



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE  
OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR MODELO  
GTP 30-54 DEL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 EN UN  
BANCO DE PRUEBAS EN EL BLOQUE 42 DE LA UNIDAD DE  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE”**

**AUTOR**

**KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**

**DIRECTOR**

**TLGO. ALEJANDRO PROAÑO**

**Trabajo de Graduación para la obtención del título de:  
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**LATACUNGA**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR MODELO GTP 30-54 DEL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 EN UN BANCO DE PRUEBAS EN EL BLOQUE 42 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE”** realizado por el señor **KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de Agosto del 2017

---

**TLGO. ALEJANDRO PROAÑO  
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**, con cédula de identidad N° 1717843310, declaro que este trabajo de titulación “**COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR MODELO GTP 30-54 DEL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 EN UN BANCO DE PRUEBAS EN EL BLOQUE 42 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE** ”ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Latacunga, 14 de Agosto del 2017

---

**KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**

**C.I: 1717843310**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR MODELO GTP 30-54 DEL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 EN UN BANCO DE PRUEBAS EN EL BLOQUE 42 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 14 de Agosto del 2017

---

**KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**

**C.I: 1717843310**

## DEDICATORIA

A Dios por guiarme a lo largo del camino desde el momento que comenzó estos estudios superiores hasta hoy su finalización, por esos momentos de frustración y sufrimiento, por toda la paciencia y fuerzas para lograr mi objetivo y por siempre llevarme con bien a todo lugar.

A mi madre Elsa Mazón desde que vi la luz y me a arrullara cariñosa entre sus brazos por siempre apoyarme en todos los proyectos y circunstancias de la vida, en los buenos y malos momentos, con sus consejos, sus experiencias, sus valores y sobre todo por todo el infinito amor que me ha brindado cada día y para mí ha sido un privilegio ser su primogénito.

A mi hermana Karla por ser una excelente hermana mayor por siempre estar ahí para cuidándome, preocupándose cada momento, por escucharme y ser mi confidente en muchas ocasiones.

A mi maestro Talgo. Alejandro Proaño por estar desde el principio de esta carrera universitaria hasta la culminación con el proyecto final, por siempre dedicar tiempo en ayudarme y por brindar su amistad.

A todos mis amigos que me brindaron fuerzas para seguir adelante, aconsejarme en momentos de duda y por la mejor etapa de mi vida gracias Alfredo, Camus, Daniel, Joel, Chocho, Apolo, El alejo Mayra por compartir buenos y malos momentos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud, fuerza y sabiduría en todo momento. A todos mis maestros por enseñarme y guiarme en toda esta carrera. A la vida por ponernos a las personas indicadas, a todos familiares y amigos que han estado a lo largo de mi vida y el más grande agradecimiento a mi Madre Elsa Mazón por darme lo necesario para salir adelante en la vida, protegerme en todo momento y sobre todo por brindarme siempre cariño y amor.

KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I .....	1
EL TEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.5 ALCANCE .....	4
CAPITULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Historia de las APU .....	5
2.2 Descripción y operación del motor GARRETT GTP 30-54.....	6
2.2.1 Especificaciones técnicas.....	7
2.3 Descripción de los componentes.....	8
2.3.1 Cámara de combustión .....	8

2.3.2 Sistema de lubricación .....	9
2.3.3 Sensor de aire ambiental.....	10
2.3.4 Sistema de Indicación .....	11
2.3.5 Temperatura de gases de escape.....	11
2.3.6 Generador tacómetro .....	11
2.3.7 Contador de horas.....	12
2.3.8 Sistema de Ignición .....	13
2.4 Sistema de combustible y operación del motor GTP 30-54.....	14
2.5 Sellador de combustible tipo PRC – CS 3204 –A.....	17
CAPÍTULO III .....	18
DESARROLLO DEL TEMA .....	18
3.1 Requerimientos del banco de pruebas.....	18
3.2 Desmontaje e inspección de la unidad e potencia auxiliar. ....	24
3.3 Implementación del sistema de combustible .....	29
3.3.1 Bomba de combustible .....	29
3.3.2 Tanque de combustible .....	36
3.3.3 Tuberías y acoples del sistema de combustible .....	44
3.3.4 Filtro de combustible .....	46
3.4 Implementación del sistema eléctrico.....	46
3.4.1 Inspección del arnés y conexiones eléctricas de la APU GTP 30-54 .....	46
3.4.2 Controlador de paso eléctrico (Bobina industrial).....	48
3.5 Sistema de ignición y arranque .....	50
3.5.1 Caja de encendido o Excitador.....	50
3.5.2 Encendedor o bujía .....	51
3.5.3 Generador arrancador .....	52
3.6 Sistema de lubricación .....	53
3.7 Implementación de instrumentos del motor y tablero de control .....	56

3.7.1 Instrumento de temperatura de gases de escape. ....	61
3.8 Montantes del motor.....	63
3.9 Costos .....	67
CAPITULO VI.....	68
4.1 Conclusiones.....	68
4.2 Recomendaciones.....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	70
ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Especificaciones Técnicas .....	7
<b>Tabla 2</b> REQUERIMIENTOS DE CHEQUEO GENERAL DEL SISTEMA.....	27
<b>Tabla 3</b> Especificación técnica de la bobina de encendido.....	48
<b>Tabla 4</b> Costos Primarios.....	67
<b>Tabla 5</b> Costos Secundarios.....	67
<b>Tabla 6</b> Costo Total.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> PB31E Nighthawk.....	5
<b>Figura 2.</b> Boeing 727 .....	6
<b>Figura 3.</b> Estructura de una turbina plenum. ....	8
<b>Figura 4.</b> Cámara de combustión. ....	8
<b>Figura 5.</b> Sistema de aceite .....	9
<b>Figura 6.</b> Sistema de lubricación. ....	10
<b>Figura 7.</b> Posición de sensor .....	10
<b>Figura 8.</b> Generador tacómetro .....	12
<b>Figura 9.</b> Tacómetro analógico. (Imagen 2.14).....	12
<b>Figura 10.</b> Posición de indicadores en el motor.....	13
<b>Figura 11.</b> Componentes del sistema de ignición. ....	14
<b>Figura 12.</b> Sistema de combustible. ....	15
<b>Figura 13.</b> Gobernador. ....	16
<b>Figura 14.</b> Gobernador tipo flyweigth.....	17
<b>Figura 15.</b> Diseño esquemático de la estructura metálica. ....	18
<b>Figura 16.</b> Banco de pruebas al 60 %en FUSION 360 .....	18
<b>Figura 17.</b> Banco de pruebas al 100% en FUSION 360 .....	19
<b>Figura 18.</b> Simulaciones de tensión en FUSION 360 .....	19
<b>Figura 19.</b> Simulación de factor de seguridad en FUSION 360 .....	20
<b>Figura 20.</b> Medidas y lineamiento de cortes .....	21
<b>Figura 21.</b> Montaje parcial .....	22
<b>Figura 22.</b> Corte realizado con amoladora eléctrica .....	22
<b>Figura 23.</b> Eliminación de residuos de suelda con esmeril.....	22
<b>Figura 24.</b> Eliminación de impurezas con amoladora eléctrica manual. ....	23
<b>Figura 25.</b> Estructura para tablero de control. ....	23
<b>Figura 26.</b> Extracción de capota protectora.....	24
<b>Figura 27.</b> APU montada en la aeronave. ....	25
<b>Figura 28.</b> Unidad de potencia auxiliar sin la capota protectora .....	25
<b>Figura 29.</b> Puntos de anclaje del APU.....	26
<b>Figura 30.</b> Colocación de APU en mesa de inspección.....	26
<b>Figura 31.</b> Bomba de combustible marca PEPSCO .....	30
<b>Figura 32.</b> Extracción de la válvula de drenaje y malla protectora.....	30

<b>Figura 33.</b> Desajuste de los pernos de la base.....	31
<b>Figura 34.</b> Empaque deteriorado .....	31
<b>Figura 35.</b> Conexiones eléctricas sin aislante.....	32
<b>Figura 36.</b> Turbina interior de la bomba de combustible.....	32
<b>Figura 37.</b> Extracción de tapas de inspección. ....	33
<b>Figura 38.</b> Extracción de tapas de acceso a la bomba de combustible. ....	33
<b>Figura 39.</b> Limpieza de partes. ....	34
<b>Figura 40.</b> Cambio de empaques .....	34
<b>Figura 41.</b> Ensamblaje de componentes. ....	35
<b>Figura 42.</b> Cambio de conexiones eléctricas .....	35
<b>Figura 43.</b> Tanque de combustible .....	36
<b>Figura 44.</b> Inspección visual externa e interna del tanque de combustible.....	36
<b>Figura 45.</b> Inspección interna de componentes del tanque de combustible .....	37
<b>Figura 46.</b> Bomba de combustible montada parte interna. ....	37
<b>Figura 47.</b> Tanque de combustible limpio .....	38
<b>Figura 48.</b> Colocación de empaque nuevo .....	38
<b>Figura 49.</b> Montaje de la bomba de combustible .....	39
<b>Figura 50.</b> Colocación de empaques nuevos en la válvula de drenaje. ....	39
<b>Figura 51.</b> Válvula de drenaje ensamblaje en la bomba.....	40
<b>Figura 52.</b> PRC - CS-3204 A .....	41
<b>Figura 53.</b> Colocación de PRC - CS-3204 A.....	41
<b>Figura 54.</b> Secado con lámparas de calor. ....	42
<b>Figura 55.</b> Fuga de combustible en el secado. ....	42
<b>Figura 56.</b> Elementos de sujeción para bomba de combustible. ....	42
<b>Figura 57.</b> Tanque con bomba de combustible (sin empaques).....	43
<b>Figura 58.</b> Colocación de empaques y pegamento anti fugas.....	43
<b>Figura 59.</b> Sellador marca SILKAFLEX 256 .....	44
<b>Figura 60.</b> Colocación de la bomba de combustible. ....	44
<b>Figura 61.</b> Sistema de distribución de combustible .....	45
<b>Figura 62.</b> Llave de apertura del sistema .....	45
<b>Figura 63.</b> Inspección visual del sistema original en la aeronave .....	46
<b>Figura 64.</b> Conexión de alimentación energía. ....	47
<b>Figura 65.</b> Diagrama eléctrico del motor GTP 30-54 .....	47
<b>Figura 66.</b> Conexión provisional de la bobina industrial .....	49

<b>Figura 67.</b> Pruebas de funcionamiento de la bobina industrial .....	49
<b>Figura 68.</b> Generador de chispa ubicado en el APU .....	50
<b>Figura 69.</b> Pruebas de funcionamiento Con una fuente de 12 vdc. ....	50
<b>Figura 70.</b> Desarmado de la bujía en la tapa de la cámara de combustión. ....	51
<b>Figura 71.</b> Generador de la unidad de potencia auxiliar .....	52
<b>Figura 72.</b> Conexiones del generador .....	53
<b>Figura 73.</b> Verificación del aceite antes del cambio.....	53
<b>Figura 74.</b> Drenaje de aceite .....	54
<b>Figura 75.</b> Orifios en latas de aceite .....	55
<b>Figura 76.</b> Colocación de aceite en el sumidero del motor.....	55
<b>Figura 77.</b> Verificación de cantidad de aceite después del cambio. ....	56
<b>Figura 78.</b> Entorchado de tapa medidora y tapón de drenaje.....	56
<b>Figura 79.</b> Previa visualización de componentes en el tablero de control .....	57
<b>Figura 80.</b> Orifios con la broca de ¼” de pulgada .....	58
<b>Figura 81.</b> Orifios con el sacabocados de 54 mm .....	58
<b>Figura 82.</b> Previa Visualización del tablero.....	58
<b>Figura 83.</b> Colocación de los elementos en el panel. ....	59
<b>Figura 84.</b> Barra de alimentación de energía.....	59
<b>Figura 85.</b> Colocación de la barra de alimentación.....	60
<b>Figura 86.</b> Primeras conexiones de la barra al tablero de instrumentos.....	60
<b>Figura 87.</b> Tablero de instrumentos y control del sistema. ....	61
<b>Figura 88.</b> Programación en ARDUINO para el instrumento de indicación. ....	61
<b>Figura 89.</b> Instrumento en funcionamiento .....	62
<b>Figura 90.</b> Instrumento colocado en el tablero.....	62
<b>Figura 91.</b> Instrumento con su alimentación de energía externa .....	63
<b>Figura 92.</b> Datos del manual de operación para la conexión de instrumentos. ...	63
<b>Figura 93.</b> Esquemático de los montantes .....	64
<b>Figura 94.</b> Simulación de factor de seguridad en FUSION 360 .....	64
<b>Figura 95.</b> Simulación de tensión en FUSION 360 .....	64
<b>Figura 96.</b> Segunda simulación de tensión en FUSION 360 .....	65
<b>Figura 97.</b> Objeto en vista posterior del montante en FUSION 360.....	65
<b>Figura 98.</b> Objeto en vista frontal del montante en FUSION 360.....	66
<b>Figura 99.</b> Prueba de montantes sujetos al motor GTP 30-54 vista lateral .....	66
<b>Figura 100.</b> Prueba de montantes sujetos al motor GTP 30-54 vista frontal .....	66

## RESUMEN

El contenido del texto a continuación representa la investigación desarrollada en base a la necesidad de gestionar equipos operativos que se puedan emplear en la formación de los futuros tecnólogos de la Unidad de Gestión de Tecnologías para la Carrera de Mecánica Aeronáutica, es por esto que se analizó la posibilidad de poner en funcionamiento la Unidad de Potencia Auxiliar modelo GTP 30-54 del fabricante Garrett, la cual se encontraba en desuso en los laboratorios del Bloque 42. Al encontrar que el equipo poseía las certificaciones de trazabilidad se vio factible su encendido; se debía en primera instancia determinar el funcionamiento del mencionado equipo con una investigación documental, desarrollada con los manuales de mantenimiento del fabricante. Los soportes estructurales fueron creados con un software de diseño asistido por computador, para asegurar en base a una simulación que el equipo soportaría el peso y las vibraciones que producirá la Unidad de potencia auxiliar en funcionamiento. Una vez que se completó el banco de soporte, se desarrolló la implementación de un nuevo conjunto de arnés eléctrico tomando como base el Manual de diagrama de cableado para implementar las nuevas conexiones eléctricas requeridas. Se aprovechó también una fuente de suministro eléctrico propio del avión escuela, que permite que los 28 voltios de corriente continua sean entregados por un puerto de conexión rápida. Para finalizar, se implementaron nuevos instrumentos que permiten visualizar los parámetros de operación del equipo cuando se ejecuta el encendido de la unidad del generador de gases.

### PALABRAS CLAVE

- GTP 30-54
- Cableado
- Unidad de Potencia Auxiliar
- Mantenimiento
- Instrumentos

## ABSTRACT

The content of the text below represents the developed research based on the need to manage operating equipment that can be used in the training of future technologists from Unidad de Gestión de Tecnologías of Aeronautical Mechanics Career. For this reason, the possibility of putting into operation the Auxiliary Power Unit model GTP 30-54 of the manufacturer Garrett was analyzed, which was in disuse in the laboratories of Block 42. Finding that the equipment possessed the traceability certifications its ignition was feasible; however, it was necessary to determine the operation of the mentioned equipment with a documentary investigation, developed with the maintenance manuals of the manufacturer. The structural supports were created with a computer-aided design software to ensure that the equipment would withstand the weight and vibrations that the APU will produce based on a simulation done before. Once the construction of the support bench was completed, the implementation of a new electrical harness was developed, based on the Wiring Diagram Manual to implement the new electrical connections required. It also took advantage of the fact that the school plane owns a power source that allows the 28 volts of direct current to be delivered by a fast connection port. To conclude, new instruments were implemented to visualize the operation parameters of the equipment when the ignition of the gas generator unit is executed.

## KEYWORDS

- GTP 30-54
- Wiring
- Auxiliary Power Unit
- Maintenance
- Instruments

Checked by: Lic. Yolanda Santos E.

DOCENTE UGT

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

“Comprobación de los parámetros de operación de la unidad de potencia auxiliar modelo GTP 30-54 del avión escuela Fairchild FH-227 en un banco de pruebas en el bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE.”

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, es un centro de instrucción de aeronáutica civil público, que se dedica a capacitar a la sociedad ecuatoriana en el campo aeronáutico para quienes deseen hacer la vida de la aviación su campo laboral, proporcionándoles una enseñanza técnica y profesional del más alto nivel, generando así el crecimiento sólido y sostenido de la aviación en el Ecuador y su evolución. La institución está ubicada en la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi cuenta con laboratorios, talleres y aviones escuela en sus instalaciones.

Con el banco de prueba implementado se puede monitorear de una manera exacta las variables de operación de la APU como son:... temperatura, y velocidad de rotación del compresor, permitiendo al operador tener datos confiables para el posterior análisis y mantenimiento de la APU. (Javier Curay y Stalin Quishpe, Escuela Politécnica Nacional, 2014) es por esta razón que crear un equipo con las capacidades mencionadas permite no solo la operación del APU sino también el pleno conocimiento de sus parámetros de funcionamiento para el estudiante de la carrera.

La construcción de un banco de prueba para generadores arrancadores con las características que requieren las aeronaves, es necesaria por la utilidad que brinda; con lo que se consigue mejorar las condiciones financieras, laborales y de tiempo. (Andrea Escobar y Bassante Victor, Universidad de las fuerza armadas, 2016); al implementar bancos de pruebas reducirá el tiempo de aprendizaje para los estudiantes y poder aprovecharlo en adquirir otros conocimientos y tecnologías en las unidades de potencia de última generación, así también se brinda la oportunidad de operar una unidad de potencia auxiliar en un ambiente

controlado y bajo la supervisión del personal técnico experimentado que será guía para ejecutar las prácticas en el banco de pruebas.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A fin de brindar el servicio de Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil amparada bajo RDAC 147, el entrenamiento en aéreas de mantenimiento aeronáutico, posee laboratorios equipados con múltiples elementos y un personal capacitado y habilitado para instruir a la nueva generación de técnicos en mantenimiento aeronáutico, no obstante al momento de dictarlas clases de Unidad de Potencia Auxiliar, solamente se realiza con material audiovisual y teórico, pues el establecimiento no cuenta con equipos funcionales para este tipo de cátedra.

En virtud de la necesidad expuesta y aprovechando la existencia del avión escuela modelo Fairchild FH-227 mismo que posee una Unidad de Potencia Auxiliar tipo GTP 30-54, es posible emplear estos recursos cuyo potencial no ha sido explotado como parte de la formación de nuevos técnicos creando un banco de pruebas para observar y cuantificar los parámetros de funcionamiento del mismo, constituyéndose en un elemento de vital importancia para instrucción de estos sistemas.

De no desarrollarse la creación del banco de pruebas para la Unidad de Potencia Auxiliar en la Unidad de Gestión de Tecnologías, se producirá un desconocimiento de la funcionalidad en condiciones reales y los diferentes parámetros a los cuales está sujeto el APU, y los estudiantes que se preparan en las aulas de esta prestigiosa institución no podrán adquirir las actitudes y destrezas que se necesitan en la industria aeronáutica actual pues la mayoría de aeronaves cuentan con estos sistemas que requieren de una cuidadosa operación y supervisión al momento de la preparación en línea de vuelo por parte del personal de mantenimiento.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo del trabajo de titulación beneficiará a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica pues pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en el aula, desarrollando habilidades y destrezas de igual manera el personal docente incrementará sus conocimientos para brindar un adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje pues contará con nuevo material de instrucción, lo que permite cumplir con la oferta académica.

La Unidad de Gestión de Tecnologías –ESPE consta con un estatus académico muy alto por lo cual poseer laboratorios bien equipados para que los estudiantes y el personal docente desarrolle habilidades y destrezas en la manipulación de estos equipos y máquinas que hoy en día se encuentran en el campo aeronáutico, consiguiendo con ello salvaguardar el alto nivel académico de sus graduados y facilitar su introducción en el campo laboral de la industria aeronáutica.

Este proyecto es posible crearlo puesto que en la Unidad de Gestión de Tecnologías poseen todos los recursos tecnológicos necesarios, elementos, equipos y herramientas para poder llegar al objetivo general haciendo uso de las capacidades, aptitudes y destrezas adquiridas al transcurso del proceso educativo en esta prestigiosa institución.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Comprobar los parámetros de operación de la unidad de potencia auxiliar GARRETT modelo GTP 30-54 del avión escuela Fairchild FH-227 con número de serie P-23513 en un banco de pruebas en el bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las características que posee la unidad de potencia auxiliar Garrett modelo GTP 30-54 con número de serie P-23513 del avión escuela Fairchild FH – 227 acorde a las descripciones encontradas en el manual del fabricante.
- Implementar los instrumentos de medición de RPM, EGT, voltaje y contador de horas de la Unidad de Potencia Auxiliar.
- Desarrollar las tareas de comprobación de los parámetros del APU bajo la supervisión de los profesores afines al área, y un manual para la operacional del equipo construido.

### 1.5 ALCANCE

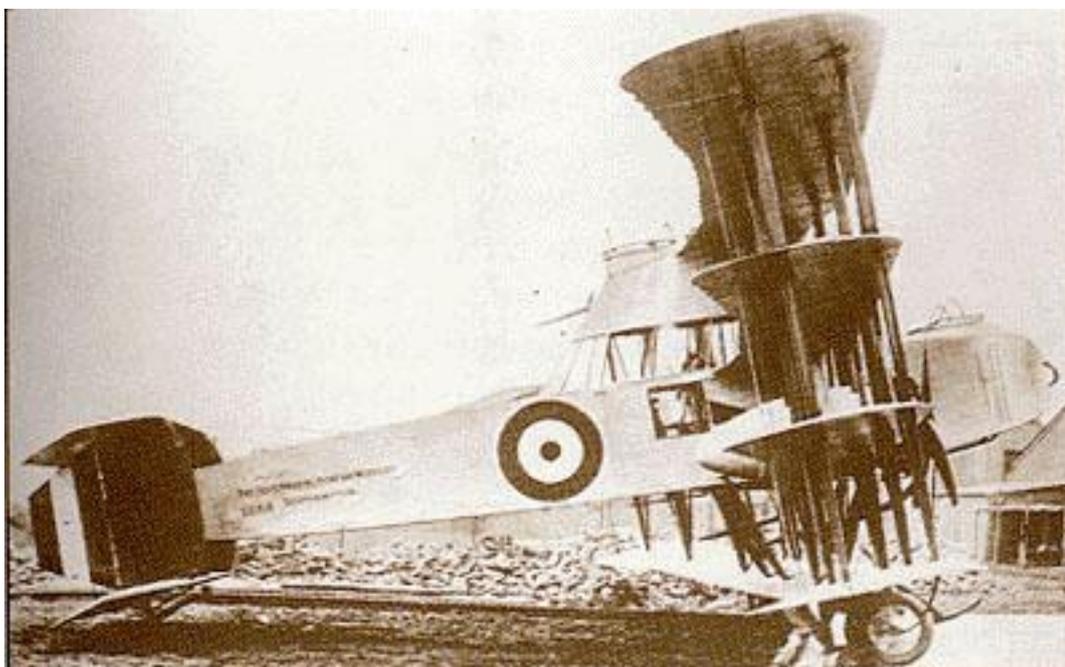
Este proyecto está dirigido a la carrera de mecánica aeronáutica Mención motores de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, para la potenciación de los laboratorios, brindando a los estudiantes y docentes, equipos y maquinas donde puedan desarrollar habilidades y destrezas en la utilización de estos dispositivos, de manera que a través de las practicas se consiga adquirir la experiencia, para desempeñarse de la mejor manera en el ámbito laboral, logrando contar con profesionales altamente capacitados y competitivos, que contribuyan con el desarrollo del país.

El presente trabajo corresponde a la implementación un banco de pruebas para la unidad de potencia auxiliar modelo GTP 30-54 del avión escuela Fairchild FH-227 que se llevará a cabo empleando un sistema de combustible independiente, y un tablero de control logrando con esto mejorar el proceso de aprendizaje, a través de guías de funcionamiento de APU.

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Historia de las APU

En 1917 en el reino unido el inventor Pembertonbiling construyo un prototipo de aeronave de guerra llamado **PB31ENighthawk** el cual era utilizado para destruir zeppelin esta aeronave fue la primera en llevar una unidad e potencia auxiliar la cual funcionaba a base de gasolina el cual para alimentaba el radio de comunicaciones para enviar mensajes de emergencia, fue fabricado por ABC motors.



**Figura 1** PB31E Nighthawk

**Fuente:**(PEMBERTON, 2014)

En aviación comercial el primer avión con APU fue el enigmático Boeing 727 en 1963 fue el primer avión con motores a reacción en tener este equipo el cual alimentaba a sistemas completos de la aeronave como son sistema de arranque, sistema de comunicación, sistema de control , y otros.



**Figura 2** Boeing 727

**Fuente:**(Inform, 2012)

La creación de las aeronaves Fairchild F-27 comenzó en el año de 1952, fue creada como una aeronave civil de primera clase la cual podía llevar 52 pasajeros en distancias de hasta 2600 kilómetros de distancia. Este avión cuenta con dos motores turbohélice marca Rolls Royce Dart 532-7L con una velocidad crucero de 435 km/h.

Esta aeronave cuenta con una unidad de potencia auxiliar marca Garret GTP 30-54 el cual es un motor tipo centrífugo ubicado en la parte posterior del motor número 1. La alimentación de combustible es por medio de los tanques principales de la aeronave la cual usa JP-1. Este equipo alimenta a los principales sistemas eléctricos de la aeronave pues al momento del encendido y operación el motor Garrett 30-54 provee de 24 voltios y 600 Amperios para abastecer a los motores principales.

## **2.2 Descripción y operación del motor GARRETT GTP 30-54**

Este motor turbina de gas consiste en un caja de accesorios, un compresor y conjunto de turbina giratoria, componentes de la cámara de combustión, sistema de lubricación, sistema de combustible y un sistema eléctrico. La caja de accesorios consiste en un tren de engranajes de reducción conectada a una caja de accesorios las cuales necesitan rpm requeridas para el funcionamiento. En el conjunto de carcasa se encuentra incorporado un sumidero de aceite integrado. El conjunto rotativo consiste en un impulsor de compresor de una sola etapa y una

rueda de turbina de una sola etapa montada en un eje común y soportado por cojines de bolas encerrados en un transportador. Un eje de torsión conecta el eje de la turbina del compresor con el tren de engranajes. El impulsor del compresor y la rueda de la turbina están separados por un conjunto de sello. El impulsor del compresor está encerrado por una carcasa del difusor y una cámara de entrada.

### 2.2.1 Especificaciones técnicas

En el manual de mantenimiento obtenido del fabricante GARRETT muestra los diferentes porcentajes que debe operar el motor auxiliar GTP 30-54 y se detalla a continuación:

**Tabla 1**

#### Especificaciones Técnicas

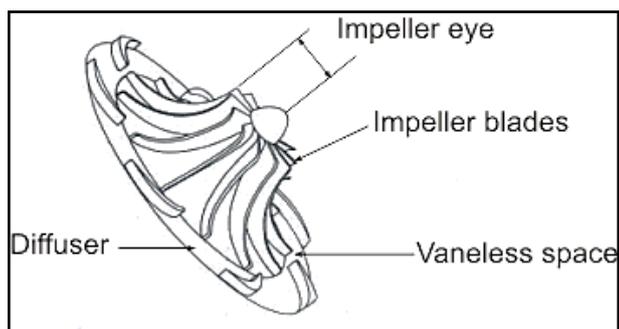
PARÁMETRO	VALOR
<b>A) Dimensiones del motor</b>	
Largo	24 pulgadas
Ancho	15 pulgadas
Alto	27 pulgadas
Peso	84 libras aproximadamente
<b>B) Sistema de combustible</b>	
Combustible utilizado	JP -1 (-54 °C a 54°C)
Presión del sistema	5 a 20 PSI +/- 2 psi
Consumo de combustible	76 phrmax
<b>C) Valoraciones del motor</b>	
Velocidad del rotor ( No cargado , inicial)	54.300 rpm Max
Velocidad del rotor ( permitido )	58.000 rpm
Velocidad del rotor ( estimado )	52.300 +/- 200 rpm
output shaft	8000 rpm
<b>D) Tiempo de encendido del motor</b>	0 a 54.300 rpm de 8 seg hasta 15 seg
<b>E) Temperatura del motor</b>	
Aire de entrada	Temperatura ambiente
Gases de escape (inicial)	232 °C
Gases de escape (máxima potencia )	732°C
<b>F) Sistema eléctrico</b>	
Poder de encendido	24 VDC , 500 amp ( 800 ampmax)
Poder de operación	24 vdc 10 amp
<b>G) Sistema de lubricación</b>	
Capacidad de aceite	2.0 qts
Consumo de aceite	0.15 lb/ hrmax
Presión de aceite	32.5 +/- 2.5 psi min
Tipo de aceite	Turbo oil 2380 (-40 °C a 54°C)

Fuente:(The Garrett Corporation, 1964)

## 2.3 Descripción de los componentes

### 2.3.1 Cámara de combustión

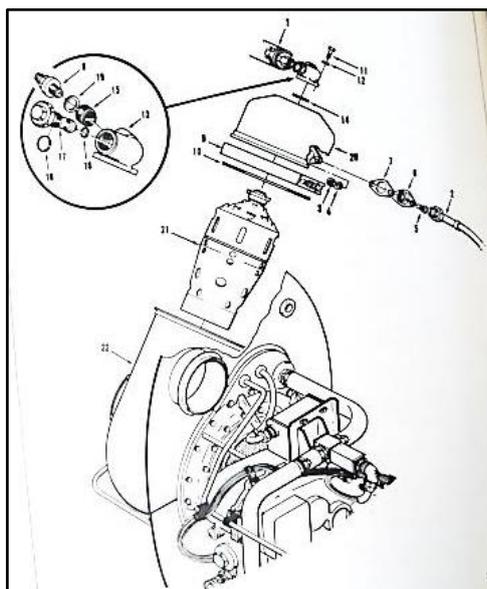
La cámara de combustión está formada por partes integrales de la turbina plenum (impulsor y difusor), este elemento tiene la tarea de incrementar la presión y velocidad del aire y enviarla en línea recta sin turbulencia hacia la cámara para que se realice el proceso de combustión efectivo.



**Figura 3** Estructura de una turbina plenum.

**Fuente:**(Maaz, 2016)

En la parte superior de la cubierta de la cámara de combustión se encuentra el atomizador de combustible en el centro de la estructura. A un costado se encuentra la bujía de encendido del sistema de ignición.

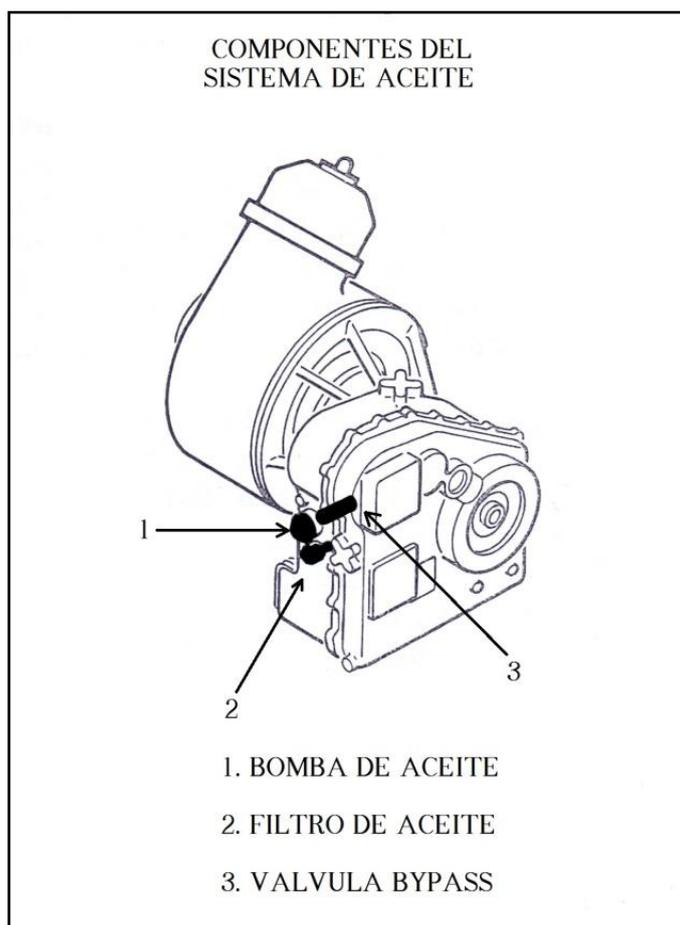


**Figura 4** Cámara de combustión.

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

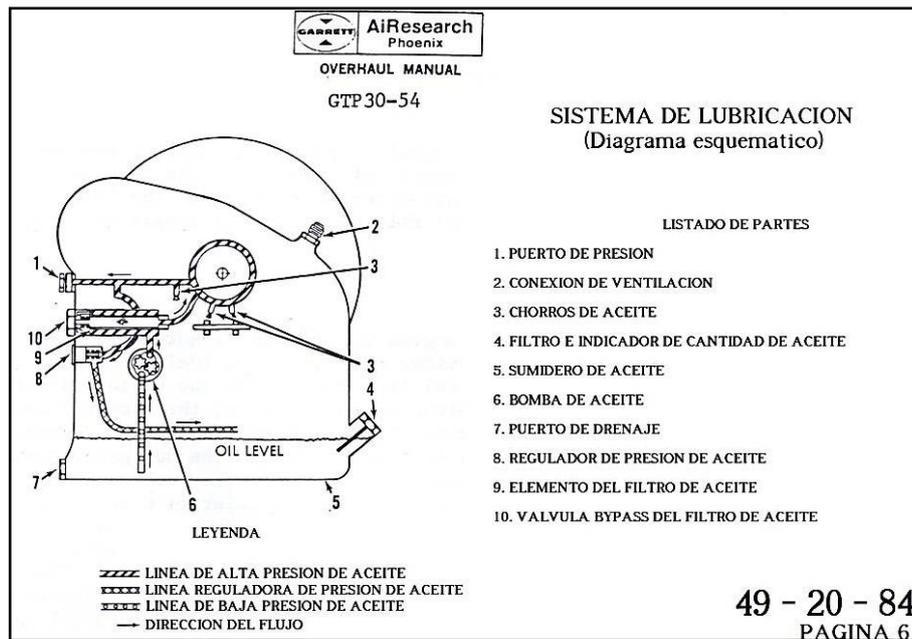
### 2.3.2 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación es completamente contenido dentro de la carcasa del motor en la parte inferior. Este sistema está provisto por un sumidero de aceite incorporado por aletas fundidas en el área del sumidero para el enfriamiento de aceite. El filtro de aceite está conectado directamente en la carcasa en el conjunto de la tapa con varilla medidora. El conjunto de la bomba de aceite a presión es de dos engranajes el cual está montado dentro de la carcasa del engranaje y es accionado por un engranaje conectado al conjunto de engranajes. La bomba suministra lubricación presurizada a través de chorros a los dos cojinetes en el conjunto giratorio, los cojinetes del piñón y el conjunto de engranaje. Un filtro de aceite filtra todo el aceite entregado a los chorros. Una válvula de alivio tipo resorte montada en la caja del engranaje adyacente al filtro proporciona flujo de aceite si los filtros están obstruidos.



**Figura 5** Sistema de aceite

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

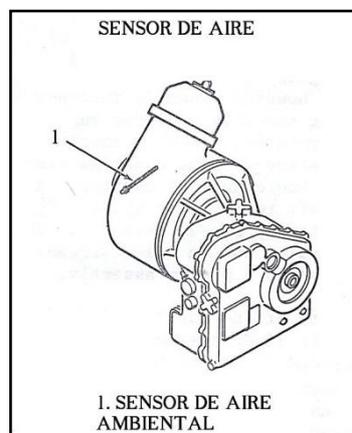


**Figura 6** Sistema de lubricación.

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

### 2.3.3 Sensor de aire ambiental

Para el funcionamiento óptimo del motor GTP 30-54 utiliza el aire ambiental para regular y controlar las revoluciones por minuto y el control de combustible al momento del encendido puesto que este motor no tiene un acelerador manual todo su control de velocidad es controlado y regulado por el gobernador del sistema de combustible el cual necesita los datos de presión atmosférica para su inyección de combustible hacia la cámara de combustión.



**Figura 7** Posición de sensor

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

Este sensor está ubicado en la parte de la sección de escape el cual está expuesto al calor generado por la expulsión de gases de escape por lo tanto de debe tener precaución y cuidado con el manejo de este sensor, verificar que este libre carbono, impurezas ambientales y otros materiales expulsados por la combustión de la operación del motor. Se debe inspeccionar por lo menos al finalizar dos ciclos de vuelo.

#### **2.3.4 Sistema de Indicación**

Para el sistema de indicación del motor GTP 30-54 toma los datos de temperatura de gases de salida de la combustión con una termocupla tipo K de aluminio - cromo, revoluciones por minuto que gira el eje principal de la turbina con un generador tacómetro, el control de funcionamiento es indicado por un cuenta horas electromecánico el cual está conectando a las barra de alimentación primaria y tierra para cerrar el circuito.

#### **2.3.5 Temperatura de gases de escape**

Para el sistema de indicación del motor tipo GTP 30-54 se utiliza la medición de temperatura de gases de escape con una termocupla tipo K sensible al calor manufacturada de cromo y aluminio en su interior la cual al contacto del calor y su variación emite una señal eléctrica en mili voltios, para la transformación de esta señal producida por la termocupla el instrumento debe tener un circuito de amplificación que convierta los mili voltios en 5 voltios para su lectura en el instrumento. Su conexión está compuesta de un blindaje térmico metálico para que esta no sufra de daños por el calor excesivo que pueda darse en la cámara de combustión al momento del funcionamiento normal del motor.

#### **2.3.6 Generador tacómetro**

El generador tacómetro es un instrumento el cual genera una señal eléctrica a medida de la rotación del eje de la turbina, este voltaje generado es captado por el tacómetro y este transforma de una señal eléctrica a una indicación análoga en su pantalla. Se alimenta con 24 Voltios de corriente continua y el

elemento sensor el cual está formado de imanes que con el movimiento rotacional del eje motriz crea un campo magnético el cual genera la señal eléctrica y a su vez la indicación en el instrumento. Es muy importante que este instrumento funcione correctamente pues que es el indicador de velocidad de rotación del eje el cual se usa para el encendido y utilizando el porcentaje de revoluciones por minuto (RPM).



**Figura 8** Generador tacómetro



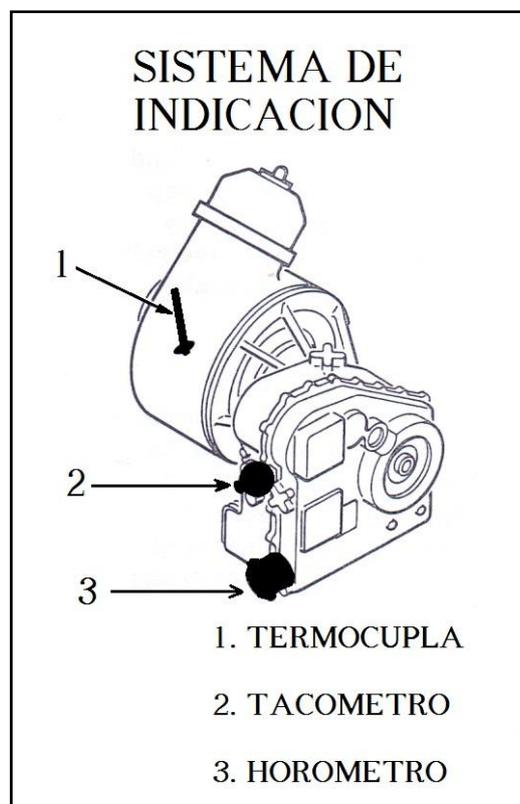
**Figura 9** Tacómetro analógico. (Imagen 2.14)

### 2.3.7 Contador de horas

Este instrumento se conecta a la barra principal de alimentación pues al momento que se energiza el sistema el contador de horas entra en funcionamiento. Es alimentado con 24 voltios de corriente directa, este

instrumento en su indicador principal de totaliza las horas de funcionamiento del equipo y rango de apreciación es de 1/10 de hora, esta información es imperativa llevar estricto control para:

- Cambio de lubricantes.
- Inspecciones periódicas del motor.
- Inspecciones del cableado eléctrico.
- Control de funcionamiento de sistemas principales.
- Mantenimientos del motor e instrumentos de medición.



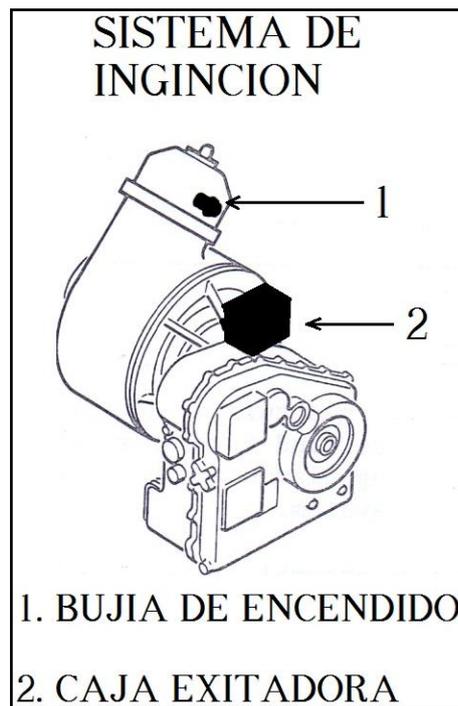
**Figura 10** Posición de indicadores en el motor

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

### 2.3.8 Sistema de Ignición

El sistema de ignición está compuesto por una caja excitadora y un encendedor o bujía la cual da el chispazo y el calor que es necesaria para encender la mezcla aire combustible. La caja excitadora en su interior está

equipada con una resistencia de seguridad que por cualquier circunstancia la operación sea confiable y sin fallas. Una corriente alterna alimenta las bobinas internas de la caja excitadora a través de un transformador rectificador de señal para cargar un condensador, cuando el condensador llega a su nivel máximo de carga este envía un impulso a una unidad con un mecanismo ruptor la cual abre el paso de corriente hacia a bujía este dispositivo protege al sistema de variaciones y saltos de energía.

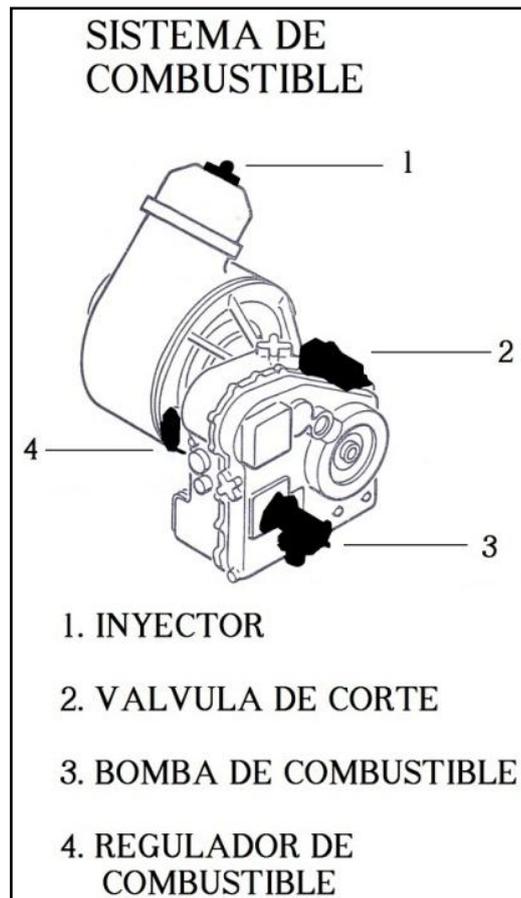


**Figura 11** Componentes del sistema de ignición.

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

#### **2.4 Sistema de combustible y operación del motor GTP 30-54**

Para la operación de este motor en específico su sistema de combustible debe tener funciones primordiales las cuales se van a adaptarse a los principales elementos en todo este sistema para no perder la presión de combustible en ningún momento, a continuación se especifica el funcionamiento del sistema de operación y control de esta planta motriz.



**Figura 12** Sistema de combustible.

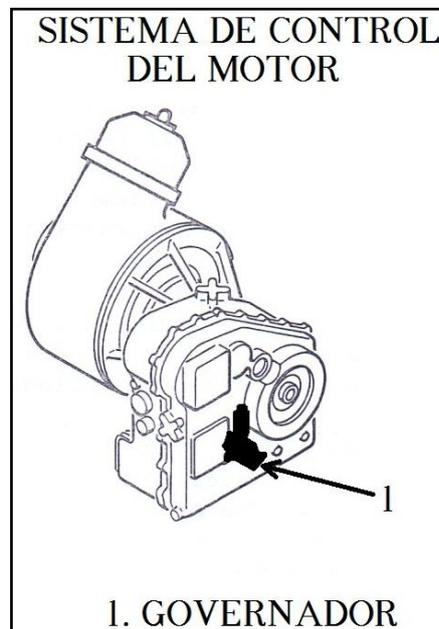
**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

Se encontró una válvula unidireccional (Check Valve) antes del atomizador del combustible esta previene que el flujo de combustible regrese al sistema y no permite que la presión baje a  $\pm 5$  psi en el atomizador. La válvula corta el flujo de combustible primario cuando el motor deja de operar y sus revoluciones bajan y además la presión en el sistema.

Cuando el flujo de combustible llega al atomizador, este pulveriza el combustible dentro de la cámara de combustión y se mezcla con el aire comprimido llegado del compresor, en este instante la bujía se enciende y la mezcla aire combustible se enciende. Los gases calientes de escape son dirigidos a través de la boquilla dentro de las cuchillas de la turbina para impartir energía de rotación mecánica a la misma. La aceleración continua a través de la combinación de fuerzas del generador de arranque y la rotación de la turbina. El generador continúa alimentando todo el sistema y ayuda en la conducción del motor hasta

que la tensión de salida del generador exceda el voltaje de la planta externa. Cuando esto ocurre, los transformadores de corriente detectan la corriente inversa y desconectan la potencia de arranque del generador.

El motor continúa acelerando hasta que se alcanza la velocidad regulada. Durante el funcionamiento del motor a velocidad normal, el flujo de combustible es controlado por el gobernador tipo flyweight (peso mosca o gobernador centrífugo) en el control de combustible del motor. El gobernador es accionado por el árbol de transmisión de control de combustible, que a su vez es conducido a través del tren de engranajes del motor.



**Figura 13** Gobernador.

**Fuente:**(The Garrett Corporation, 1964)

Cuando la velocidad del motor excede la velocidad regulada, los contrapesos del gobernador se mueven hacia afuera para abrir una válvula deslizadora para eludir el combustible. Cuando se produce una disminución en la velocidad del motor, los contrapesos del gobernador se mueven hacia adentro para cerrar la válvula de deslizamiento y permitir un mayor flujo de combustible. La bomba de aceite recoge el aceite del sumidero en la parte inferior de la carcasa del engranaje y lo dirige bajo presión a través del filtro hacia los chorros de aceite.

El filtro de aceite incluye la válvula de alivio que permite el flujo de aceite a los chorros aunque el filtro se obstruya. El regulador evita una acumulación excesiva de presión en el sistema, enviando el exceso de aceite al sumidero de aceite.

El motor puede detenerse presionando el interruptor “Presionar para probar” montado en el panel. Esto proporciona una señal de exceso de velocidad al interruptor de exceso de velocidad que reacciona para interrumpir la energía eléctrica a la válvula de solenoide de combustible, cortando el suministro de combustible al motor. Este procedimiento también proporciona una verificación operacional de la circuitería de protección contra exceso de velocidad del interruptor de velocidad.



**Figura 14** Gobernador tipo flyweighth.

**Fuente:**(Interavia, 2016)

## **2.5 Sellador de combustible tipo PRC – CS 3204 –A**

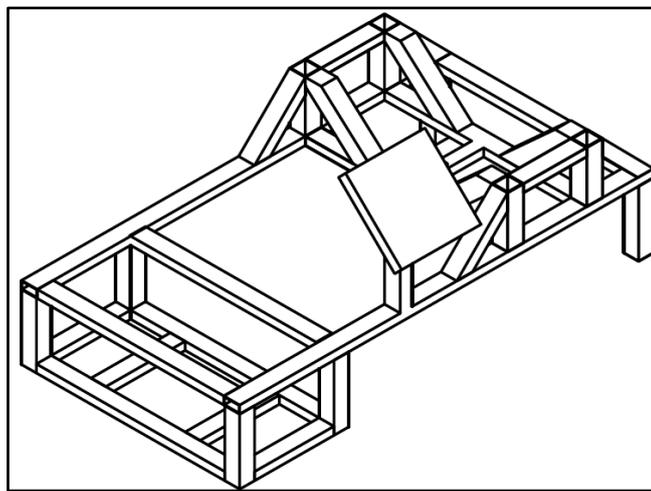
“PRC-DeSoto International PRC son productos diseñados para exteriores e interiores de aeronaves, su principal funcionamiento es sellar y cortar fugas. Los compuestos de polisulfuro y politioéter se usan para sellados de tanques de combustibles inhibición de la corrosión aislamiento eléctrico, y otros”. (PRC – DeSotointernational, Inc. Diciembre 2005)

## CAPÍTULO III

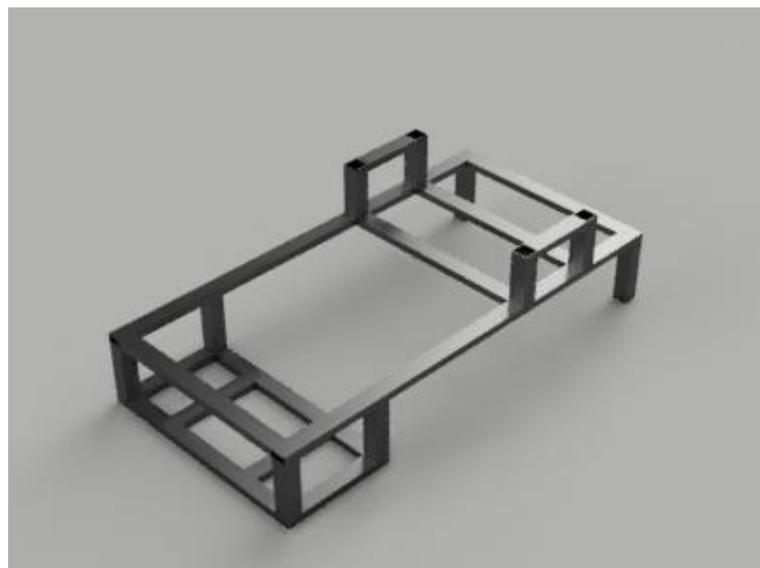
### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Requerimientos del banco de pruebas

Con la utilización del programa FUSION 360 de autodesk, un software gratuito, se diseñó la estructura metálica donde va ir montado el motor GTP 30-54 y los instrumentos de medición y control del banco de pruebas. El detalle de las dimensiones lo encontrará en el **ANEXO A**



**Figura 15** Diseño esquemático de la estructura metálica.



**Figura 16** Banco de pruebas al 60 % en FUSION 360



Figura 17 Banco de pruebas al 100% en FUSION 360

Se realizó simulaciones con el peso total del motor con aceite, tanque de combustible a su máxima capacidad, y todos los pesos adicionales que pueda tener una fuerza estructural con un factor de seguridad del 12 y 15. **ANEXO B**

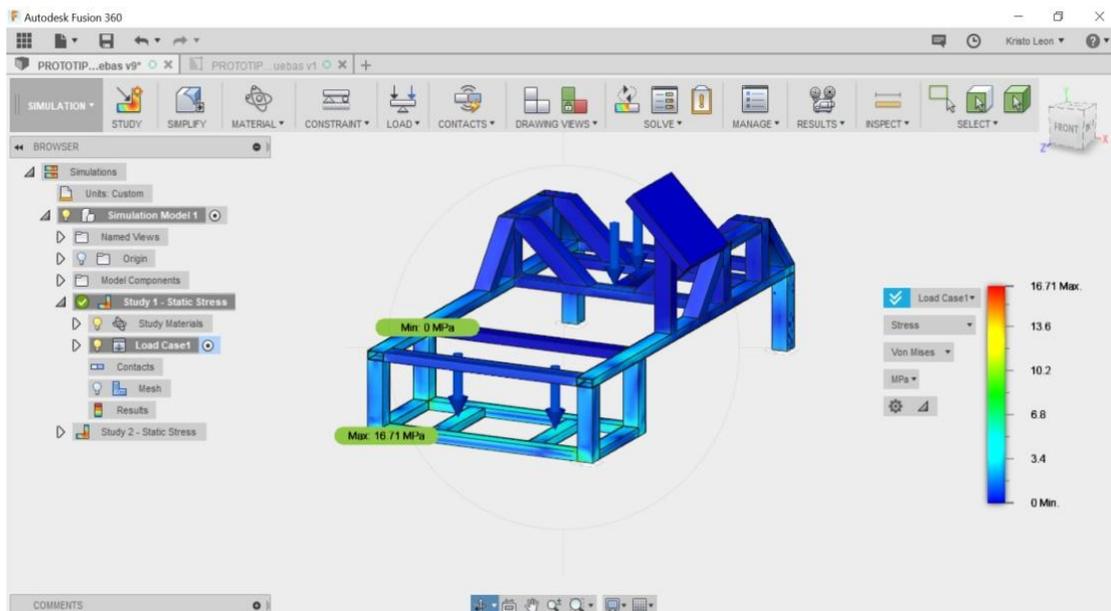
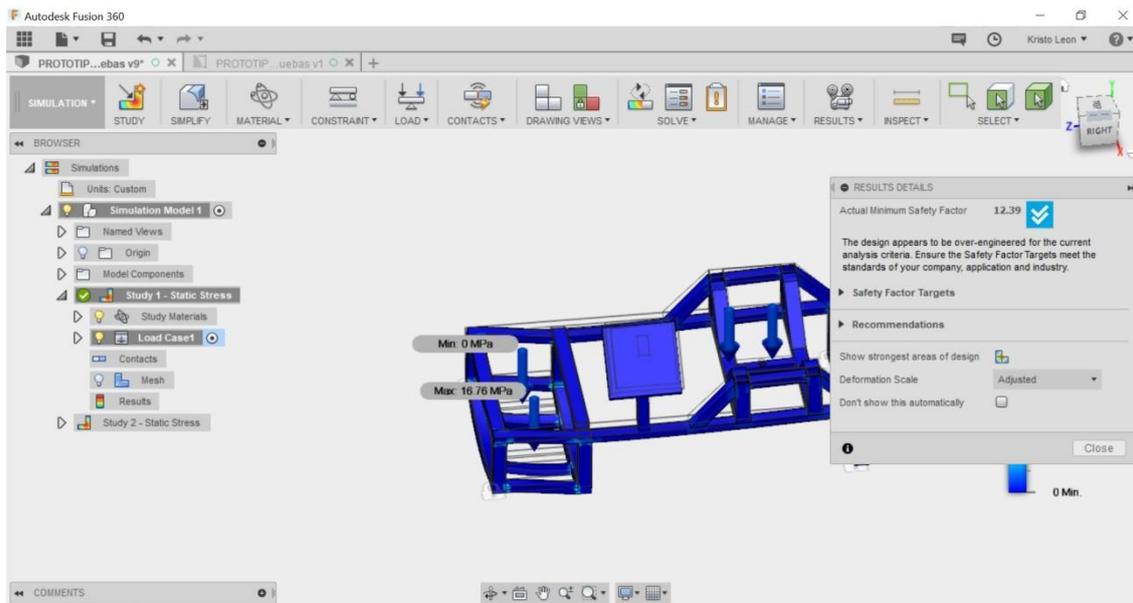


Figura 18 Simulaciones de tensión en FUSION 360



**Figura 19** Simulación de factor de seguridad en FUSION 360

El motor GTP 30-54 tiene un peso en seco de 84 libras, el tanque de combustible a su máxima capacidad tiene un peso de 205 libras, el tablero de instrumentos y control del sistema tiene un peso de 20 libras. Con estas especificaciones de lo que va a soportar el banco de pruebas se realizó la selección del material.

Todo va estar montado en una estructura manufacturada de acero tipo tubo rectangular de 4 milímetros de espesor, el cual está diseñado para soportar más de 200 libras de peso. Se seleccionó este material en especial fabricado en acero puesto que sus prestaciones son altas no se deforma con facilidad, se puede realizar cortes sin que exista desprendimiento de material, soporta altas temperaturas.

Se adquirió 3 tubos de 6 metros de longitud, 18 metros de tubo rectangular lo necesario para poder manufacturar dicha estructura, se realizó cortes con maquinaria eléctrica operada manualmente más conocida como amoladora marca DeWalt y un disco de corte fino marca DEXTER de longitud 115 mm x 1 mm de espesor.

Se trazó las diferentes medidas con un rayador para metales y una escuadra metálica, con estas marcas realizadas en los tubos se pudo cortar con precisión las diferentes longitudes para continuar con la unión de cada tubo, se utilizó soldadura eléctrica con electrodos tipo 6011 de marca INDULEX. Estos electrodos están diseñados para realizar una soldadura estándar a cualquier grado de inclinación y para tener la unión de la estructura de acero tienen una excelente precisión y se realizó un buen cordón de unión.



**Figura 20** Medidas y lineamiento de cortes

Para el acabado final y eliminación de residuos producidos por la soldadura eléctrica se utilizó dos dispositivos. Uno disco de desbaste para acero de 115mm y 3 mm de espesor marca DEXTER colocado en la amoladora eléctrica de manipulación manual, el segundo dispositivo fue un esmeril eléctrico embancado en el laboratorio de mecánica básica en la Unidad de Gestión de Tecnologías, el cual fue colocado una piedra o muela abrasiva marca KIVEC diámetro de 150mm x 40mm con un grano de piedra numero 36 el cual dejo un acabado fino en el material.



**Figura 21** Montaje parcial



**Figura 22** Corte realizado con amoladora eléctrica



**Figura 23** Eliminación de residuos de suelda con esmeril



**Figura 24** Eliminación de impurezas con amoladora eléctrica manual.



**Figura 25** Estructura para tablero de control.

Con todo el material pulido y con la eliminación de residuos provenientes de la suelda eléctrica se procedió a colocar una capa de pintura para evitar la corrosión de los materiales metálicos, se utilizó pintura industrial color amarillo tanto en la estructura como en el tanque de combustible.

### 3.2 Desmontaje e inspección de la unidad e potencia auxiliar.

La unidad de potencia auxiliar GTP 30-54 está ubicada en la parte posterior del motor número 1, está recubierta por una capota aerodinámica protectora la cual posee ductos de alimentación de aire en su parte frontal izquierda, un ducto de escape en la parte posterior, pequeños paneles de inspección de combustible, aceite y las horas de funcionamiento.

Para el desmontaje del motor GTP 30-54 se utilizó escaleras para poder estar a nivel y la seguridad para evitar accidentes, se retiró la capota protectora la cual esta sujeta con pernos de media vuelta en toda su borde los cuales sujetan a la aeronave. Retirando con cuidado la capota teniendo cuidado de no golpear las paredes de la capota con el motor, cableado eléctrico y dispositivos varios que se encuentran alrededor del motor.



**Figura 26** Extracción de capota protectora

Al momento de tener el APU visto se realizó las diferentes inspecciones visuales las cuales se obtuvo de los manuales de mantenimiento provistos por el fabricante, se revisó todos los sistemas de funcionalidad de dicho motor. Se encontró varias anomalías y errores puesto que esta aeronave ha estado en la intemperie mucho tiempo la mayor de las discrepancias encontradas es la masiva corrosión encontrada en varios elementos eléctricos y de control.



**Figura 27** APU montada en la aeronave.



**Figura 28** Unidad de potencia auxiliar sin la capota protectora

Se desconectó todos los cableados eléctricos, comunicación con la cabina, control de sistema y alimentación de combustible se procedió a extraer el motor de la base anclada en la superficie de la aeronave Fairchild F27. Se colocó el motor en la mesa de inspección y retirando su generador se realizó las distintas inspecciones dadas por el fabricante.



**Figura 29** Puntos de anclaje del APU



**Figura 30** Colocación de APU en mesa de inspección

Se realizó todos los puntos de inspección dados por el fabricante. Se detalla a continuación.

Tabla 2

## REQUERIMIENTOS DE CHEQUEO GENERAL DEL SISTEMA.

NOMENCLATURA E ÍTEMS	MÉTODO	CHEQUEO	REQUERIMIENTO
<b>CABLEADO RAMIFICADO CONJUNTO DE ARNÉS.</b>	Continuidad	Continuidad para cada circuito de arnés	Circuito de discontinuidad no es aceptable. Cambio inmediato
<b>BUJÍA DE ENCENDIDO</b>	Visual.	Grietas o roce o algún otro daño grietas en los conectores cables sueltos, rotos o quemados los conectores, chequear hilos en la rosca o en la extracción.	Daño en el trenzado, cables o conectores en mal estado
<b>VÁLVULA DE COMBUSTIBLE SOLENOIDE</b>	Visual.	Válvulas agrietadas, corrosión u otro daño, zonas roscadas para el cruzado, roscas o granalladas, seguridad para la solenoide del montaje, si están doblados para conectar, pin rotos o quemados.	Si está dañado no es aceptable, referir para la reparación.
<b>VÁLVULA DE COMBUSTIBLE SOLENOIDE</b>	Continuidad	Continuidad para el solenoide	Discontinuidad no es aceptable.
<b>UNIDAD DE ENCENDIDO</b>	Visual	La unidad de encendido por rajaduras, corrosión u otro daño evidente. Compruebe áreas de rosca, cruzados, o granalladas.	Existe una rotura en la carcasa de la unidad Cambio

CONTINUA 

	Continuidad	La unidad de encendido para la continuidad entre los terminales secundarios y primarios.	Existe continuidad en el polo positivo y el negativo. Estado: Nuevo
<b>HORA DEL MEDIDOR DE TOTALIZACIÓN</b>	Visual.	En caso de la grieta, vidrio de línea quebrada, la corrosión, seguridad en muescas integrales, y otros daños.	No existen roturas en el vidrio. Estado: Nuevo
<b>GENERADOR DE TACÓMETRO</b>		(códigos A-C) Alambre eléctrico o se desconecta para daños.	El daño no es aceptable
		(Los códigos D-W) conector doblados, rotos y quemados pasadores.	<b>El</b> daño no es aceptable Cambio
		Área de roscas, cruzados o granalladas	Se refieren a las pruebas de control de funcionamiento
<b>CONJUNTO DE INTERRUPTOR DE SOBRE VELOCIDAD</b>	Visual.	Chequear todas las partes en busca de daño. Chequear la superficie capa-seca en el adaptador (28), el astillado y desgaste.	No existen fugas de ningún tipo.
	Continuidad.	Chequear la continuidad entre los pines A y B del interruptor. Chequear continuidad entre los pines A y B del solenoide	Existe continuidad entre las pines A y B del interruptor. O pines A y B del solenoide. Estado Nuevo


 CONTINUA

<b>VÁLVULA DE DERIVACIÓN DEL FILTRO DE ACEITE</b>	Visual.	Chequear los hilos de daños y las características de la derivación del aceite por obstrucción.	No existen daños
<b>TERMOCUPLA</b>	Visual	No existe daños estructurales	No existen daños
	Continuidad	Dispositivo en excelente condición	No existen daños
<b>VÁLVULA DE DRENAJE DE COMBUSTIBLE</b>	Visual	Verifica los hilos por los daños y drenaje por obstrucción	No existen daños.
<b>BUJÍA DE IGNICIÓN</b>	Visual	Partes de cerámica por rajaduras y astillas. Áreas roscados para roscas, cruzados o granalladas. Electrodo por la quema excesiva.	No existen daños
<b>TAPA DE CÁMARA DE COMBUSTIÓN</b>	Visual	Tapa por rajaduras, roturas picaduras, distorsiones y daños en la rosca.	No existen daños.

### 3.3 Implementación del sistema de combustible

#### 3.3.1 Bomba de combustible

Para la implantación del nuevo sistema de combustible para la unidad de potencia auxiliar GTP 30-54 se consideró que este debe alimentara una presión de entrada de combustible de 5 a 20 psi por lo cual se usó una bomba marca PEPSCO la cual envía una presión de 15 psi. Se realizó una inspección visual del elemento lo cual no estaba en buen estado pues se encontraba con aceite

quemado y grasa en toda su estructura por lo cual se procedió a desarmar todos los componentes mecánicos fijos, móviles, las conexiones eléctricas y empaques de retención de combustible.



**Figura 31** Bomba de combustible marca PEPSCO

Se retiró la válvula de drenaje y la malla protectora se logró extraer el encapsulado eléctrico de la bomba y poder observar los pernos que sujetan la base, lo cual permite desajustar la tapa base.



**Figura 32** Extracción de la válvula de drenaje y malla protectora.

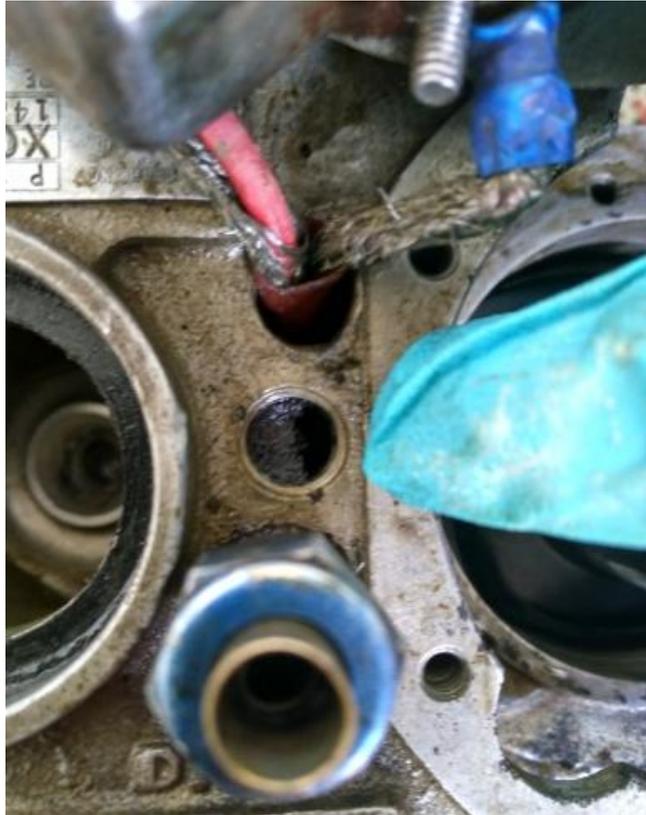


**Figura 33** Desajuste de los pernos de la base

Al momento de retirar la trapa se observó un deterioro excesivo del empaque y las conexiones eléctricas se encontraban sin aislante.



**Figura 34** Empaque deteriorado



**Figura 35** Conexiones eléctricas sin aislante

Se extrajo la turbina la cual proporciona la presión del combustible, no se encontró daños estructurales de las aspas y del eje motriz se limpió y retiro la suciedad encontrada.



**Figura 36** Turbina interior de la bomba de combustible.

Se retiró todas las tapas de acceso para el proceso de inspección y limpieza.



**Figura 37** Extracción de tapas de inspección.



**Figura 38** Extracción de tapas de acceso a la bomba de combustible.



**Figura 39** Limpieza de partes.

Se realizó el proceso de ensamblaje de componentes, cambio de empaques, cambio de pernos en mal estado, cambio de conexiones eléctricas de la bomba de combustible para proseguir con las pruebas de funcionamiento y verificación del mantenimiento realizado.



**Figura 40** Cambio de empaques



**Figura 41** Ensamblaje de componentes.



**Figura 42** Cambio de conexiones eléctricas

### 3.3.2 Tanque de combustible

El sistema de combustible necesita un depósito el cual es encargado almacenar el combustible para el consumo y operación del motor GTP 30-54, el tanque utilizado es fabricado en su totalidad de fibra de vidrio con una capacidad de 40 galones de combustible con un recubrimiento de pintura color negro, en su base inferior se localiza el punto de anclaje de la bomba de combustible marca PEPSICO la cual es sujeta por 12 pernos tipo espárragos incrustados en la base del tanque.



**Figura 43** Tanque de combustible

Se realiza una inspección visual del tanque tanto por fuera y en su interior, se encontró suciedad ambiental (tierra, polvo). Se procedió a la limpieza con agua a presión y un detergente granulado para la extracción eficaz de la suciedad.



**Figura 44** Inspección visual externa e interna del tanque de combustible



**Figura 45** Inspección interna de componentes del tanque de combustible



**Figura 46** Bomba de combustible montada parte interna.

Posterior a la limpieza se realizó el cambio de empaque de la base para la bomba de combustible y su ensamblaje para pruebas de estanquidad con combustible.



**Figura 47** Tanque de combustible limpio



**Figura 48** Colocación de empaque nuevo



**Figura 49** Montaje de la bomba de combustible

Se realizó del cambio del empaque de válvula de drenaje colocando con un pegamento especial para evitar fugas posteriormente se colocó en la bomba de combustible ya montada en el tanque.



**Figura 50** Colocación de empaques nuevos en la válvula de drenaje.



**Figura 51** Válvula de drenaje ensamble en la bomba

Al momento de la prueba de estanquidad con combustible JP-1 se notó fugas considerables y no permitida por el fabricante en la unión de la bomba con el tanque de combustible se procedió a sellar la fuga con pegamento conocido como PRC puesto que este producto está diseñado para exteriores e interiores de tanques y superficies de aeronaves. Compuesto de polisulfuro y politioéter compuestos que soportan corrosión y son eficaces para el sellado de superficies de fibra de vidrio, aluminio, etc. Se utilizó el CS-3204 A en toda la superficie de la base de la bomba y el tanque de combustible.

Para un sellado exitoso este elemento debe ser colocado en lugares limpios sin algún tipo de combustible, grasa o aceite que dificulte su adherencia. Para su secado el pegamento debe estar expuesto a una temperatura de 52 °C durante 8

horas por lo consiguiente se utilizó lámparas de calor para incrementar la temperatura y así obtener un sellado óptimo en el tiempo dado por el fabricante.(Pro-Seal, 2005)



**Figura 52** PRC - CS-3204 A



**Figura 53** Colocación de PRC - CS-3204 A.



**Figura 54** Secado con lámparas de calor.



**Figura 55** Fuga de combustible en el secado.

Aplicando todo lo antes mencionado no hubo éxito en poder sellar la fuga de combustible en dicho tanque, se decidió implementar un tanque nuevo construido de aluminio para no tener fugas en el sistema. Por tanto se manufacturó un tanque de combustible con aluminio galvanizado de 3 milímetros con capacidad de 30 galones. Dicho depósito se le adaptó la bomba de combustible con 12 pernos de aluminio galvanizado con sus respectivas arandelas planas y tuercas de sujeción en su punto más profundo para aprovechar la caída del combustible por la gravedad y así tener una eficaz absorción de combustible para la alimentación de combustible hacia el motor.



**Figura 56** Elementos de sujeción para bomba de combustible.



**Figura 57** Tanque con bomba de combustible (sin empaques).

Para evitar las fugas de combustible su uso empaques dobles de nitrilo en su interior llevan una malla de aluminio para tener una sello entre dos elementos metálicos además se utilizó un pegamento sellador tipo SILKAFLEX 256 el cual soporta Agua, pintura, aceites, lubricantes, y combustibles, este elemento es ideal para realizar sellos entre la bomba y el tanque de combustible, así evito cualquier fuga de combustible.



**Figura 58** Colocación de empaques y pegamento anti fugas.



**Figura 59** Sellador marca SILKAFLEX 256



**Figura 60** Colocación de la bomba de combustible.

### **3.3.3 Tuberías y acoples del sistema de combustible**

Para suministrar el combustible del tanque hacia la unidad de potencia auxiliar GTP 30-54 se utilizó tuberías de acero inoxidable con un diámetro de 1" pulgada pues la bomba de combustible tiene un caudal preciso. La cual es excelente para

la alimentación del sistema. Estas conexiones utilizan una rosca de 1/8" de pulgada para su unión con codos y esto facilita al acople con el filtro y la línea de retorno hacia el reservorio de combustible.



**Figura 61** Sistema de distribución de combustible



**Figura 62** Llave de apertura del sistema

Para aumentar la presión se utilizó una cañería de acero de 1/4 de pulgada la cual está conectada al final del filtro de combustible. Dicha línea está conectada a una llave de paso manual, a una válvula anti retorno y al motor GTP 30-54.

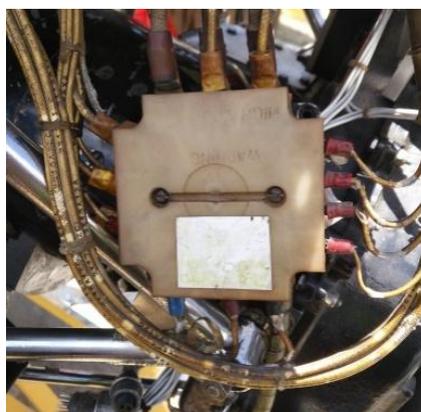
### 3.3.4 Filtro de combustible

Para la purificación del combustible se utilizó un filtro de combustible tipo micro filtro este elemento de purificación de combustible su elemento de filtración es un cartucho de celulosa la cual está diseñada con un grado de filtración de 1 - 5 micrones. Este filtro soporta una presión de 15 psi a 25 psi. Este tipo de filtro siempre están ubicados después del reservorio puesto que estos depósitos con el pasar del tiempo y las condiciones en donde se encuentran ubicados pueden retener impurezas ambientales, agua, colorantes, aceites, pintura, limallas metálicas ,etc.

## 3.4 Implementación del sistema eléctrico

### 3.4.1 Inspección del arnés y conexiones eléctricas de la APU GTP 30-54

Se realizó una inspección visual del sistema eléctrico original ubicado en la aeronave FAIRCHILD lo cual este tenía una deterioro masivo en todas sus conexiones, cables, terminales, se encontró corrosión y todos los aislantes presentaban quemaduras y roturas. Se inspecciono a profundidad con un multímetro los diferentes componentes de control y accionamiento del sistema eléctrico. Todos los contactores principales y relés no funcionaban se realizó el desmontaje del arnés eléctrico para verificación de los elementos para realizar el cambio y poder observar los diferentes parámetros que se debe tomar en cuenta para la obtención de los nuevos elementos de control para el sistema que se va a implementar en el banco de pruebas.

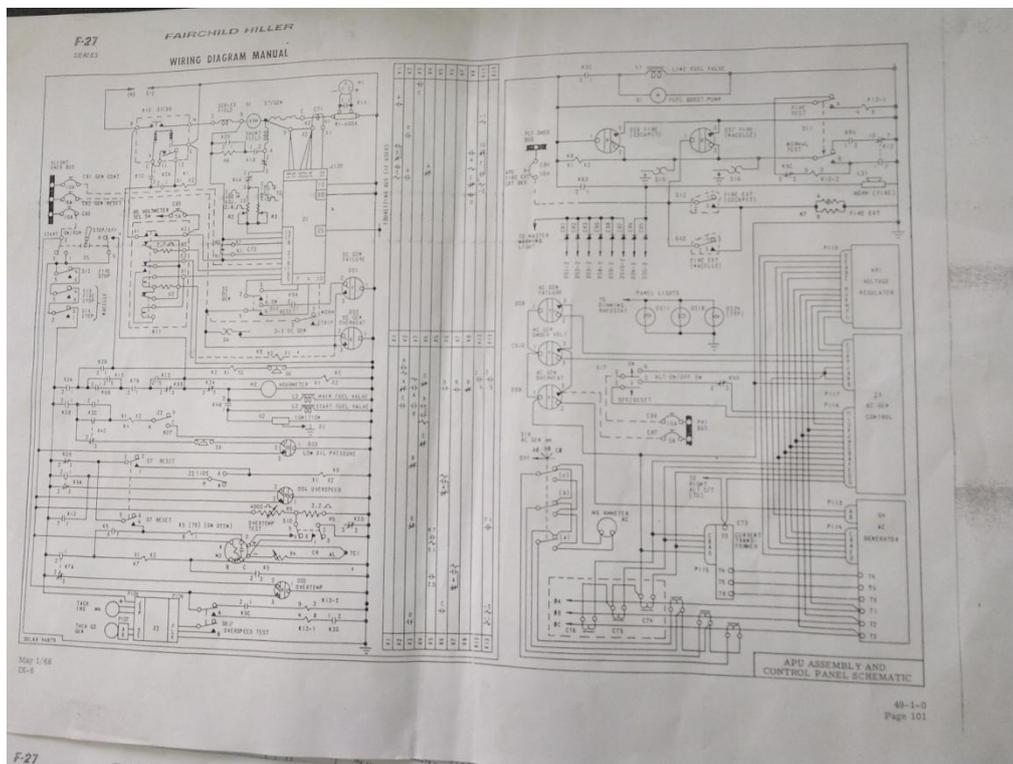


**Figura 63** Inspección visual del sistema original en la aeronave



**Figura 64** Conexión de alimentación energía.

Utilizando el diagrama del cableado eléctrico omitido por el fabricante se pudo obtener la información necesaria para el posterior cambio y mantenimiento de los diferentes elementos principales para el sistema eléctrico nuevo.



**Figura 65** Diagrama eléctrico del motor GTP 30-54

### 3.4.2 Controlador de paso eléctrico (Bobina industrial)

Utilizando una fuente de alimentación externa la cual poseía los laboratorios de la unidad de gestión de tecnologías ESPE la cual tiene una capacidad de generar una fuente eléctrica de 24 vdc y 600 amperios nominal y 800 amperios pico el cual es ideal para el banco de pruebas y así funcione con normalidad la unidad de potencia auxiliar.

Para realizar el cambio respectivo del controlador principal original del APU se analizó sus características de funcionamiento, este elemento de control es accionado por 24 VDC el cual realiza el paso de corriente de la planta externa hacia el generador el cual es un motor eléctrico que ayuda al momento del arranque del motor y también genera la fuente eléctrica propia al momento del encendido total del sistema.

El elemento escogido para realiza la función antes mencionada fue una bobina con capacidad industrial usada en motores estacionarios a gasolina y diesel para su arranque, este dispositivo se alimenta de 24 vdc y soporta hasta 1000amperios pico de consumo lo cual es perfecto para el nuevo sistema eléctrico del banco de pruebas. Se realizó las pruebas de funcionamiento con elementos de medición (multímetro) y pruebas funcionales con la planta externa y la unidad de potencia auxiliar. Se detalla las características principales del elemento.

**Tabla 3**

Especificación técnica de la bobina de encendido

<b>Bobina de alimentación industrial Marca Bosch</b>	
<b>Fuente de alimentación</b>	24 VDC
<b>Consumo</b>	100 amp
<b>Temperatura máx.</b>	180°C
<b>Tipo de material bobinado principal</b>	Cobre
<b>Tipo de material bobinado secundario</b>	Cobre

Una vez realizado las pruebas de funcionamiento y recolección de datos de la bobina industrial se tomó como elección para ser uno de los elementos principales del nuevo sistema eléctrico, puesto que este elemento cumple con las

características necesarias para la operación normal y la seguridad que se puede desconectar fácilmente con un interruptor básico no necesita control secundario u otro elemento de paro de emergencia.



**Figura 66** Conexión provisional de la bobina industrial



**Figura 67** Pruebas de funcionamiento de la bobina industrial

### 3.5 Sistema de ignición y arranque

#### 3.5.1 Caja de encendido o Excitador

El sistema de ignición del motor centrífugo GTP 30-54 utiliza un dispositivo eléctrico el cual se alimenta de 24 vdc y genera una chispa con una carga eléctrica de 1000 julios puesto que con esta fuerza eléctrica permite el encendido del combustible dentro de la cámara de combustión. Se realizó pruebas de funcionamiento con una fuente de alimentación de 12 vdc, se logró comprobar con un multímetro la operación normal del dispositivo, este no presentaba ningún daño estructural o de funcionamiento.



**Figura 68** Generador de chispa ubicado en el APU

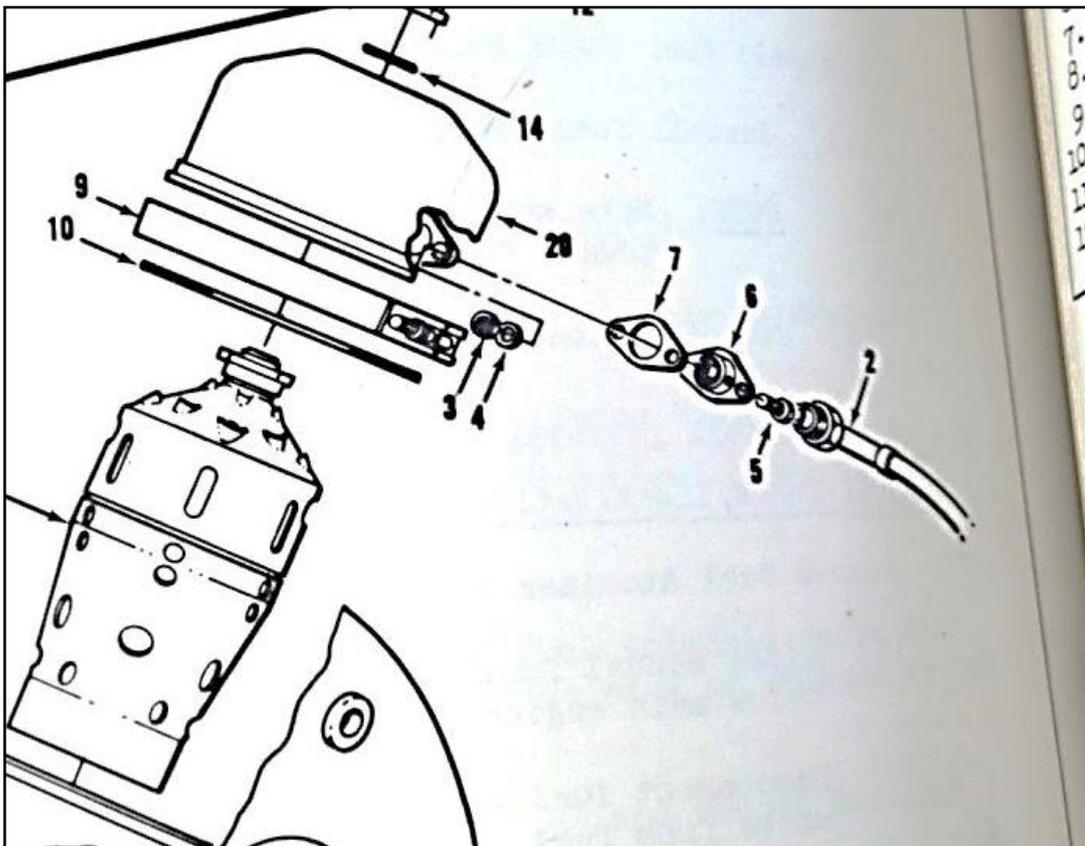


**Figura 69** Pruebas de funcionamiento Con una fuente de 12 vdc.

Tener muy en cuenta al momento de realizar pruebas o arranques con la caja excitadora pues esta se mantiene cargada aun después el corte de alimentación de energía así que es de la suma precaución con este elemento, el fabricante da un tiempo de 5 a 10 minutos para la descarga de la caja excitadora.

### 3.5.2 Encendedor o bujía

Este encendedor o bujía es distinto al utilizado en motores alternativos o recíprocos, estos elementos deben tener la capacidad de encender la mezcla y mantenerla encendida durante toda la operación del motor de aquí su excesiva acumulación de carbón en la punta de la bujía. Este elemento debe tener la capacidad de calentar y hacer explotar la mezcla aire combustible pero el combustible JP-1 es un queroseno el cual se enciende solo cuando esta pulverizado con alta presión y temperatura.



**Figura 70** Desarmado de la bujía en la tapa de la cámara de combustión.

### 3.5.3 Generador arrancador

Otro dispositivo que se encontró en este sistema es el generador este elemento tiene dos funcionalidades. La primera de sus características de este dispositivo es el que da los primeros giros del motor para romper la inercia de 0 hasta llegar al el 30 por ciento de rpm para que exista la combustión y el motor comience su funcionalidad normal. Una vez que existe combustión se corta energía eléctrica la cual viene desde la fuente de alimentación en este momento el generador se encarga de proveer los 24 VDC a todo el sistema eléctrico para alimentar a la bujía y no pierda chispa. El motor en este momento se vuelve auto sustentable mientras exista energía 28 VDC y alimentación de combustible.



**Figura 71** Generador de la unidad de potencia auxiliar



**Figura 72** Conexiones del generador

### 3.6 Sistema de lubricación

Todo el sistema de lubricación del motor lo tiene en su interior por lo cual se retiró la tapa medidora de aceite para la confirmación del llenado del sistema con lubricante, se retiró el cable de frenado, se observó que el lubricante colocado no tenía las características que el manual especifica.



**Figura 73** Verificación del aceite antes del cambio

Se procedió a cambiar de aceite al sistema, Se retiró el tapón de vaciado del sistema de aceite ubicado en la parte inferior derecha justo por debajo de la varilla medidora de aceite.



**Figura 74** Drenaje de aceite

Se observó que el aceite era de color amarillo y tenía desgaste excesivo por lo cual no se puede utilizar en el arranque del motor. Se realizó la apertura de las latas del lubricante nuevo tipo turbo OIL 2380 con dos agujeros en la periferia de la tapa diametralmente opuestos para su colocación dentro del sumidero del motor GTP 30-54.



**Figura 75** Orifios en latas de aceite



**Figura 76** Colocación de aceite en el sumidero del motor

Se verifico la cantidad adecuada en el sumidero de aceite dentro del motor le cual tiene una capacidad de 2 cuartos de aceite.



**Figura 77** Verificación de cantidad de aceite después del cambio.

Se realizó el entorchado de todas las tapas de verificación y el tapón de drenaje.



**Figura 78** Entorchado de tapa medidora y tapón de drenaje.

### 3.7 Implementación de instrumentos del motor y tablero de control

Para la fabricación del tablero de control se utilizó madera para evitar cualquier tipo de contacto con la estructura metálica y tener un corto circuito con los instrumentos o entre conexiones eléctricas de alimentación. Se tomó en cuenta que para el control manual del motor GTP 30-54 se implementó 4 interruptores principales cada uno con su fusible independiente los cuales van a controlar 4 aspectos principales para el funcionamiento del motor y se detallan a continuación:

- a) Interruptor del sistema de alimentación de combustible
- b) Interruptor del sistema de alimentación de energía VDC y generador
- c) Interruptor del sistema de ignición
- d) interruptor de la válvula de corte y paso de combustible.

Los instrumentos principales que se colocó en el tablero para la indicación del motor al momento del funcionamiento fueron:

- a) Generador tacómetro (RPM)
- b) Cuenta horas de funcionamiento (Horómetro)
- c) Voltímetro y amperímetro
- d) Medidor de temperatura de gases de escape (EGT)

Otros elementos que se consideró para la en el tablero fueron:

- a) Parada de emergencia
- b) Foco testigo de alimentación de energía
- c) Fusibles (Circuitbreaks)
- d) Barra de alimentación de voltaje positivo

Se tomó las medidas necesarias para su ubicación en el tablero y así se consiga un acabo estético, su funcionalidad y activación sean óptimas.



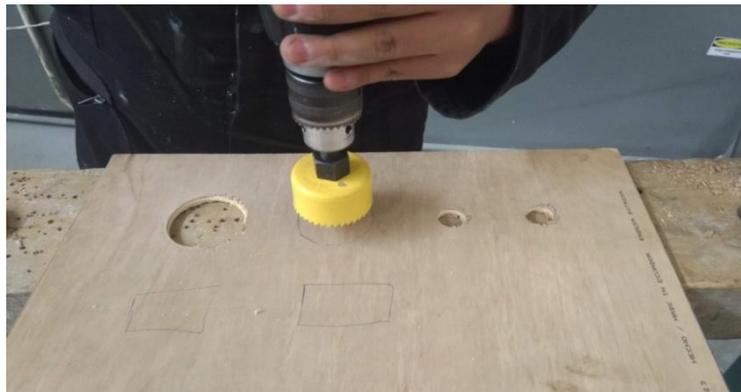
**Figura 79** Previa visualización de componentes en el tablero de control

Se realizó los respectivos orificios tanto para los interruptores, focos testigos, botón de parada de emergencia, fusibles e instrumentos del motor para el

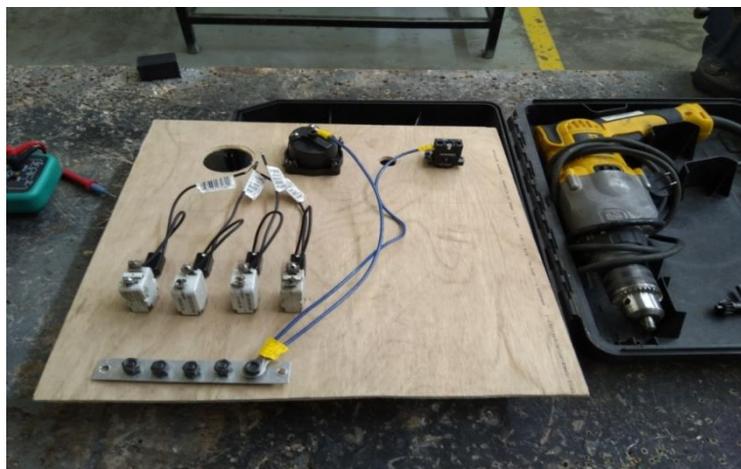
sistema de control e indicación del motor. Utilizando brocas de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada se realizó los orificios para los fusibles e interruptores. Se utilizó un sacabocados medidas 25 mm y 54 mm para los diferentes instrumentos del motor.



**Figura 80** Orificios con la broca de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada



**Figura 81** Orificios con el sacabocados de 54 mm



**Figura 82** Previa Visualización del tablero



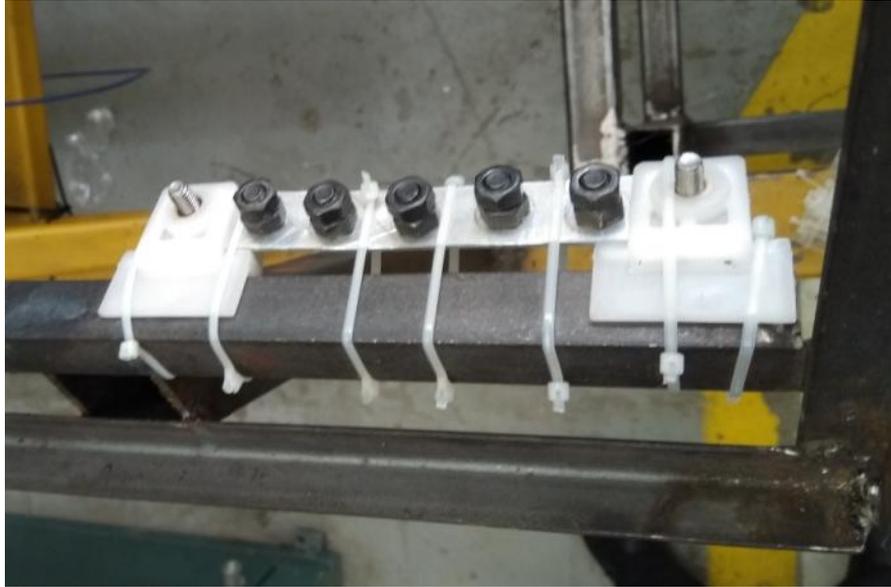
**Figura 83** Colocación de los elementos en el panel.

Se manufacturó una barra de alimentación de energía con aluminio de 3mm de espesor con 10 orificios de 3/8" de pulgada para la colocación de pernos de igual medida con arandelas de seguridad para tener una superficie de agarre optima, se utilizó terminales redondos para la conexión con la barra bus y así evitar fugas de corriente y cortos circuitos.



**Figura 84** Barra de alimentación de energía.

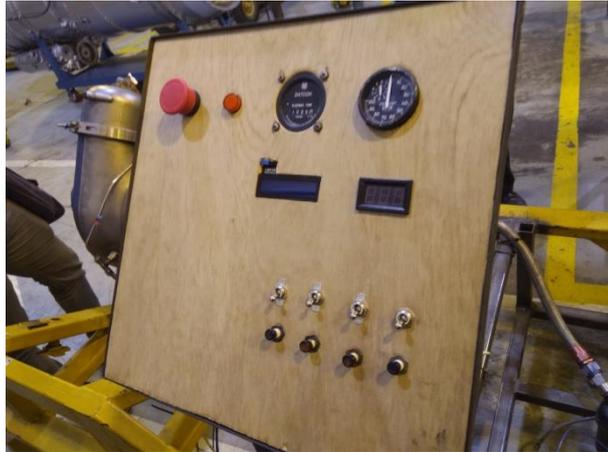
Se colocó la barra bus con conectores de plástico para que no exista ningún tipo de contacto con la estructura así evitando cortos, chispazos y arcos eléctricos indeseables los cuales pueden causar el daño a los instrumentos y más que todo incidentes o accidentes al personal que va a operar el equipo, esta barra está aislada por sujetadores y correas ajustables de plástico.



**Figura 85** Colocación de la barra de alimentación



**Figura 86** Primeras conexiones de la barra al tablero de instrumentos



**Figura 87** Tablero de instrumentos y control del sistema.

### 3.7.1 Instrumento de temperatura de gases de escape.

El instrumento medidor de temperatura de gases de escape se implementó con una placa arduino, una pantalla LDC shield panel, un amplificador Max 665 y una termocupla tipo k. Este instrumento se adaptó en el banco de pruebas pues el instrumento original no se lo adquirió. Se programó la tarjeta ARDUNIO con los comandos necesarios para su funcionamiento, con tiempos de reacción de 4 segundos por cada toma de temperatura, un mensaje inicial, y una iluminación dada por la pantalla de cristal líquido.

```

temocupla_tutorial Arduino 1.8.5 (Windows Store 1.8.10.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
temocupla_tutorial $
//MEDIDOR DE TEMPERATURA CON MAX6675, LCD SHIELD.

|
#include "max6675.h"
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); //Define los pines que usa el modulo LCD

float temperatura=0; //Se crea una variable flotante para almacenar la temperatura

//Se definen los pines a usar para conectar el modulo MAX6675

int ktcSO = 11;
int ktcCS = 12;
int ktcCLK = 13;

MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO);

void setup() {
  //Configurar como salida el pin 10 que controla el backlight del LCD y colocarlo en 1 logico.
  pinMode(10, OUTPUT);
  digitalWrite(10, HIGH);

  //inicializa el LCD.
  lcd.begin(16, 2);
  delay(500);
}

```

**Figura 88** Programación en ARDUINO para el instrumento de indicación.

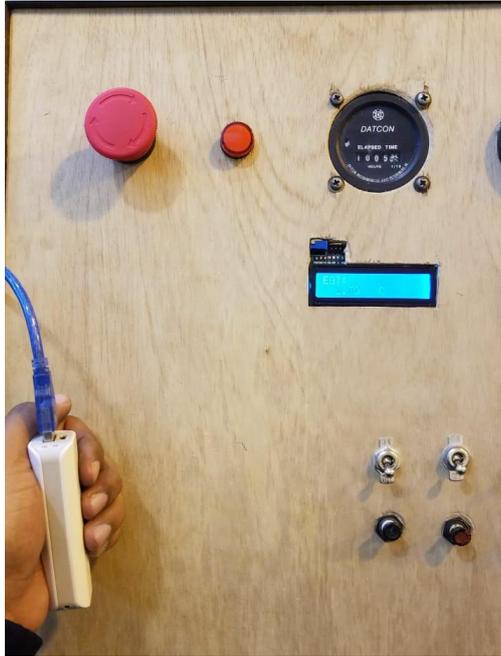


**Figura 89** Instrumento en funcionamiento

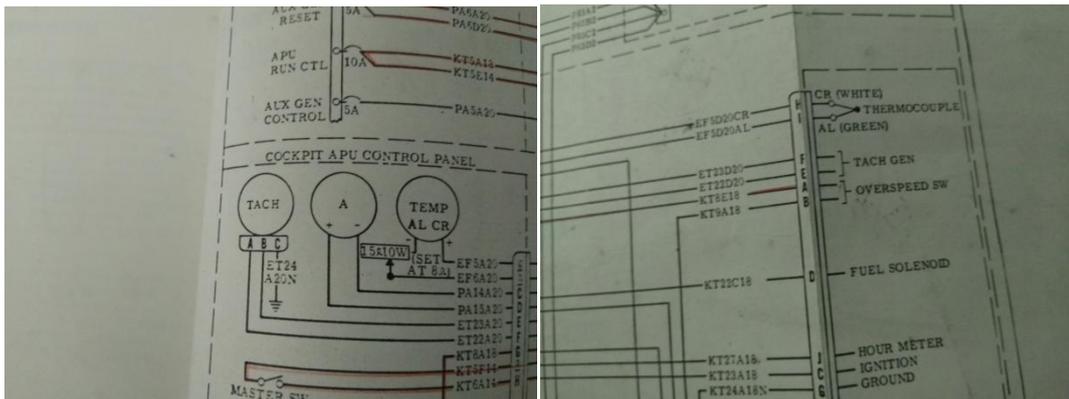


**Figura 90** Instrumento colocado en el tablero

La alimentación del instrumento es de 5 voltios el cual es alimentado por una batería externa la cual debe ser recargada cada 5 horas de operación. No se puede conectar directamente al banco de pruebas puesto que al momento que el motor comienza a alimentarse por el generador entrega una carga excesiva a todo el sistema llegando hasta 28 voltios en los picos más altos. Al tener estas cargas altas de energía podría causar un daño a los circuitos del instrumento de medición.



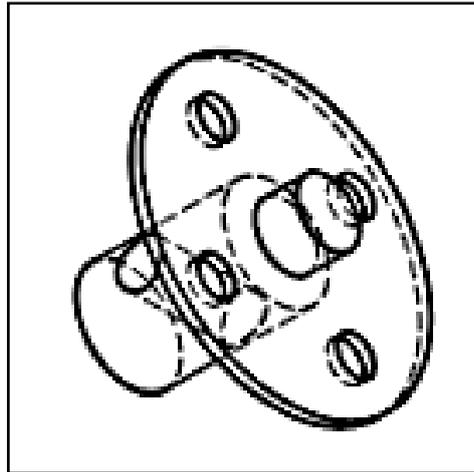
**Figura 91** Instrumento con su alimentación de energía externa



**Figura 92** Datos del manual de operación para la conexión de instrumentos.

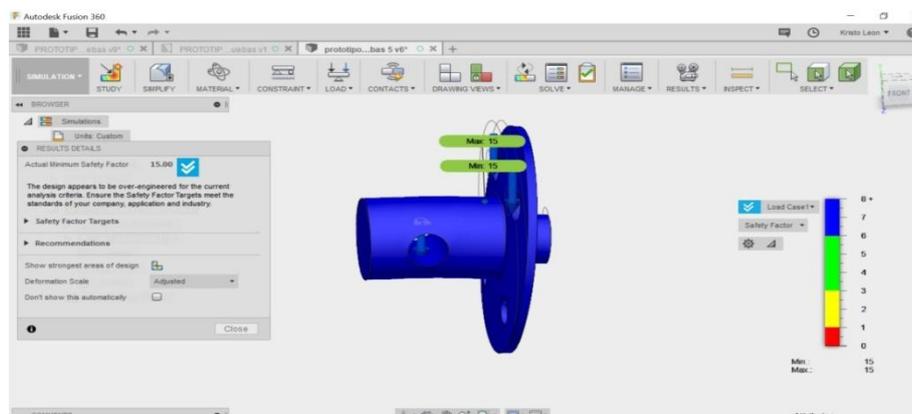
### 3.8 Montantes del motor.

Para el anclaje del motor GTP 30-54 a la estructura metálica se manufacturó 3 elementos de soporte adicionales en los costados y en la parte inferior del motor, su diseño fue realizado en el programa FUSION 360. **ANEXO C**

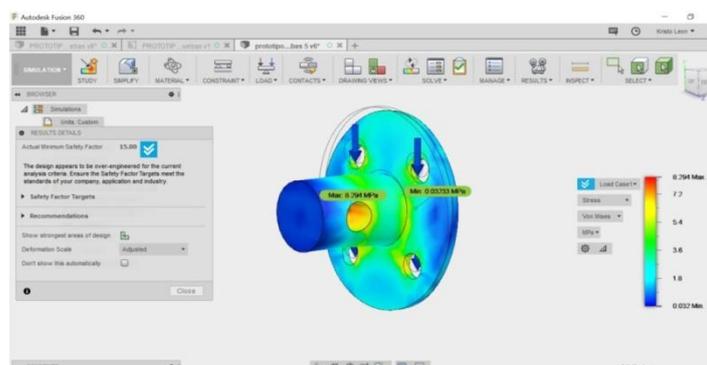


**Figura 93** Esquemático de los montantes

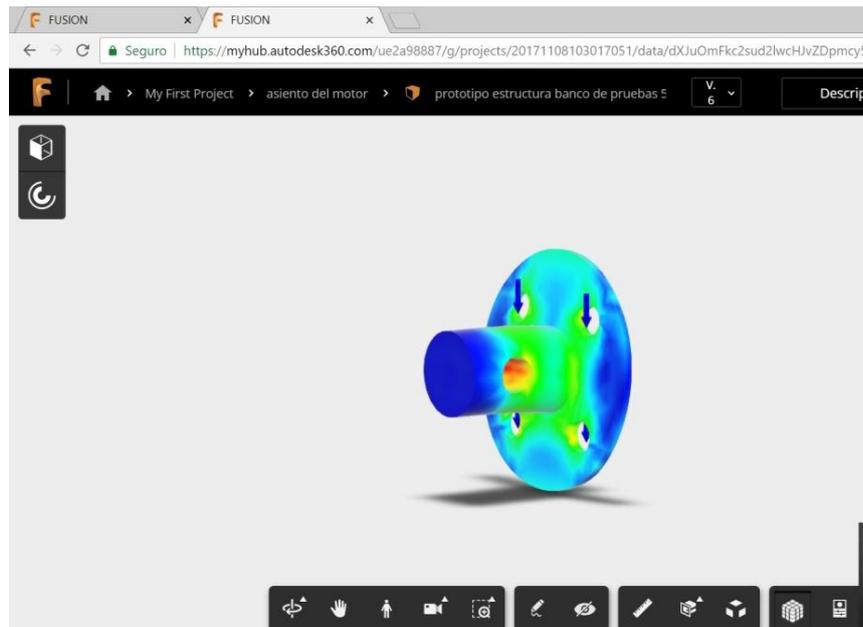
Se realizó simulaciones de esfuerzos estructurales y cortantes en los montantes del motor con la ayuda del programa FUSION 360, con un factor de seguridad del 15%, este valor permite analizar que son seguros y no se deformaran en el uso diario del banco de pruebas. **ANEXO D**



**Figura 94** Simulación de factor de seguridad en FUSION 360

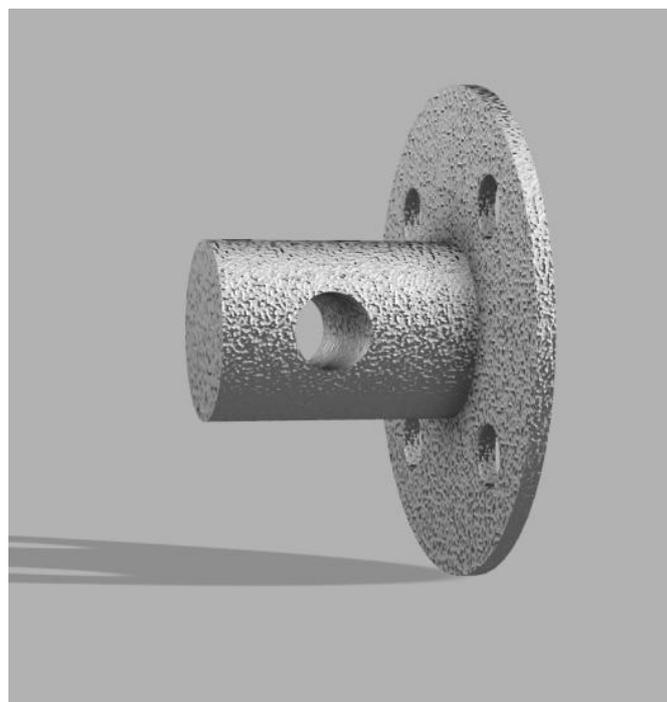


**Figura 95** Simulación de tensión en FUSION 360

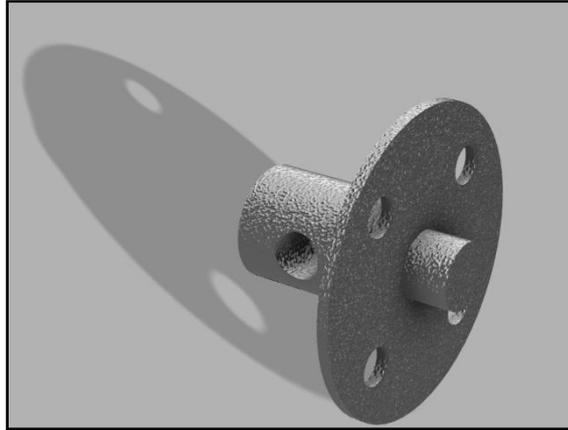


**Figura 96** Segunda simulación de tensión en FUSION 360

Para la fabricación de los tres montantes del motor el material de elección fue hierro dulce para tener las características primordiales de dureza y que el mismo sea maleable para poder realizar los orificios precisos para los pernos de sujeción con el motor y la estructura.



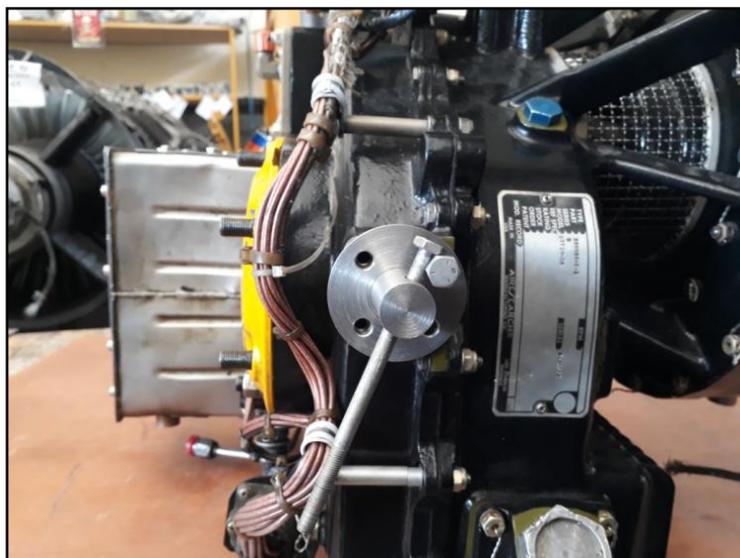
**Figura 97** Objeto en vista posterior del montante en FUSION 360



**Figura 98** Objeto en vista frontal del montante en FUSION 360



**Figura 99** Prueba de montantes sujetos al motor GTP 30-54 vista lateral



**Figura 100** Prueba de montantes sujetos al motor GTP 30-54 vista frontal

### 3.9 Costos

Las presentes tablas muestran los costos reales des proyecto, los cuales superaron al presupuesto planteado originalmente en virtud de las dificultades al momento de implementar el reservorio del sistema de combustible.

**Tabla 4 Costos Primarios**

<b>Presupuesto</b>	
<b>Elementos primarios</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Baterías 24 vdc 500 Amp	\$ 250
Tacómetro	\$ 100
Medidor de temperatura de gases de escape	\$ 120
Medidor de combustible	\$50
Voltímetro	\$65
Acero	\$70
Cableado	\$50
Galón de JP -1	\$30
Aceite	\$30
Lubricantes	\$30
Ferretería	\$30
<b>TOTAL</b>	<b>\$905</b>

**Tabla 5 Costos Secundarios**

<b>Presupuesto</b>	
<b>Elementos Secundarios</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Arriendo	\$ 100
Alimentación	\$ 90
Impresiones	\$ 10
Empastado	\$75
<b>TOTAL</b>	<b>\$275</b>

**Tabla 6 Costo Total**

<b>Presupuesto</b>	
<b>Costo total</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Elementos primarios	\$ 905
Elementos Secundarios	\$ 275
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1180</b>

## CAPITULO VI

### 4.1 Conclusiones

- Con la investigación realizada de los manuales de mantenimiento del avión Fairchild F-27 ATA 49, del manual de mantenimiento de la unidad de potencia auxiliar de la compañía Garrete modelo GTP30-54 se logró analizar cada parámetro de funcionamiento para así tener en conocimiento los rangos de operación óptimos y desfavorables en los opera el motor GTP 30-54.
- Con la adquisición de los distintos instrumentos de medición como son: revoluciones por minuto (RPM), Contador de horas de funcionamiento (Horómetro), Medidor de voltaje y la implementación de una placa Arduino con un amplificador modelo Max 665 para medir la temperatura de gases de escape (EGT) se logró el análisis de cada parámetro de funcionamiento y las anotaciones para los manuales de operación y revisión del motor dado por el fabricante.
- Con el banco de pruebas y el motor puesto en marcha se pueden realizar cada tarea de inspección y operación tanto para el mantenimiento del motor GTP 30-54, los instrumentos y dispositivos de medición del banco de pruebas, tareas esenciales para el mantenimiento preventivo y rangos de operación las cuales se plasman en los manuales realizados en el transcurso de elaboración del proyecto.

### 4.2 Recomendaciones

- Para mejorar las investigaciones en manuales de mantenimiento se debe tener conocimiento de lectura de manuales de aviación, términos generales y numeración de capítulos, nivel de inglés intermedio esto evita búsquedas erróneas, datos falsos y pérdidas de tiempo las cuales son perjudiciales para el progreso en trabajos de investigación.
- Al manipular instrumentos de medición y control se debe tener extremo cuidado para evitar de golpes, caídas, sobrealimentaciones de energía, conexiones en mal estado, mal conexión de polos negativos y positivos

estos actos pueden llevar al mal funcionamiento del equipo, lecturas erróneas de operación y quemaduras de circuitos en los instrumentos.

- Al momento de la operación del motor en el banco de pruebas siempre se debe tener y usar los dispositivos de seguridad personal como son guantes dieléctricos, tapones de oídos, orejeras para disminuir el ruido exterior, zapatos dieléctricos con punta de acero, ropa de trabajo, gafas protectoras estos actos son para precautelar la existencia del personal que opera y observa el funcionamiento del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

[http://www.skf.com/co/products/condition-monitoring/basic-condition-monitoring-products/thermometers/k-type-thermocouple-probes/index.html?WT.oss=W%2016&WT.z\\_oss\\_boost=0&tabname=Todos&WT.z\\_oss\\_rank=33](http://www.skf.com/co/products/condition-monitoring/basic-condition-monitoring-products/thermometers/k-type-thermocouple-probes/index.html?WT.oss=W%2016&WT.z_oss_boost=0&tabname=Todos&WT.z_oss_rank=33). (s.f.).

Inform, A. (09 de NOVIEMBRE de 2012). *airlines-inform*. Recuperado el 03 de MAYO de 2018, de <https://www.airlines-inform.com/commercial-aircraft/Boeing-727.html>

Interavia. (17 de Enero de 2016). *InterAvia Aircraft Engines*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de <https://interavia-aircraft-engine-parts.myshopify.com/products/one-1-new-hartzell-b-4183-2-flyweight-assembly>

Maaz, A. (12 de Mayo de 2016). *Quora*. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de <https://www.quora.com/Jet-Engines-What-is-a-turbine-plenum>

PEMBERTON. (22 de NOVIEMBRE de 2014). *hampshireairfields*. Recuperado el 15 de MAYO de 2018, de PEMBERTON BILLING and SUPERMARINE PRODUCTION: <http://www.hampshireairfields.co.uk/airfields/woo.html>

Pro-Seal, P. a. (Diciembre de 2005). *aerospace sealants application guide*. Recuperado el 30 de Febrero de 2018, de <http://www.ppgaerospace.com/getmedia/d53f5c57-4556-4637-9509-0c63a85fd574/Aerospace-Sealants-Application-Guide.pdf.aspx>

The Garrett Corporation. (1964). *Maintenance Manual Airborne Auxiliary Power Unit System (APU)*. Phoenix: AiResearch Manufacturing Division.

# ANEXOS

## **INDICE DE ANEXO**

**ANEXO A** Diseño esquemático de la estructura metálica.

**ANEXO B** Reporte del análisis de cargas estructurales del banco.

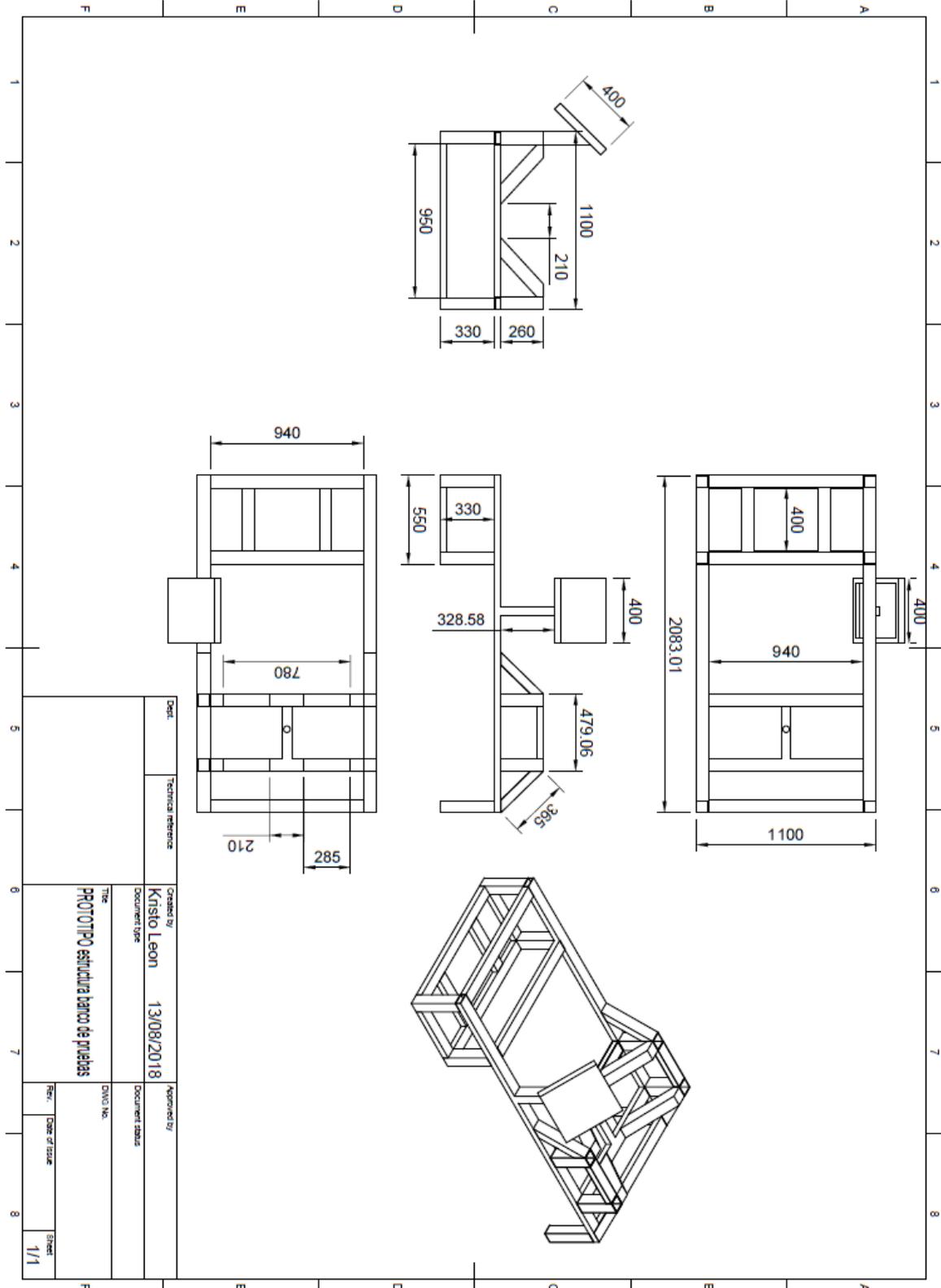
**ANEXO C** Diseño esquemático de los montantes.

**ANEXO D** Reporte del análisis de cargas de los montantes.

**ANEXO E** Manuales

# ANEXO A

## Diseño esquemático de la estructura metlica.



# ANEXO B

## Reporte del análisis de cargas estructurales del banco.

6/9/2018

Study Report

### Study Report



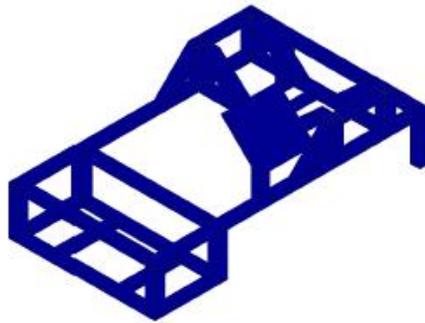
Analyzed File	PROTOTIPO estructura banco de pruebas v12
Version	Autodesk Fusion 360 (2.0.4391)
Creation Date	2018-09-06, 19:27:11
Author	Leon Kristopher

#### Project Properties

Title	Studies
Author	Acer

6/9/2018

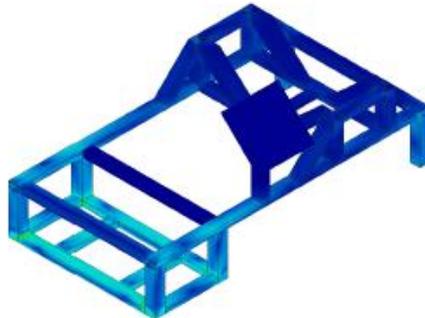
Study Report



#### Stress

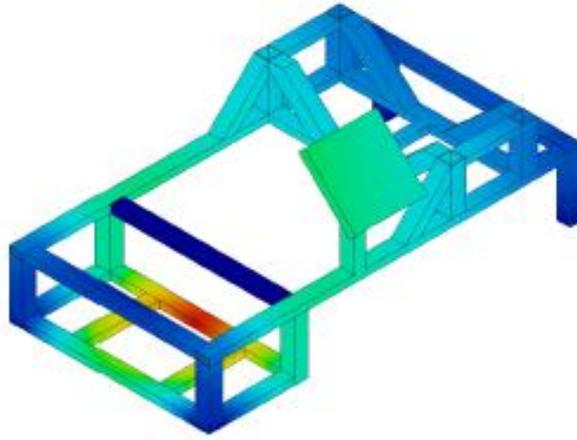
##### Von Mises

[MPa] 0 16.71



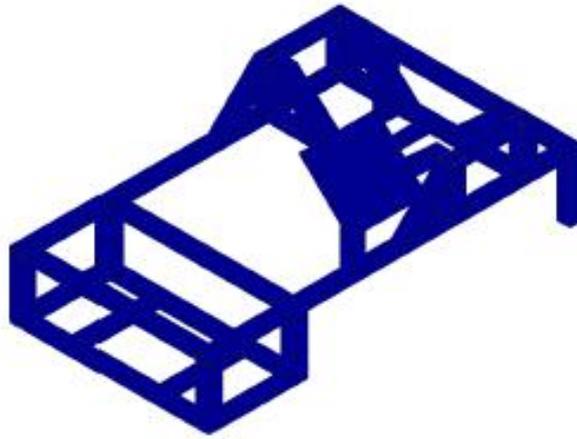
##### 1st Principal

[MPa] -6.21 16.27



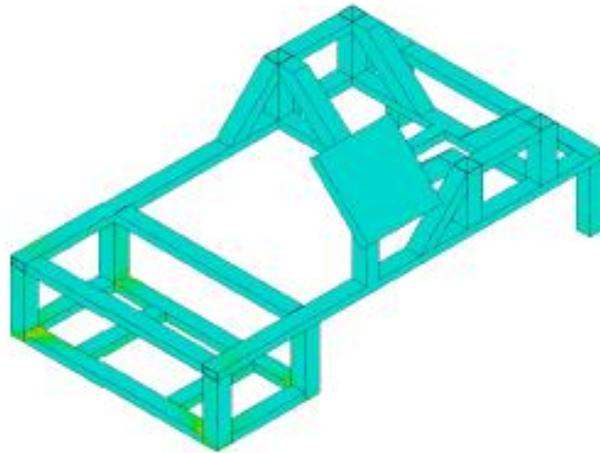
Reaction Force

Total  
[N] 0 600.5

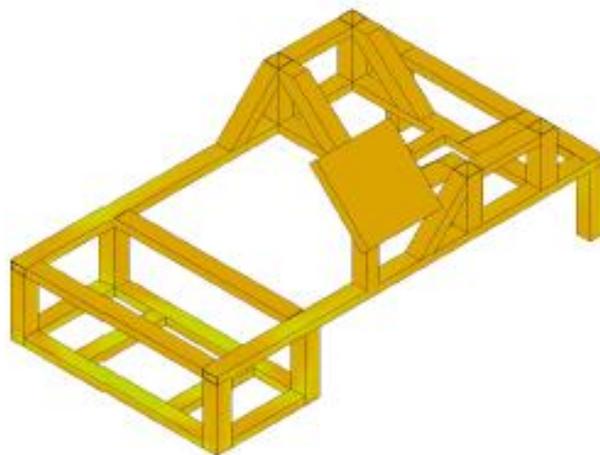


Strain

Equivalent  
0 1.352E-04

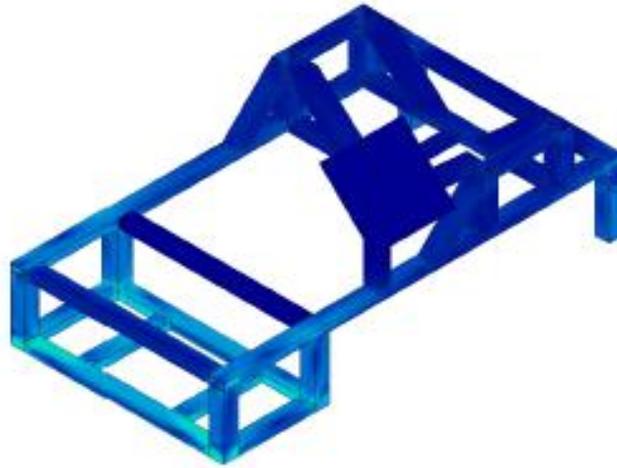


3rd Principal  
[MPa] -24.37 3.73



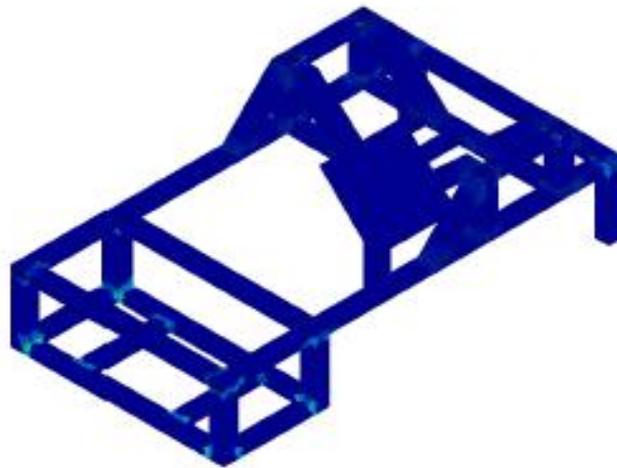
Displacement

Total  
[mm] 0 0.1476



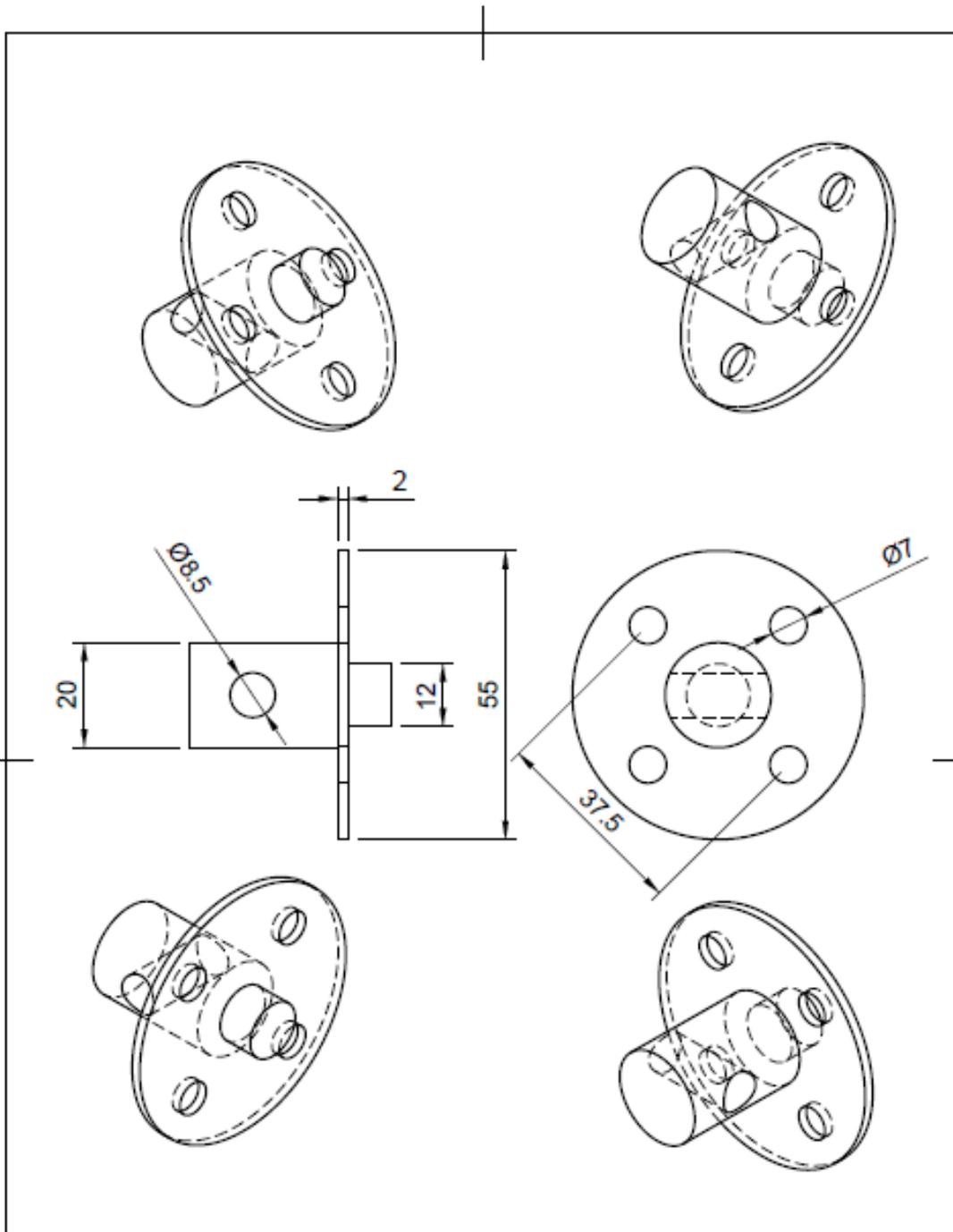
☐ Contact Pressure

☐ Total  
[MPa] 0 16.76



## ANEXO C

### Diseño esquemático de los montantes.



Dept.	Technical reference	Created by <b>Kristopher Leon 29/11/2017</b>	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Puntos de anclaje</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of Issue	Sheet <b>1/1</b>

# ANEXO D

## Reporte del análisis de cargas de los montantes.

6/9/2018

Study Report

### Study Report



Analyzed File	prototipo estructura banco de pruebas 5 v8
Version	Autodesk Fusion 360 (2.0.4391)
Creation Date	2018-09-06, 19:31:45
Author	Leon Kristopher

#### Project Properties

Title	Studies
Author	Acer

6/9/2018

Study Report

#### Simulation Model 1:1

##### Study 1 - Static Stress

###### Study Properties

Study Type	Static Stress
Last Modification Date	2018-08-12, 21:37:55

###### Settings

###### General

Contact Tolerance	0.1 mm
Remove Rigid Body Modes	No

###### Mesh

Average Element Size (% of model size)	
Solids	10
Scale Mesh Size Per Part	No
Average Element Size (absolute value)	-
Element Order	Parabolic
Create Curved Mesh Elements	Yes
Max. Turn Angle on Curves (Deg.)	60
Max. Adjacent Mesh Size Ratio	1.5
Max. Aspect Ratio	10
Minimum Element Size (% of average size)	20

###### Adaptive Mesh Refinement

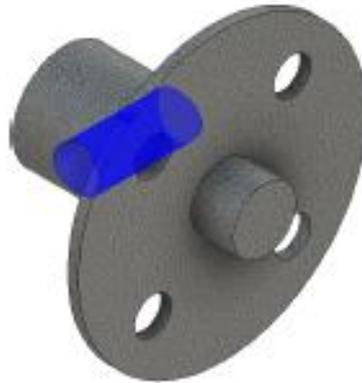
Number of Refinement Steps	0
Results Convergence Tolerance (%)	20
Portion of Elements to Refine (%)	10
Results for Baseline Accuracy	Von Mises Stress

###### Materials

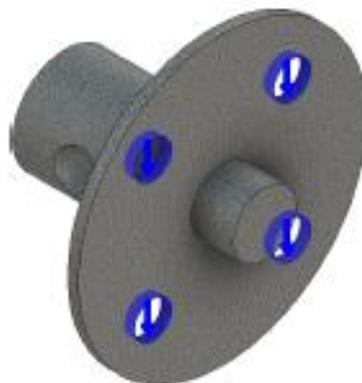
Component	Material	Safety Factor
Body2	Iron, Malleable	Yield Strength

###### Iron, Malleable

Density	7.15E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Young's Modulus	110000 MPa
Poisson's Ratio	0.3
Yield Strength	483 MPa
Ultimate Tensile Strength	586 MPa
Thermal Conductivity	0.021 W / (mm C)
Thermal Expansion Coefficient	1.2E-05 / C
Specific Heat	450 J / (kg C)

**▣ Loads****▣ Force1**

Type	Force
Magnitude	373 N
X Value	0 N
Y Value	-373 N
Z Value	0 N
X Angle	0 deg
Y Angle	0 deg
Z Angle	0 deg
Force Per Entity	No

**▣ Selected Entities**

6/9/2018

Study Report

Type	Force
Magnitude	6 N
X Value	0 N
Y Value	-6 N
Z Value	0 N
X Angle	0 deg
Y Angle	0 deg
Z Angle	0 deg
Force Per Entity	No

Selected Entities

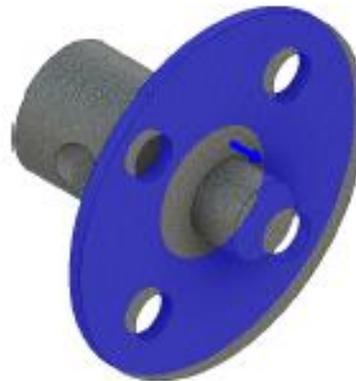


Force3

Type	Force
Magnitude	8 N
X Value	0 N
Y Value	-8 N
Z Value	0 N
X Angle	-180 deg
Y Angle	0 deg
Z Angle	0 deg
Force Per Entity	No

Selected Entities

Force Per Entity No

 Selected Entities

 Results

 Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Safety Factor		
Safety Factor (Per Body)	15	15
Stress		
Von Mises	0.03233 MPa	8.294 MPa
1st Principal	-0.3661 MPa	7.554 MPa
3rd Principal	-6.805 MPa	0.3569 MPa
Normal XX	-5.011 MPa	5.342 MPa
Normal YY	-6.126 MPa	5.702 MPa
Normal ZZ	-3.98 MPa	3.737 MPa
Shear XY	-4.788 MPa	3.257 MPa
Shear YZ	-3.413 MPa	3.813 MPa
Shear ZX	-1.097 MPa	1.334 MPa
Displacement		
Total	0 mm	0.004232 mm
X	-0.001345 mm	0.003888 mm
Y	-0.00219 mm	1.592E-04 mm
Z	-2.604E-04 mm	2.586E-04 mm
Reaction Force		
Total	0 N	34.14 N
X	-24.78 N	31.04 N
Y	-8.658 N	28.65 N
Z	-2.38 N	3.907 N
Strain		
Equivalent	4.372E-07	1.307E-04
1st Principal	3.188E-07	1.132E-04
3rd Principal	-1.132E-04	-2.466E-07
Normal XX	-5.123E-05	5.664E-05
Normal YY	-5.141E-05	4.88E-05
Normal ZZ	-3.76E-05	3.46E-05
Shear XY	-1.132E-04	7.697E-05
Shear YZ	-8.068E-05	9.012E-05
Shear ZX	-2.594E-05	3.152E-05

6/9/2018

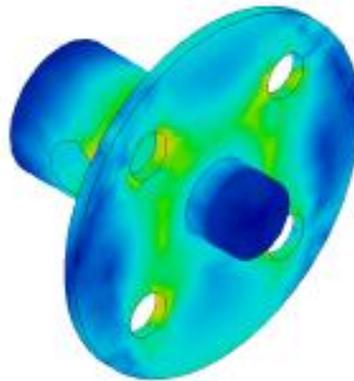
Study Report

Safety Factor (Per Body)  
0  8

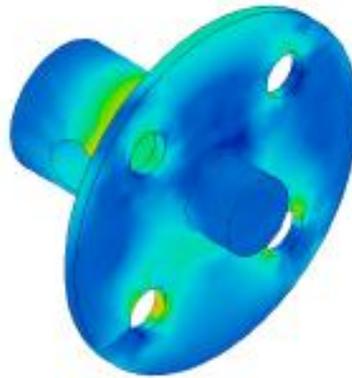


Stress

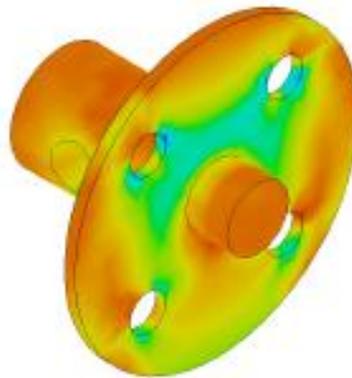
Von Mises  
[MPa] 0.032  8.294



1st Principal  
[MPa] -0.366  7.554

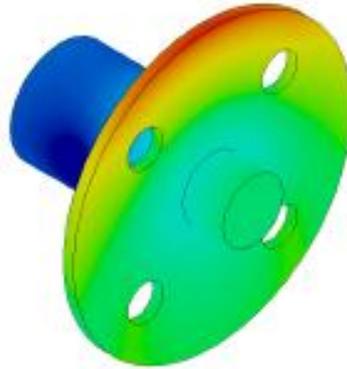


3rd Principal  
[MPa] -6.805 0.357



Displacement

Total  
[mm] 0 0.004232



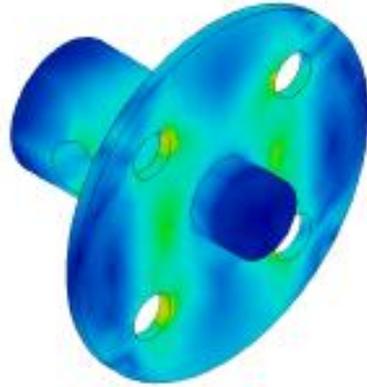
Reaction Force

Total  
[N] 0 34.14



Strain

Equivalent  
0.004E-04 1.307E-04



**ANEXO E**

Manuales



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE  
OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR MODELO  
GTP 30-54 DEL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 EN UN  
BANCO DE PRUEBAS EN EL BLOQUE 42 DE LA UNIDAD DE  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE”**



**AUTOR**

**KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN**

**LATACUNGA**

**2018**



**MANUAL DE OPERACIÓN**

**PÁG.: 01  
DE 04**

**COMPROBACIÓN DE  
PARÁMETROS DE OPERACIÓN  
DEL MOTOR GTP 30-54**

**CÓDIGO:TJ  
M-EQ-021**

**ELABORADO POR:  
KRISTOPHER STEVEN LEÓN  
MAZÓN**

**REVISIÓN:  
001**

**APROBADO POR:  
ALEJANDRO PROAÑO**

**FECHA:  
15/08/2017**

## **OBJETIVOS**

Operar el motor GTP 30-54 con los sistemas de indicación y control en el banco de pruebas.

## **ALCANCE**

Comprobar parámetros de funcionamiento del motor GTP 30-54.

## **MATERIALES YEQUIPOS**

1. Combustible JP1 mínimo 30 litros
2. Fuente de alimentación externa de 5 voltios
3. Fuente externa de alimentación de 24 voltios 600 amperios
4. Lista de verificación (ubicada en el tablero de control)
5. Equipos de protección personal

## **PROCEDIMIENTO**

Cumplir la lista de revisión del sistema detallada a continuación.

# **LISTA DE REVISION DE LOS SISTEMAS DE INDICACIÓN Y CONTROL.**

1. Verificar que la válvula de combustible de paso manual que se encuentra después del filtro se encuentre en posición abierto.
2. Conectar la fuente de alimentación de 5 voltios en el conector USB que se encuentra al costado derecho del tablero.
3. Verificar el encendido del indicador de temperatura de gases de escape (EGT).
4. Verificar que todos los interruptores estén en posición de apagado (OFF).
5. Verificar que todos los fusibles se encuentren activados.
6. Pulsar siempre el botón de parada de emergencia antes de conectar la fuente de alimentación de 24 voltios 600 amperios.
7. Conectar la fuente de alimentación de 24 voltios al banco de pruebas y encenderla.
8. Verificar el encendido del foco testigo color rojo que indica que hay energía eléctrica en el sistema.
9. Revisar en el instrumento la cantidad de voltios que se encuentra en el tablero de indicación.
10. Liberar el botón de parada de emergencia. Alimentando el sistema de energía eléctrica 24 voltios de corriente directa y 600 amperios.

**11. Secuencia de encendido:**

1. Activar el interruptor de la bomba de combustible **(BOOSTER)**
2. Esperar 15 segundos hasta que el sistema se cargue de combustible.
3. Activar el interruptor de **(START)**
4. Revisar el indicador de **(RPM)** debe llegar de 0 a 30% Rpm
5. En ese momento activar el interruptor **(IGNITION)** para que comience a generar el chispazo para el encendido de la mezcla
6. Activar el interruptor de **(SHUT OFF)** para que permita el paso de combustible a la cámara de combustión.
7. Verificar los **(RPM)** llegan al 100 %, esperar 5 segundos y desactivar el interruptor de **(START)**.
8. Verificar que los **(RPM)** se estabilicen
9. Verificar la temperatura de gases de escape no exceda los **50 C°**.
10. Desactivar el interruptor de **(IGNITION)**
11. Verificar los parámetros de funcionamiento del motor

## 12. Secuencia de apagado:

1. Verificar posición OFF al interruptor de **(START)**.
2. Verificar posición OFF al interruptor de **(IGNITION)**
3. Colocar en posición OFF al interruptor de la **(SHUT OFF)** el cual corta el combustible.
4. Verificar la disminución de los **(RPM)** en ese mismo momento.
5. Colocar en posición OFF al interruptor **(BOOSTER)**, apagando la bomba de combustible
6. Verificar la disminución de RPM al cero.
7. Cortar energía al sistema pulsando el botón de parada de emergencia.
8. Apagar y desconectar la planta externa de 24 VDC.
9. Desconectar la fuente externa de 5 voltios.

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>PÁG.: 01 DE 02</b>
	<b>COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL MOTOR GTP 30-54</b>	<b>CÓDIG O:TJM-EQ- 021</b>
	<b>ELABORADO POR: KRISTOPHER STEVEN LEÓN MAZÓN</b>	<b>REVISI ÓN: 001</b>
	<b>APROBADO POR: ALEJANDRO PROAÑO</b>	<b>FECHA: 15/08/2017</b>

**1. OBJETIVOS**

Mantener el banco de pruebas en óptimas condiciones de uso para precautelar su vida útil.

**2. ALCANCE**

Evitar la corrosión galvánica en su estructura.

Preservar los instrumentos de medición y control.

Impedir corto circuitos en el cableado.

**3. HERRAMIENTAS Y MATERIALES**

1. Desarmadores con punta plana.
2. Desarmador Philips (Punta estrella).
3. Copa número 3/8"
4. Palanca de meda vuelta
5. Crimpadora de cables.
6. Empalmes plásticos.
7. Terminales tipo redondo o de anilla.
8. Terminales de horquilla.

**4. MANTENIMIENTO ANUAL**

1. Realizar una inspección visual del cableado dentro del tablero de control e indicación.
2. Ajustar todas las tuercas en la barra de alimentación.

3. Inspeccionar todos los empalmes plásticos, terminales y la línea del cableado. (Si se encuentra rota remplazar inmediatamente).
4. **No exponer al agua estos dispositivos no soportan los líquidos.**
5. Inspeccionar los indicadores de los parámetros en busca de rupturas en sus pantallas o desgaste en sus pernos de sujeción.
6. Inspeccionar todas las masas y los positivos del sistema.
7. Realizar el mantenimiento cada 6 meses.

	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>	<b>PÁG. : 01</b>
	<b>BANCO DE PRUEBAS DE EL MOTOR GARRETT GTP 30 -54</b>	<b>DE CÓDI GO:TJM- EQ- 018</b>
	<b>ELABORADO POR: KRISTOPHER STEVEN LEON MAZON</b>	<b>REVISIÓN: 001</b>
	<b>APROBADO POR: ALEJANDRO PROAÑO</b>	<b>FECHA: 15/08/2018</b>

<p><b>1. OBJETIVOS</b></p> <p>Precautelar la salud física del personal el cual vaya ser uso del equipo.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Evitar accidentes, incidentes y enfermedades al personal.</p> <p><b>3. EQUIPOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equipos de protección auditiva.</li> <li>2. Equipos de protección visual.</li> <li>3. Equipos de protección corporal.</li> <li>4. Zapatos de trabajo.</li> <li>5. Guantes de trabajo</li> <li>6. extintor tipo PQS.</li> </ol> <p><b>4. PROCEDIMIENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siempre tener colocados los protectores auditivos.</li> <li>2. Siempre usar zapatos de trabajo con punta de acero dieléctricos.</li> <li>3. Siempre usar guantes dieléctricos para evitar descargas de energía eléctrica.</li> <li>4. Siempre usar gafas de protección por cualquier objeto expulsado en la operación.</li> <li>5. Siempre el personal debe estar al alcance un extintor tipo PQS.</li> </ol>
--

# Instrumentos del banco de pruebas

1. Tacómetro



2. Medidor de gases de temperatura



3. Voltímetro



4. Contador de horas



5. Tanque de combustible



6. Banco de pruebas



**Kristopher Steven  
Leon Mazón**



**Datos Personales**

Cedula de identidad:  
171784331-0

Edad: 23 años

Fecha de nacimiento:  
24 de febrero de 1995

Estado Civil: Soltero

Tipo de Sangre: AB+

Domicilio:  
Calle Isidro Ayora y  
Jaime Roldós Aguilera  
Latacunga

Teléfono:  
0982462122

Correo:  
krstlemasteven@gmail.com

**PRIMARIA**

30 de junio del 2005  
Unidad Educativa "Don Bosco" Quito- Ecuador

**SECUNDARIA**

29 de junio del 2012  
Técnico industrial Especialización: Electromecánica Automotriz  
Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros"

**UNIVERSIDAD**

Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE  
Egresado

**EXPERIENCIA LABORAL**

02 de julio del 2016 (actualmente)  
Cinemark del Ecuador  
Asistente de Gerencia - Técnico de tecnología del teatro  
Latacunga - Cotopaxi

29 de febrero al 15 de abril del 2016  
Escuela de Aviación y Aeroclub Pastaza.  
Ayudante de técnico aeronáutico.  
Shell - Puyo

05 de enero al 29 de agosto del 2015  
Planet Repuestos store  
Tornillería y repuestos automotrices  
Atención al cliente  
Riobamba - Chimborazo

10 de enero al 25 de junio del 2012  
Planet motors Técnicos en Inyección electrónica.  
Ayudante de técnicos automotrices  
Riobamba - Chimborazo

**REFERENCIAS**

Lic. Paula Galarza  
Cel : 0996321068 - 0991137036  
Gerente de sucursal Cinemark Maltería Plaza - Latacunga

Ing. Jorge Mazón  
Cel: 0999543951  
Gerente - Propietaria Planet Motors- Riobamba

Tlgo. Manuel Tendentza  
Telf: 032795167  
Jefe de mantenimiento - Escuela de aviación Pastaza - Shell Mera

**IDIOMAS**

Español Nativo  
Ingles nivel intermedio

**INFORMÁTICA**

Paquetes informáticos de Microsoft  
Fusión 360 autodesk  
Sistema operativo Linux ( Servidores de Proyección de video)

**Kristopher Steven Leon Mazón**

#### **REFERENCIAS**

Lic. Paula Galarza  
Cel : 0996321068 - 0991137036  
Gerente de sucursal Cinemark Malteria Plaza - Lataaunga

Ing. Jorge Mazón  
Cel: 0999543951  
Gerente - Propietaria Planet Motors- Riobamba

Tlgo. Manuel Tendentza  
Telf: 032795167  
Jefe de mantenimiento - Escuela de aviación Pastaza - Shell Mera

#### **IDIOMAS**

Ingles nivel intermedio

#### **INFORMÁTICA**

Paquetes informáticos de Microsoft  
Fusión 360 autodesk  
Sistema operativo Linux ( Servidores de Proyección de video)

#### **LICENCIAS Y CERTIFICADOS**

Certificado

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR

---

LEON MAZON KRISTOPHER STEVEN

C.C: 1717843310

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES

---

ING. RODRIGO CRISTOBAL BAUTISTA ZURITA MSC