abundante agua.

4. Material fungible.

- Franela
- WD-40

5. Mantenimiento (mensual).

1. Limpie las partes externas utilizando una franela, retirando de esta manera cualquier agente contaminante.
2. Verifique la calibración de los palpadores y prográmela a tiempo de requerirse.
3. Compruebe que las partes móviles presenten libertad de movimiento, de no ser así, aplique WD-40 en pequeñas proporciones y limpie los excedentes.

3.6 Presupuesto

Los costos de este proyecto se justifican en la necesidad de construir las herramientas especiales para la comprobación de parámetros y tolerancias de los discos de turbina del Motor J-65 para la Unidad de Gestión de Tecnologías. Se cotizó cada uno de los materiales y componentes que se utilizaron llegando así a un monto total.

3.6.1 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Materiales estructurales)
- Material fungible
- Gastos secundarios (Material de Oficina)

3.6.2 Costo primario (Materiales estructurales)

Este rubro comprende a todos los materiales utilizados en la construcción de las herramientas especiales para la comprobación de parámetros y tolerancias de los discos de turbina del Motor J-65.

Tabla 5

Lista de costos de materiales primarios.

MATERIAL	UNIDADES	COSTO
Reloj Palpador	2 EA	60.00 USD
Bases Metálicas	3 EA	50.00 USD
Llaves 11 mm	2 EA	10.00 USD
Caja de Herramientas 24"	1 EA	200.00 USD
Field Maintenance Manual J-65	1 EA	240.00 USD

TOTAL 560.00 USD

3.6.3 Material fungible

Lista que se detalla los materiales donde intervienen los materiales que no son parte constitutiva del equipo.

Tabla 6

Lista de costos de materiales fungibles.

MATERIAL	COSTO
WD-40	10.00 USD
Material Absorbente	5.00 USD
Guantes de Nitrilo	15.00 USD
TOTAL	30.00 USD

3.6.4 Gastos secundarios (Material de Oficina)

Son gastos que intervienen en el desarrollo de parte teórica del proyecto de grado.

Tabla 7

Lista de gastos secundarios

MATERIAL	COSTO
Internet	50.00 USD
Transporte.	50.00 USD
Impresiones, copias del trabajo	80.00 USD
Empastados, Anillados y CD del proyecto	50.00 USD
TOTAL	230.00 USD

3.6.5 Total

Corresponde al gasto generado en la producción de las herramientas requeridas para efectuar las prácticas de mantenimiento en la comprobación de los parámetros y tolerancias de los discos de turbina de los Motores J-65 de la Unidad de Gestión de tecnologías

Tabla 8

Lista de gastos secundarios

DESCRIPCIÓN	COSTO
Costos Primarios	560.00 USD
Material Fungible	30.00 USD
Costos Secundarios	230.00 USD
TOTAL	820.00 USD

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se investigó los procedimientos a realizarse durante la tarea comprobación de parámetros y tolerancias de los motores J-65 acorde a lo establecido en el Field Maintenance Manual del fabricante.
- Se diseñó los planos de construcción y ensamblado mediante el software AutoCAD para que las herramientas cumplan con las formas y tamaños necesarios.
- Se adquirió los materiales para la construcción del equipo cumpliendo con las características de diseño del plano.
- Se ensambló los componentes siguiendo el diseño para la construcción del equipo.
- Se elaboró los instructivos de mantenimiento siguiendo los procedimientos del Field Maintenance Manual del motor J-65 descritas para la comprobación de los parámetros y tolerancias de los alabes de los discos de turbina.
- Se realizó las pruebas de funcionamiento la turbina disponible en el Bloque 42 y se verificó los parámetros con el equipo quedando en condiciones óptimas para su uso en el laboratorio de Motores JET.

4.2 Recomendaciones

- Utilizar los manuales de mantenimiento y operación para obtener una información autentica del motor J-65.
- Utilizar los elementos implementados para los fines de instrucción de mantenimiento en el uso de herramientas especiales para lo cual fue creado.

- Se debe cumplir estrictamente con los Manuales de operación y mantenimiento para un perfecto uso y evitar pérdidas de tiempo así como también daños al equipo.
- Incentivar estos proyectos para que se sigan implementando ya que son fundamentales para las tareas de mantenimiento con el uso de equipos y herramientas especiales, los mismos que ayudan a desarrollar destrezas con éxito generando profesionales holísticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerotecnología. (12 de junio de 2010). *Aerotecnología*. Recuperado el 15 de mayo de 2015, de <http://aerotecnologia.blogspot.com/2010/06/materiales-espaciales.html>
- Airliners. (15 de octubre de 2014). *Airliners*. Recuperado el 15 de abril de 2015, de <http://www.airliners.net/aviation-articles/read.main?id=166>
- Cros, W. (12 de junio de 2012). *Hermanos Wright*. Recuperado el 4 de mayo de 2015, de <http://nicoxcobrela.blogspot.com/>
- Fernandez, O. (julio de 2002). *Memorias del Tiempo de Vuelo* . Recuperado el 4 de mayo de 2015, de <http://www.pilotoviejo.com/>
- FAA. (2009). Handbook and Airplane Manual, Washington: (s.e.).
- Joaquin, A. (2003). Conocimiento General de la Aeronave. Performance y Planificación de Vuelo . España: Paraninfo.
- Martinez, J. (2006). Sistemas Eléctricos y Electrónicos de las Aeronaves. España : Paraninfo.
- Oñate, E. (2007). Conocimientos del Avión . España : Paraninfo.
- Rivas, A. G. (s.f.). Motores de Turbina de Gas (s.l.): (s.e.).
- Wright (1965). Field Maintenance Manual, Boston: (s.e.).

GLOSARIO

- ASTM: (American Society for Testing and Materials) Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
- AWS: (American Welding Society) Sociedad Americana de Soldadura
- FAA: Federal Aviation Administration.
- Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- ASTM: (American Society for Testing and Materials) Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
- AWS: (American Welding Society) Sociedad Americana de Soldadura.
- FAA: Federal Aviation Administration.
- Mantenimiento: Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.
- Sistema: Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.
- UGT: Unidad de Gestión de Tecnologías.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Planos de las herramientas

ANEXO B: Field Maintenance Manual J-65