



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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

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

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E  
INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE  
TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36 DEL  
AVIÓN ARAVA T-201”**

**AUTOR: RODRÍGUEZ SOLEDISPA JOSÉ LUCIANO**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del**

**Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
AVIONES**

**Latacunga, Febrero 2015**

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

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por JOSÉ LUCIANO RODRÍGUEZ SOLEDISPA, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

---

**ING. BAUTISTA ZURITA RODRIGO CRISTÓBAL**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga, Febrero 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE****UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD****YO, RODRÍGUEZ SOLEDISPA JOSÉ LUCIANO****DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36 DEL AVIÓN ARAVA T-201” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Febrero 2015

-----  
Rodríguez Soledispa José Luciano

C.I. 1310275282

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

**Yo, Rodríguez Soledispa José Luciano**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la Biblioteca Virtual y/o revista de la institución del trabajo “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36 DEL AVIÓN ARAVA T-201”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero 2015

-----  
Rodríguez Soledispa José Luciano

C.I. 1310275282

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo tiene aporte significativo de parte de Dios, mi familia y amigos y por ende se los dedico.

A Dios Todopoderoso por regalarme el milagro más grande de todos, la vida; permitiendo vivir el día a día con los seres que amo.

A mis padres que con esfuerzo depositaron en mi amor y confianza permitiendo mi preparación integral.

A mi esposa Mariuxi e hijos Paula y Alexander por llenar ese espacio que todo ser humano requiere para aprender a amar y ser amado sin importar el momento.

A tres personas importantes en mi vida que lamentablemente terminaron sus días mientras realizaba mis estudios pero que influyeron considerablemente, Dios los tenga en su gloria: mi abuelo Luciano, mi hermano Antonio y mi camarada buen amigo Franklin Urbano.

José Luciano Rodríguez Soledispa

## AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía espiritual, a mis padres y hermanas puntos de apoyo incondicional, a mis instructores académicos por el aporte en materia de conocimiento, formación y cultura; a la Brigada de Aviación del Ejército No. 15 “PAQUISHA”, por prepararme académicamente y formarme como profesional. Finalmente a la Universidad que me ofreció la oportunidad de estudiar en ella y socializar con un entorno diferente a mi trabajo.

José Luciano Rodríguez Soledispa

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
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 Generales.....	3
1.4.2 Específicos.....	3
1.5 Alcance.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Avión Arava.....	5
2.2 Datos generales.....	5
2.2.1 Performances.....	5
2.2.2 Medidas.....	6
2.3 Sistema eléctrico.....	7

2.4 Sistema de instrumentos .....	9
2.5 Motor PT6A-36.....	10
2.5.1 Especificaciones del motor.....	12
2.5.2 Descripción del modelo .....	13
2.6 Banco de pruebas .....	13
2.6.1 Definición.....	13
2.6.2 Componentes comunes de un banco de pruebas .....	14
2.7 Principales componentes del banco de pruebas del proyecto.....	15
2.7.1 Aceite .....	15
2.8 Sistema de presión .....	17
2.9 Sistema de indicación del motor.....	17
2.9.1 Sistema de indicación de presión de torque .....	18
2.9.2 Indicación de aceite del motor.....	20
2.10 Bomba hidráulica .....	22
2.10.1 Bomba Barfield 2311F P/N 101-00211 .....	22
2.11 Manómetros .....	23
2.11.1 Manómetros con glicerina.....	24
2.12 Corriente eléctrica .....	24
2.12.1 Intensidad .....	25
2.12.2 Fuerza electromotriz (voltaje) .....	25
2.12.3 Resistencia.....	26
2.13 Generación eléctrica en aeronaves.....	26
2.13.1 Fuente DC.....	26
2.13.2 Fuente AC.....	28
2.14 Conductores eléctricos .....	29
2.14.1 Diferencia entre un cable y un alambre .....	30
2.14.2 Características peculiares del cableado aeronáutico.....	31



	ix
2.15 Terminales .....	31
2.16 Interruptor de palanca o toggle switch .....	32
2.17 Válvula de paso .....	33
2.17.1 Válvula de bola .....	33
2.18 Normas de seguridad .....	35
2.18.1 Simbología.....	35
2.18.2 Procedimientos .....	35
2.18.3 Normas Generales.....	36
CAPÍTULO III.....	37
DESARROLLO DEL TEMA .....	37
3.1 Consideraciones generales.....	37
3.2 Factibilidad del proyecto .....	37
3.2.1 Factor técnico .....	38
3.2.2 Factor legal.....	38
3.2.3 Factor operacional .....	38
3.2.4 Factor económico.....	38
3.3 Construcción .....	39
3.3.1 Aspecto mecánico.....	39
3.4 Aspecto económico .....	40
3.4.1 Costo de construcción .....	40
3.5 Diseño y construcción del banco de pruebas.....	40
3.5.1 Objetivo del banco de pruebas .....	40
3.5.2 Descripción del banco de pruebas .....	40
3.5.3 Orden a seguir para la construcción del banco de pruebas .....	41
3.6 Diagrama hidráulico básico .....	41
3.7 Diagrama hidráulico del banco de pruebas.....	43
3.8 Instalación de cañerías y componentes hidráulicos .....	45

	x
3.9 Diseño de diagramas del sistema eléctrico .....	47
3.9.1 Circuito eléctrico básico.....	47
3.10 Instalación de componentes eléctricos .....	51
3.11 Diseño de planos .....	57
3.12 Construcción de la estructura metálica.....	60
3.12.1 Materiales y maquinas herramientas utilizadas .....	60
3.12.2 Proceso de construcción .....	62
3.13 Acabados .....	70
3.14 Señalización .....	72
3.15 Pruebas de funcionamiento.....	72
3.15.1 Procedimiento operacional .....	74
3.16 Elaboración de manuales .....	76
3.16.1 Tipo de manuales .....	77
3.17 Lista de chequeos .....	88
3.18 Presupuesto .....	89
3.18.1 Rubros .....	89
CAPÍTULO IV .....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
4.1 Conclusiones.....	92
4.2 Recomendaciones.....	92
GLOSARIO .....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS .....	96

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Engine leading particulars .....	12
Tabla 2. Tablas de conversión de unidades de presión.....	14
Tabla 3. Lista de materiales .....	60
Tabla 4. Lista de máquinas herramientas .....	61
Tabla 5. Lista herramientas manuales .....	61
Tabla 6. Codificación de manuales y hoja de registro del banco de pruebas .....	77
Tabla 7. Costo máquinas herramientas y equipos .....	89
Tabla 8. Costos primarios .....	90
Tabla 9. Costo de mano de obra.....	91
Tabla 10. Costos secundarios.....	91
Tabla 11. Costo total del proyecto.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Avión Arava .....	5
Figura 2. Dimensiones vista lateral .....	6
Figura 3. Dimensiones vista frontal .....	7
Figura 4. DC Electrical power system components locations .....	8
Figura 5. AC Inverter System .....	9
Figura 6. Instruments and control panels location .....	9
Figura 7. Engine-right rear view (typical) .....	10
Figura 8. Engine basic configuration.....	11
Figura 9. Mobil Jet Oil II .....	16
Figura 10. Torquemeter indicator.....	18
Figura 11. Torquemeter transmitter.....	19
Figura 12. Oil pressure switch .....	20
Figura 13. Oil pressure and temperature indicators location .....	21
Figura 14. Oil pressure transmitter and temperature bulb location.....	21
Figura 15. Bomba de presión Barfield 231 1F P/N 101-00211 .....	23
Figura 16. Manómetro con glicerina .....	24
Figura 17. Ground power unit.....	27
Figura 18. External power receptacle .....	28
Figura 19. A Static invertir .....	29
Figura 20. Wires .....	30
Figura 21. Terminal .....	31
Figura 22. Interruptor SPST.....	32
Figura 23. Interruptor SPDT .....	33
Figura 24. Válvula de bola.....	34
Figura 25. Simbología de seguridad.....	35
Figura 26. Basic hydraulic system .....	41
Figura 27. Sistema hidráulico abierto.....	42
Figura 28. Sistema hidráulico cerrado.....	43
Figura 29. Diagrama básico del banco sin bomba accionada .....	44
Figura 30. Diagrama básico del banco con bomba accionada .....	44
Figura 31. Bomba Barfield .....	45

Figura 32. Cañería de conexión al transmisor de presión de torque .....	46
Figura 33. Cañería de conexión desde la bomba a los sistemas.....	46
Figura 34. Circuito eléctrico básico .....	47
Figura 35. Torquemeter Pressure Indicating Circuit en AutoCAD.....	49
Figura 36. Oil Pressure Indicating Circuit en AutoCAD.....	49
Figura 37. Diagrama de componentes eléctricos .....	49
Figura 38. Esquema completo del sistema de indicación en AutoCAD.....	50
Figura 39. Secciones eléctricas del banco de pruebas.....	51
Figura 40. Designación de cables conectados a relés.....	52
Figura 41. Relés listos para instalación .....	52
Figura 42. Relés instalados en el banco.....	53
Figura 43. Receptáculo de conexión 28 VDC.....	54
Figura 44. Instalación de relés y receptáculo de 28 VDC .....	54
Figura 45. Instalación de luces, fusibles, interruptores y plugs (frente).....	55
Figura 46. Suelda con cautín del cableado .....	55
Figura 47. Señalización de conductores .....	56
Figura 48. Amarre de conductores .....	56
Figura 49. Verificación de fallas en suelda.....	57
Figura 50. Vista básica acotada en AutoCAD .....	58
Figura 51. Plano soporte tubos en Inventor .....	59
Figura 52. Vista en AutoCAD de los componentes del banco .....	60
Figura 53. Equipo de protección individual.....	62
Figura 54. Corte diagonal con sierra .....	63
Figura 55. Armado de la base de los costados .....	63
Figura 56. Unión de estructura mediante puntos de suelda .....	64
Figura 57. Proceso de soldadura en estructura.....	65
Figura 58. Estructura base terminada .....	65
Figura 59. Medición y marcado para corte.....	66
Figura 60. Revestimiento superior terminado.....	67
Figura 61. Remachado y sujeción .....	67
Figura 62. Vista frontal fondeada.....	68
Figura 63. Caja metálica montada en el banco .....	69
Figura 64. Compuerta de dos divisiones con bisagras y seguro .....	69

	xiv
Figura 65. Pegado de moqueta gruesa.....	71
Figura 66. Pegado de moqueta fina.....	71
Figura 67. Señalización .....	72
Figura 68. Comprobación de funcionamiento del banco de pruebas .....	73

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad construir un equipo que efectúe la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36 para que sirva de ayuda en el mantenimiento e inspecciones de las aeronaves.

Un estudio exhaustivo y minucioso de los sistemas de presión de torque y aceite en los diferentes manuales tanto del avión como del motor permitió la elaboración del presente proyecto de grado. El trabajo investigativo está constituido por cuatro capítulos, los cuales se explican a continuación:

**El Capítulo I.** Describe el tema, los antecedentes, justificación, objetivos y alcance.

**El Capítulo II.** Incorpora los fundamentos teóricos básicos del avión, la conceptualización y alcance de los bancos de pruebas, el sistema de presión de torque, el sistema de presión de aceite, los componentes básicos para la construcción y operación del equipo, y las normas de seguridad.

**El Capítulo III.** Establece los procedimientos de construcción, funcionamiento y operación del banco de pruebas con sus respectivos manuales y procesos.

**El Capítulo IV.** Detalla las conclusiones y recomendaciones realizadas una vez culminado el proyecto, también contiene documentación de respaldo anexada.

## RESUMEN

La tecnología ha tenido un auge notable en los últimos tiempos y ya no hay limitación para su aplicación en ningún campo, profesión u otro ámbito; la Aviación del Ejército Ecuatoriano hace eco de estos avances modernos y basado en estos principios, incorpora aeronaves equipados con equipos de última generación para cumplir con su misión de apoyo al desarrollo del país, al mismo tiempo prepara a su personal técnico en instituciones de educación superior en donde se forman académicamente y desarrollan destrezas que benefician directamente al ente militar efectuando el diseño y construcción de equipos, softwares, etc., cuya aplicación está vinculada al mantenimiento de aeronaves. El aporte técnico y económico son los principales beneficios de esta cadena de ayuda mutua, generando la adquisición de conocimientos en el personal que posteriormente opera y ejecuta labores de mantenimiento con estos equipos, además consecuentemente disminuye el gasto que origina trasladar los elementos a otras localidades del país para efectuarle las calibraciones y comprobaciones correspondientes reduciendo también el tiempo de trabajo al contar en sus propios talleres con esta asistencia técnica. El tributo económico aportado en cuanto a educación, preparación y desarrollo intelectual no es un gasto, es una inversión a futuro. La eficiencia de un Ejército depende del nivel tecnológico del material que se dispone y de la calidad del personal que le sirve y le mantiene.

**PALABRAS CLAVES: EQUIPOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS, MANTENIMIENTO DE AERONAVES, CALIBRACIONES Y COMPROBACIONES, ASISTENCIA TÉCNICA.**



## SUMMARY

Technology has had a boom in recent times and there is no limitation for application in any field, profession or other field; Ecuadorian Army Aviation echoes these modern advances and based on these principles, incorporates aircraft equipped with latest equipment to fulfill its mission to support the development of the country, while preparing their technical personnel in institutions of higher education where they are academically and develop skills that directly benefit the military institution making the design and construction of equipment , software, etc., whose application is linked to aircraft maintenance. The technical and economic support are the main benefits of this chain of mutual aid, generating knowledge acquisition on staff who subsequently operates and performs maintenance on this equipment, plus consequently decreases the expense originates move items to other locations country to effect you calibrations and corresponding checks also reducing working time to tell in their own workshops with this technical assistance. The economic toll contributed in education, training and intellectual development is not an expense but an investment in the future. The efficiency of an army depends on the technological level of the material available and the quality of the staff that serves and keeps it.

**KEYWORDS: LASTEST EQUIPMENT, DESIGN AND CONSTRUCTION OF EQUIPMENT, AIRCRAFT MAINTENANCE, SETTINGS AND CHECKS, TECHNICAL ASSISTANCE.**

## CAPÍTULO I

### EL TEMA

Construcción de un banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36 del avión Arava T-201.

#### 1.1 Antecedentes

El Grupo Aéreo N° 44 “PASTAZA” es parte integrante de la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, localizado en la Provincia de Pastaza, Parroquia Shell-Mera, dentro de las inmediaciones del Aeropuerto “Rio Amazonas”, teniendo a su haber aviones Arava T-201, Casa CN-212, Casa CN-235, avionetas CJ-6 y Cessna T-206 que ayudan a cumplir con la labor de apoyo comunitario, transporte de pasajeros, víveres, medicina, etc.; a diferentes destinos de la zona amazónica ecuatoriana.

El talento humano que conforma el Grupo Aéreo se encuentra en permanente actualización de conocimientos aportando con eficiencia y eficacia en las diferentes tareas de mantenimiento aéreo que se originan al interior de la unidad, colaborando además con las pequeñas y grandes empresas aéreas asentadas en la localidad.

El alto nivel de exigencia en cuanto a operatividad procurando mantener altos estándares en el mantenimiento de aeronaves y contar con una flota de aeronaves equipadas con sistemas tecnológicos de última generación, origina la necesidad de preparación y actualización en materia técnica aeronáutica del personal militar perteneciente a esta Institución.

Con este fin el personal de técnicos recibe preparación en el ámbito aeronáutico dentro y fuera del país; siendo dentro del Ecuador, el ex-Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) integrado y denominado desde el 13 de Enero del 2014 como la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas

Armadas – ESPE, localizado en Latacunga, ente que desde sus inicios aporta con capacitación académica a los señores voluntarios que son enviados a especializarse en las diferentes carreras tecnológicas que ofrece la Institución.

El personal una vez que egresa previa aprobación de las materias que la malla curricular de su especialidad requiere, y cumpliendo a cabalidad con los artículos que la Ley Orgánica de Educación Superior establece, realiza un Trabajo de Graduación para la obtención del Título asegurando así una formación tecnológica de carácter integral, dialéctica y científica.

Los antecedentes que se han tomado como guía de referencia para la elaboración de este trabajo de investigación forman parte del Proyecto de Grado realizado por el Sr. Cueva Cruz Tomás Oswaldo cuyo tema es: “Construcción de un banco de prueba para la calibración y comprobación de un switch de presión de autoembanderamiento del motor PT6A-36 para el avión Arava T-201”.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

En lo correspondiente a maquinarias y equipos necesarios para efectuar determinadas comprobaciones y chequeos de los componentes de las aeronaves existen ciertas carestías, una parte de estas regulaciones y chequeos se efectúan en ciudades tales como Quito, Latacunga y Guayaquil; otras han sido suplidas con el aporte significativo del personal que egresa de la Unidad de Gestión de Tecnologías, quienes efectúan habilitación y rehabilitación de equipos y maquinarias, elaboración de ayudas didácticas, construcción de bancos de prueba, etc.

Uno de las secciones con mayores requerimientos es la de motores PT-6 de aviones Arava, flota que contribuye con el apoyo de servicio logístico y de transporte a las unidades y comunidades del interior de la Amazonía, la misma que demanda permanentemente del control, mantenimiento y vigilancia de los parámetros e indicaciones de los componentes y equipos que trabajan con presión de torque y presión de aceite en el motor para así mantenerlo en condiciones de operación segura.

### **1.3 Justificación**

El Grupo Aéreo 44 mantiene un considerable desembolso económico al trasladar los equipos e instrumentos de las aeronaves con frecuencia a ciudades que se encuentran distantes en otras provincias para que sean efectuadas las calibraciones, inspecciones y regulaciones; el incremento del tiempo utilizado en el mantenimiento; el riesgo de pérdidas por robos y los daños por mala manipulación son también productos de estos viajes de larga distancia.

De no solucionar estas falencias el Grupo mantendrá esta problemática con resultados adversos y disminución en el mejoramiento de calidad productiva; facilitando la implementación de este proyecto se obtendrá la optimización de recursos, ayudando a mantener operativas las aeronaves pues se reducirá el tiempo utilizado en efectuar el mantenimiento además del aporte a los técnicos como guía práctica de enseñanza acerca del funcionamiento de equipos e instrumentos transmisores de presión de torque y presión de aceite contribuyendo así a la economía y desarrollo del Grupo Aéreo No 44.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Generales**

Construir un banco de pruebas en el Grupo Aéreo N° 44 "PASTAZA" para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones en transmisores de presión de torque y aceite del motor PT6A-36, mediante procedimientos técnicos de mantenimiento aéreo.

#### **1.4.2 Específicos**

- Seleccionar la documentación técnica relacionada con el funcionamiento de los componentes del sistema implicado en el proyecto.
- Determinar materiales y elementos que se van a utilizar en la construcción del banco de pruebas.

- Elaborar diagramas esquemáticos con la ubicación de los elementos y componentes del banco de prueba de acuerdo a la documentación técnica.
- Construir el banco según el diagrama propuesto con los materiales y elementos establecidos observando normas de seguridad.
- Verificar y probar la operabilidad del equipo con el ánimo de validar su desempeño.
- Elaborar un manual de operación para el uso y mantenimiento del equipo.

### **1.5 Alcance**

El alcance de este trabajo de grado facilita la comprobación de parámetros e indicaciones y el chequeo funcional de transmisores de presión de torque y aceite del motor PT6A-36 mejorando y facilitando las tareas de mantenimiento aéreo, con su implementación se obtendrá la optimización de recursos, contribuyendo así a la economía de la 15-B.A.E y al desarrollo del Grupo Aéreo No 44.

La implementación en el área de motores PT6 propenderá en el desarrollo técnico-intelectual del personal técnico con la práctica directa del equipo adquiriendo nuevos conocimientos: cabe indicar que al finalizar este trabajo de grado su implementación será inmediata en el área de mantenimiento específicamente en la Sección de Aviones Arava.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Avión Arava

Diseñado para despegue y aterrizajes en pistas cortas no preparadas, fabricado por la Industria Aeronáutica Israelí, modelo 201 para uso militar. Realiza transporte de carga, personal, evacuación aero-médica, salto de paracaidistas, transporte de vehículos etc. Tiene dos motores turbo hélice Pratt & Whitney PT6A-36 con hélice tri-pala y capacidad de frenado con ángulo de incidencia negativo.<sup>1</sup>



**Figura 1. Avión Arava**

#### 2.2 Datos generales

##### 2.2.1 Performances

- Año de fabricación                      1975, 1992
- Capacidad de pasajeros                20
- Equipos de comunicación              HF, VHF
- Equipos de navegación                 ADF, VOR, GPS

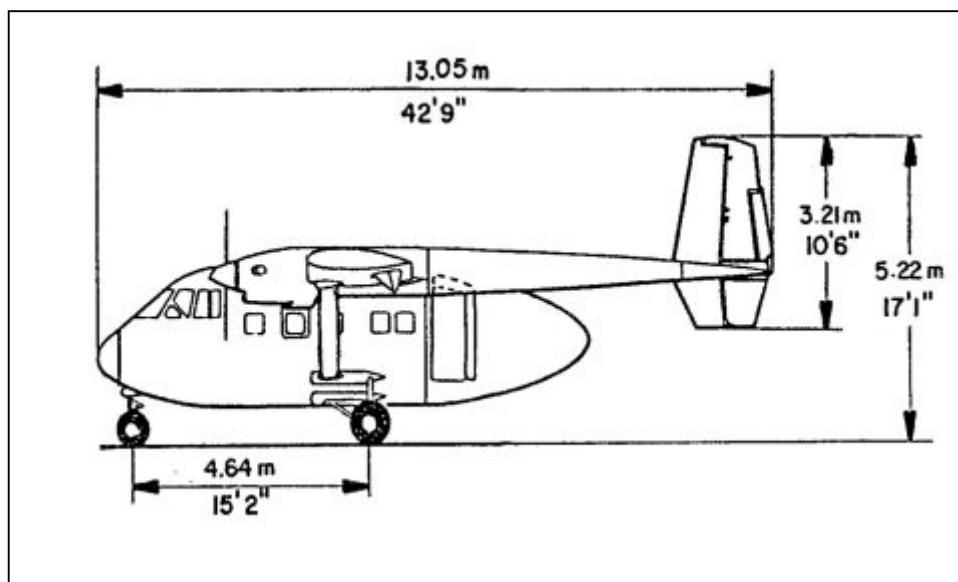
---

<sup>1</sup> (Israel Aircraft Industries Ltd., Arava Maintenance Manual, 1989)

- Tipo de combustible JP1
- Capacidad combustible 138 galones x 2 depósitos principales
- Capacidad combustible 64 galones x 2 depósitos auxiliares
- Consumo de combustible 45 galones x hora cada motor
- Peso máximo de despegue 15000 libras
- Techo máximo de vuelo 20000 ft. con suministro de oxígeno
- Autonomía de vuelo 4:00 horas

### 2.2.2 Medidas

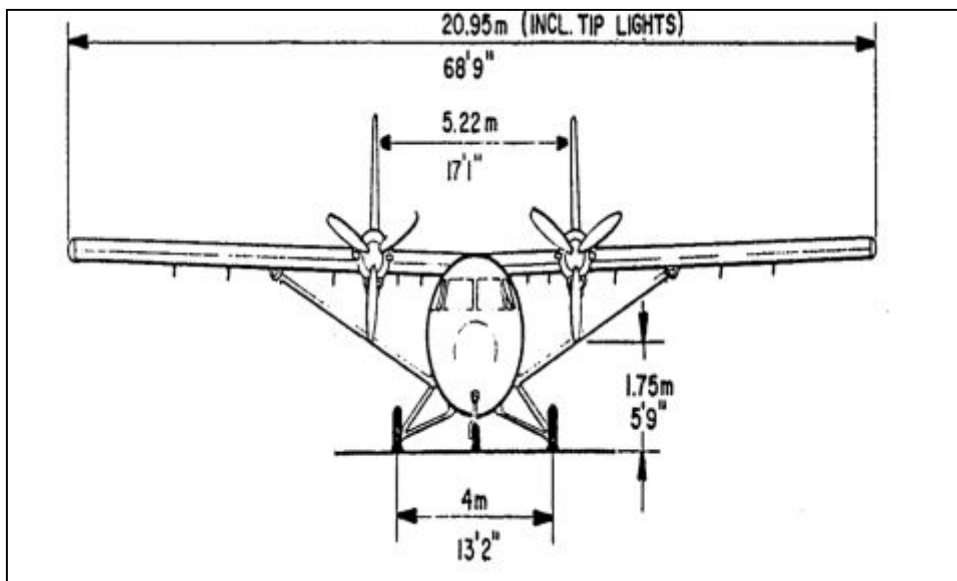
- Longitud 13,05m
- Envergadura de las alas 20,95m
- Altura 5,2m
- Ancho del piso 1,85m
- Ancho interior máximo 2,33m
- Distancia de ruedas principales 4m
- Distancia rueda de nariz a la principal 4,6m



**Figura 2. Dimensiones vista lateral**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual<sup>2</sup>

<sup>2</sup> (Israel Aircraft Industries Ltd., Arava Maintenance Manual, 1989)



**Figura 3. Dimensiones vista frontal**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual

### 2.3 Sistema eléctrico

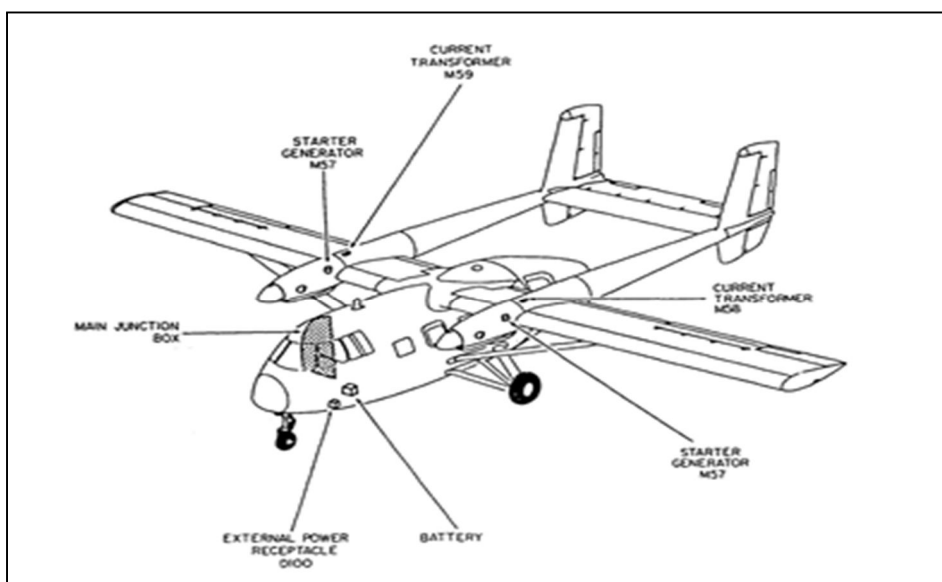
Este sistema fue diseñado para suministrar la potencia eléctrica en corriente continua. Esta corriente es utilizada para accionar los motores eléctricos de los diversos sistemas que forman parte del avión como así también para luces y avisos de seguridad. Por intermedio de esta corriente se accionan convertidores estáticos los que suministran corriente alterna para su utilización en los sistemas de instrumental y vuelo.

Dos arrancadores-generadores instalados sobre los motores proveen la energía correspondiente. El suministro de los generadores es de 28 VDC, con una corriente de 170 amperios y máxima de 250 amperios. Una batería de níquel-cadmium también suministra 24 VDC en casos de emergencia, pudiéndose igualmente arrancar el motor por medio de esta batería.

En tierra tenemos GPU (unidad de potencia en tierra), que suministra potencia eléctrica para el arranque de motores. En el avión hay corriente alterna de 115 voltios con una frecuencia de 400 Hz monofásica. El suministro de corriente alterna se obtiene con el uso de convertidores estáticos que se encuentran en el piso de la



cabina de vuelo al lado del piloto, y se accionan con un interruptor para cada convertidor. Una luz de peligro AC VOLTAGE FAILED localizada en el panel anunciador se ilumina cuando el voltaje de 115 VAC cae por debajo de los 100 VAC.



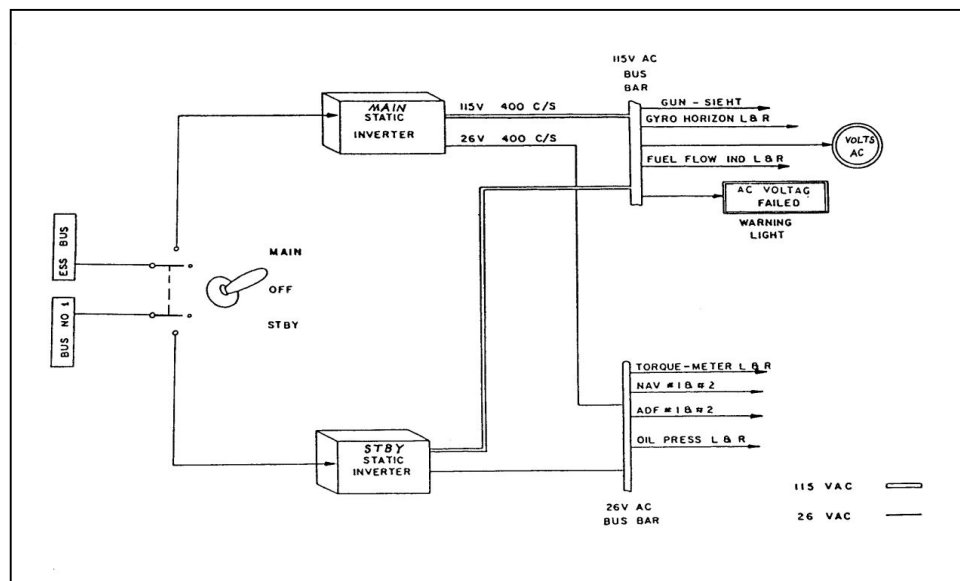
**Figura 4. DC Electrical power system components locations**

**Fuente:** Arava Training Handbook<sup>3</sup>

En el avión hay corriente alterna de 115 voltios con una frecuencia de 400 Hz. monofásica. El suministro de corriente alterna se obtiene con el uso de convertidores estáticos que se encuentran en el piso de la cabina de vuelo al lado del piloto, y se accionan con un interruptor para cada convertidor.

La corriente la recibe el convertidor de la barra principal y la luz indicadora de la falta de corriente que se encuentra en el tablero de advertencia. Esta luz es accionada por un relevador sensible a la corriente alterna. Un voltímetro mide la tensión de la barra de conexión. Todos los relevadores del sistema se encuentran en la caja de corriente alterna en el lado izquierdo de la cabina de vuelo.

<sup>3</sup> (Israel Aircraft Industries Ltd., Arava Training Handbook, 1998)

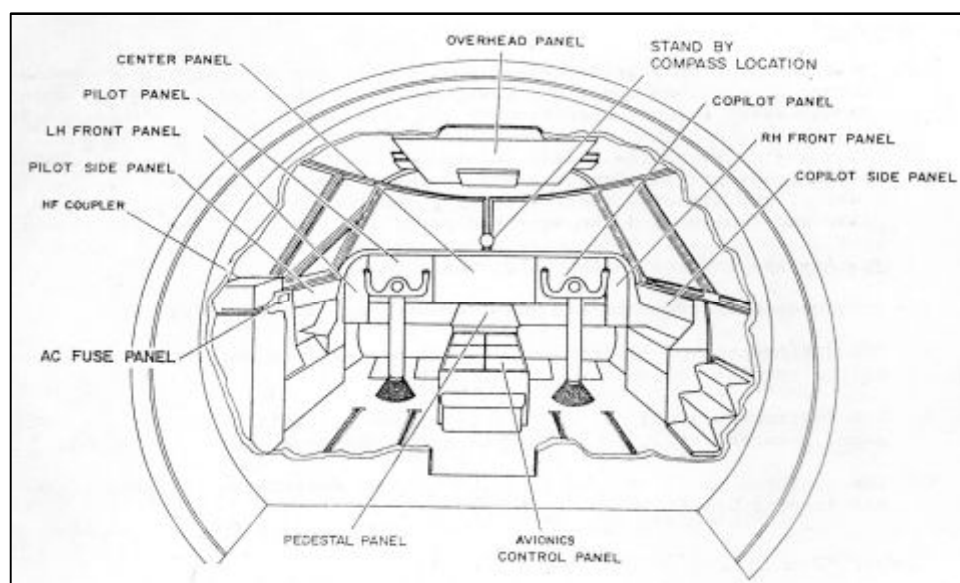


**Figura 5. AC Inverter System**

**Fuente:** Arava Training Handbook

## 2.4 Sistema de instrumentos

Este sistema abarca los paneles de control e instrumentos sobre los cuales están montados los indicadores y switches de instrumentos que son necesarios para la operación de la aeronave.



**Figura 6. Instruments and control panels location**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual

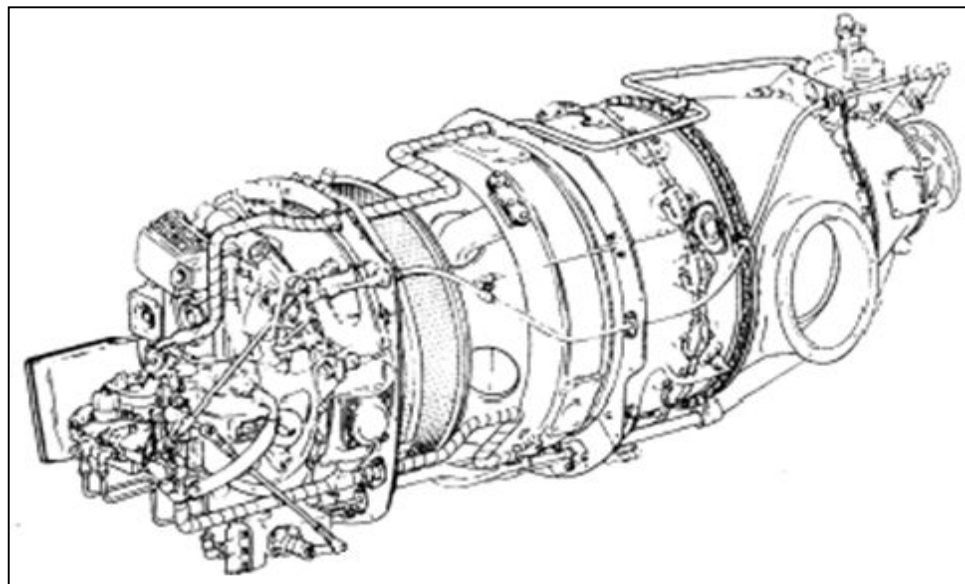
Los paneles están montados en la cabina de vuelo y son: el panel de fusibles AC, el panel central, el panel de aviónicos, el panel de sobre cabeza; cuando se efectuó el mantenimiento de los diferentes paneles e instrumentos se debe aplicar precauciones de seguridad.

Cuando se reemplace un instrumento, switch o componentes similares se debe desconectar la fuente y el circuit breaker correspondiente para des-energizar el circuito.

## 2.5 Motor PT6A-36

La planta de potencia serie PT6A es un motor de turbina libre, el motor utiliza dos secciones de turbina independientes: una acciona el compresor en la sección de generadora de gases y la segunda (turbina de potencia de dos etapas) acciona el eje de la hélice a través de una caja reductora de engranajes.

El motor es autosuficiente ya que su sección generadora de gases acciona su sistema de aceite el cual proporciona lubricación para todas las áreas del motor, la presión para el torque y el poder para el control de paso de la hélice.



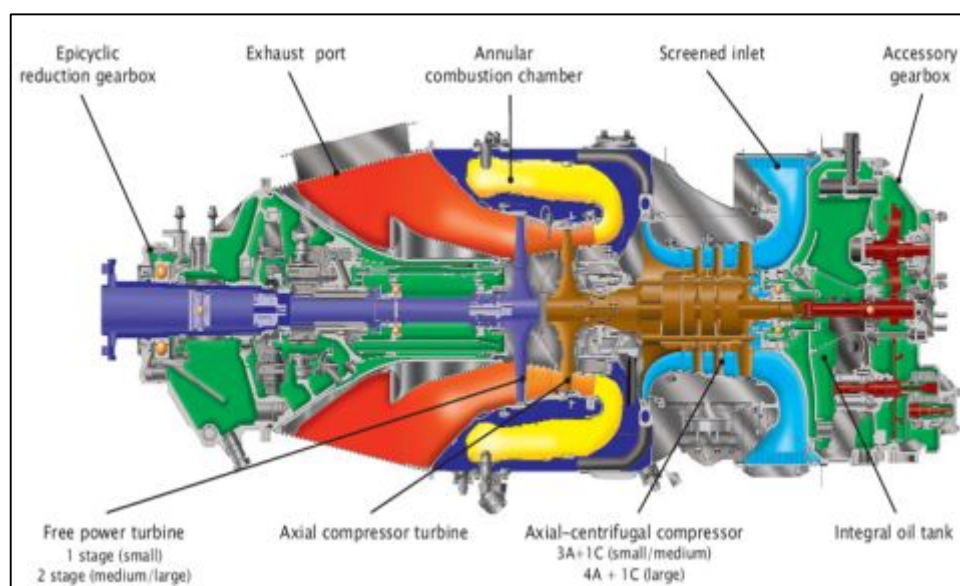
**Figura 7. Engine-right rear view (typical)**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual

El aire de entrada ingresa al motor a través de una cámara anular, formado por la caja de entrada del compresor, desde donde es dirigida hacia adelante del compresor. El compresor consta de tres etapas axiales combinadas con una sola etapa centrífuga, ensamblados como una unidad integral.

Una fila de álabes estáticos, se encuentra entre cada etapa de compresión, el aire se comprime, aumenta su presión estática, y la dirige a la siguiente etapa de compresión. El aire comprimido pasa a través de tubos difusores a noventa grados que convierten la velocidad de este en presión estática.

El aire comprimido a continuación, pasa por de álabes de enderezamiento al anillo que rodea el revestimiento de la cámara de combustión. El revestimiento de la cámara de combustión consiste en una pieza anular soldada que tiene perforaciones de diferentes tamaños que permiten la entrada de aire de suministro del compresor.



**Figura 8. Engine basic configuration**

**Fuente:** PT6 Engine Training Handbook<sup>4</sup>

El flujo de aire cambia de dirección 180 grados, ya que entra y se mezcla con el combustible. La mezcla de combustible/aire se enciende y los gases resultantes en expansión son dirigidos a las turbinas. La ubicación de la camisa elimina la

<sup>4</sup> (Israel Aircraft Industries Ltd., PT6 Engine Training Handbook, 1998)

necesidad de un eje largo entre el compresor y la turbina del compresor, reduciendo así la longitud global y el peso del motor.

El combustible se inyecta en la cámara de combustión a través de 14 boquillas simples dispuestas en dos conjuntos de siete para la facilidad de arranque. El combustible es suministrado por un múltiple doble que consiste de tubos de transferencia primarios, secundarios y adaptadores.

La mezcla de aire/combustible se enciende por dos bujías que sobresalen en la camisa. Los gases resultantes se expanden en dirección inversa hacia la zona del conducto de salida y pasa a través de las aletas guías de la entrada de la turbina del compresor. Los alabes guías aseguran que la expansión de los gases inciden sobre los álabes de la turbina en el ángulo correcto, con la mínima pérdida de energía.

El suministro de aceite está contenido en un tanque de aceite integral el cual forma parte de la sección posterior de la cubierta de entrada al compresor, el tanque tiene una capacidad de 2.3 galones y consta de una varilla de medición.<sup>5</sup>

### 2.5.1 Especificaciones del motor

**Tabla 1.**

#### **Engine leading particulars**

<b>Tipo de motor</b>	<b>Turbina libre</b>
<b>Tipo de cámara de combustión</b>	Anular
<b>Rotación de hélice</b>	Horaria
<b>Diámetro de motor</b>	483 mm.
<b>Longitud del motor</b>	1575 mm.
<b>Consumo de aceite (periodo 10 hrs.)</b>	0.2 lb/hr

**Fuente:** PT6 Engine Training Handbook

<sup>5</sup> (Pratt & Whitney Canadá, 1998)

## 2.5.2 Descripción del modelo

P: Power

T: Turbine

6: Configuración

A: 2 etapas de engranajes planetarios en el sistema de reducción

36: Potencia del motor

## 2.6 Banco de pruebas

### 2.6.1 Definición

Un banco de pruebas, no es más que un artilugio para poder probar distintos componentes y saber si funcionan o no, antes de colocarlos en el aparato original. También podemos ver la definición de banco de pruebas según Wikipedia, que dice lo siguiente:

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase) en forma aislada. Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad.

Un banco de pruebas se usa cuando un nuevo módulo se prueba aparte del programa al que luego será agregado. Un framework o esqueleto se implementa alrededor del módulo para que el módulo se comporte como si ya formara parte del programa más grande.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011)

## 2.6.2 Componentes comunes de un banco de pruebas

En el área de mantenimiento aeronáutico los bancos de prueba están compuestos por instrumentos de medición, calibración y comprobación que dan una lectura clara y exacta del tipo de unidad que se esté calculando. Estos son algunos de los instrumentos de medición indispensables en los diferentes bancos de pruebas.

El manómetro es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa.). La atmósfera se define como 101325 Pa., y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. En el sistema inglés se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi) que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.

**Tabla 2.**

**Tablas de conversión de unidades de presión**

	<b>Bar</b>	<b>Pa (Nm<sup>2</sup>)</b>	<b>Atm</b>	<b>PSI</b>
<b>1 bar =</b>	1	$1 \times 10^5$	0.987	14.5
<b>1 Pa (Nm<sup>2</sup>)</b>	$1 \times 10^{-5}$	1	$9.87 \times 10^{-6}$	$1.45 \times 10^{-4}$
<b>1 atm =</b>	1.013	$1.013 \times 10^5$	1	14.7
<b>1 PSI</b>	$6.895 \times 10^{-2}$	$6.895 \times 10^3$	$6.805 \times 10^{-2}$	1
<b>1Kgf/cm<sup>2</sup> =</b>	0.981	$9.807 \times 10^4$	0.968	14.22
<b>1 in Hg =</b>	$3.386 \times 10^{-2}$	$3.386 \times 10^3$	$3.342 \times 10^{-2}$	0.491
<b>1 mm hg =</b>	$1.333 \times 10^{-3}$	$1.333 \times 10^2$	$1.316 \times 10^{-3}$	$1.934 \times 10^{-2}$
<b>1 in H<sub>2</sub>O =</b>	$2.491 \times 10^{-3}$	$2.491 \times 10^2$	$2.458 \times 10^{-3}$	$3.613 \times 10^{-2}$
<b>1 mm H<sub>2</sub>O =</b>	$9.807 \times 10^{-5}$	9.807	$9.807 \times 10^{-5}$	$1.42 \times 10^{-3}$

Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.

Los reguladores son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante de fluidos. Este debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabaja.

Las salidas de corriente continua con interrupción sirven para controlar el circuito y tener a disposición las funciones (encender y apagar) directamente de la alimentación. Las salidas de corriente alterna sirven para verificar variación de polaridad.

## **2.7 Principales componentes del banco de pruebas del proyecto**

### **2.7.1 Aceite**

#### **2.7.1.1 General**

El sistema de lubricación del motor contiene un depósito de aceite integral en la cubierta de entrada al compresor que proporciona un suministro constante de aceite limpio a los cojinetes del motor, a la caja reductora de engranajes, mecanismos accesorios, torquímetro y gobernador de la hélice.

El aceite del motor opera los mecanismos para cambiar el paso de la hélice y calentar el combustible a bajas temperaturas. Una válvula de control térmico en la entrada del enfriador de aceite controla el paso de aceite a través del enfriador.

El aceite lubrica y enfría los cojinetes y lleva cualquier materia extraña al filtro de aceite en el que se impide la circulación. El indicador de la cantidad de aceite comprende una varilla medidora que forma parte integrante de la tapa de llenado del depósito de aceite. Puertos en la caja de accesorios y caja reductora se proporcionan para la instalación de dispositivos de detección de presión y temperatura.

#### **2.7.1.2 Aceite Mobil Jet Oil II**

Es un lubricante de alto desempeño para motores de aviación formulado con una combinación de un fluido sintético sumamente estable y un singular paquete de



aditivos químicos. La combinación provee una excepcional estabilidad térmica y oxidativa para resistir el deterioro y la formación de depósitos tanto en la fase líquida como en la de vapor, además de una excelente resistencia a la formación de espuma.

El rango efectivo de funcionamiento del Mobil Jet Oil II está entre  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) y  $204^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ). Mobil Jet Oil II está diseñado para motores de turbina de gas de aviación usados en servicio comercial y militar que requieren el nivel de desempeño de la norma MIL-PRF-23699.



**Figura 9. Mobil Jet Oil II**

**Fuente:** <http://alshobbies.com/shop/lookupstock.php?pc=5252><sup>7</sup>

### 2.7.1.3 Propiedades del aceite Jet Oil II

Está formulado para cumplir con los exigentes requerimientos de las turbinas de gas de aviación que operan en un amplio rango de condiciones severas. El producto tiene un calor específico alto con el fin de asegurar la buena transferencia de calor de las partes del motor enfriadas por el aceite.

En extensas pruebas de laboratorio, en motores y en evaluaciones en vuelo, Mobil Jet Oil II muestra una excelente estabilidad de la masa de aceite a

---

<sup>7</sup> (Hobby World Europe Ltd. Trading as: AL'S HOBBIES, 2014)

temperaturas hasta 204°C (400 °F). La tasa de evaporación a estas temperaturas es suficientemente baja para prevenir la pérdida de volumen. Las características y beneficios claves incluyen:

- Excelente estabilidad térmica y oxidativa, reduce la formación de depósitos de carbón y sedimentos.
- Mantiene la eficiencia del motor y alarga la vida útil del motor, excelente protección contra el desgaste y la corrosión.
- Extiende la vida útil de los engranajes y cojinetes, reduce el mantenimiento de los motores.
- Retiene la viscosidad y la resistencia de la película lubricante en un amplio rango de temperaturas.
- Estabilidad química, reduce las pérdidas por evaporación y disminuye el consumo de aceite.
- Bajo punto mínimo de fluidez, fácil arranque en condiciones de bajas temperaturas ambientales.

Mobil Jet Oil II está aprobado por los siguientes fabricantes: Honeywell/Lycoming, Rolls-Royce/Allison Engine Company, CFM International, General Electric Company, Pratt and Whitney Group, Turbomeca, Hamilton Standard, entre otros.

## **2.8 Sistema de presión**

La presión de aceite desde su salida del filtro es direccionada hacia las áreas de los cojinetes del motor, al calentador de aceite/combustible, a la caja reductora de presión y accesorios a través de pasajes con núcleo interno y cañerías de transferencia de aceite interna y externa.

## **2.9 Sistema de indicación del motor**

El sistema de indicación del motor consta de un sistema indicador de torque, sistema de indicación del tacómetro generador de gases y un sistema de indicación de

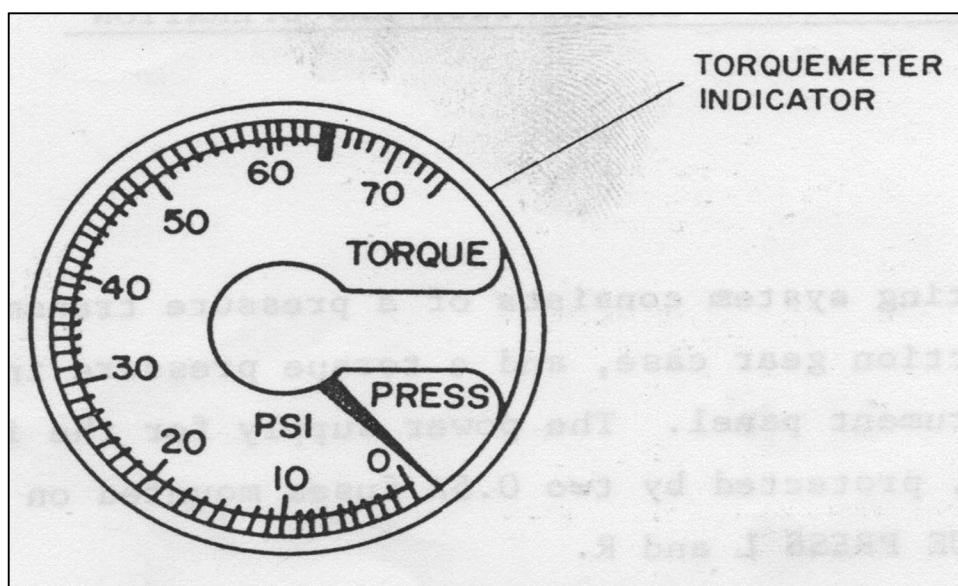
temperatura interturbinas. Los indicadores están localizados en el panel central de instrumentos.

## 2.9.1 Sistema de indicación de presión de torque

### 2.9.1.1 General

El sistema indicador de presión de torque consta de un transmisor de presión montado sobre la caja reductora de engranajes y un indicador de presión de torque montado en el panel central de instrumentos. La alimentación para el sistema de indicación es 26 VAC, protegido por dos fusibles de 0,5 amperios montado en el panel de fusibles AC y marcado TORQUE PRESS L y R.

### 2.9.1.2 Indicador de presión de torque



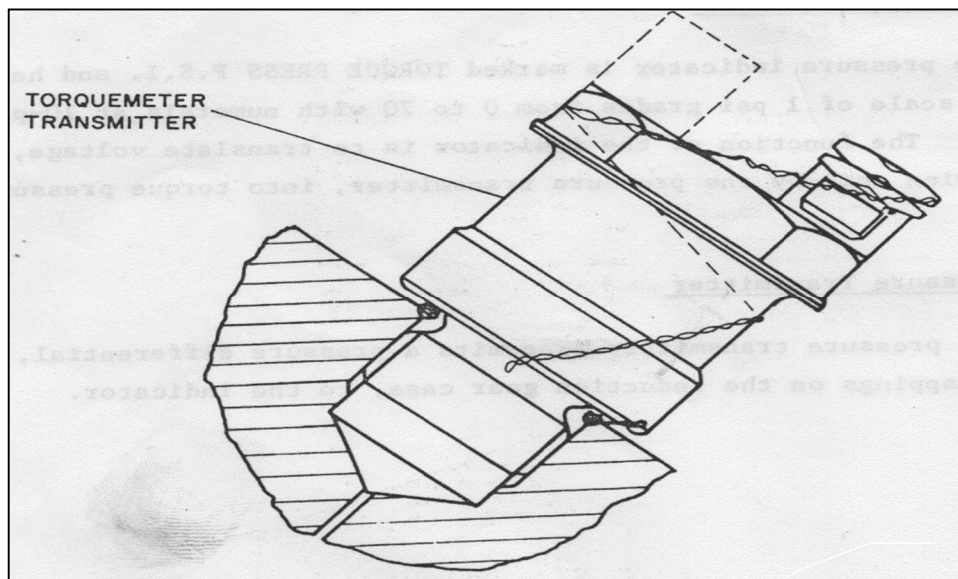
**Figura 10. Torquemeter indicator**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual

El indicador de presión de torque está marcado TORQUE PRESS PSI y está graduado en escala de 1 PSI desde 0 a 70 con numerales cada 10 intervalos. La función del indicador es traducir en voltaje, aplicado a su bobina móvil por el transmisor de presión la presión de torque.

### 2.9.1.3 Transmisor de presión de torque

El transmisor de presión de torque transmite una presión diferencial al indicador obtenida de bifurcaciones en la caja reductora de engranajes.



**Figura 11. Torquemeter transmitter**

**Fuente:** Illustrated Parts Catalog

### 2.9.1.4 Sensores capacitivos

Este principio está basado en la medición de la capacidad de un condensador que varía en función de la aproximación a la superficie activa. El principio de la medición capacitiva se realiza mediante un cuerpo base cuya membrana metálica, con recubrimiento metálico, constituye una de las placas del condensador.

La deformación de la membrana, inducida por la presión, reduce la distancia entre las dos placas con el efecto de un aumento de la capacidad, manteniendo igual la superficie y la constante dieléctrica. Este sistema permite la medición de presión con elevada sensibilidad y por lo tanto la medición de rangos muy bajos hasta unos pocos milibar. Dado que la membrana permite una deformación máxima hasta apoyarse a la placa estática resulta una elevada seguridad contra sobrecarga. Las

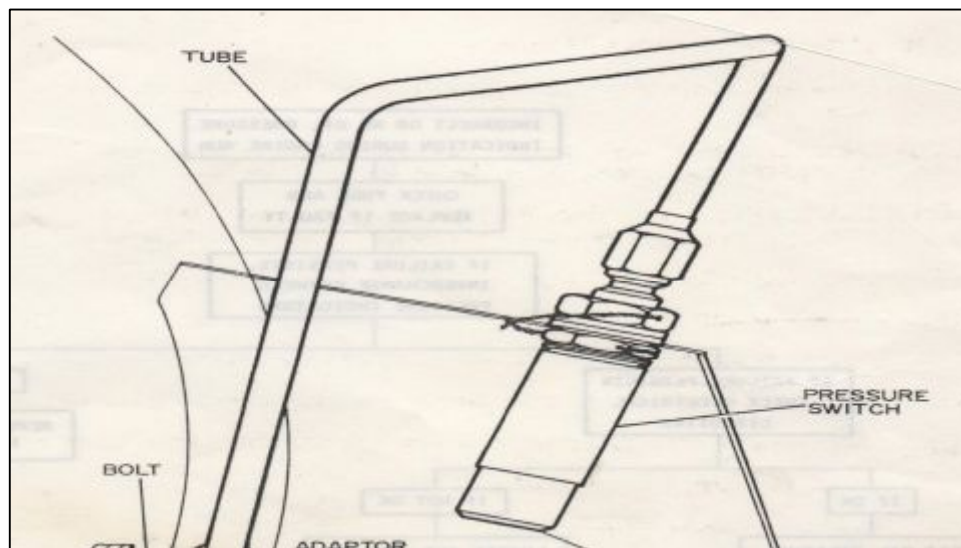
limitaciones prácticas están determinadas por el material y las características de la membrana y las técnicas de unión y sellado.

### 2.9.1.5 Funcionamiento del transmisor

Para la medida de presión con transmisores de presión se requiere un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica. La señal eléctrica indica el valor de presión recibida.

## 2.9.2 Indicación de aceite del motor

### 2.9.2.1 General



**Figura 12. Oil pressure switch**

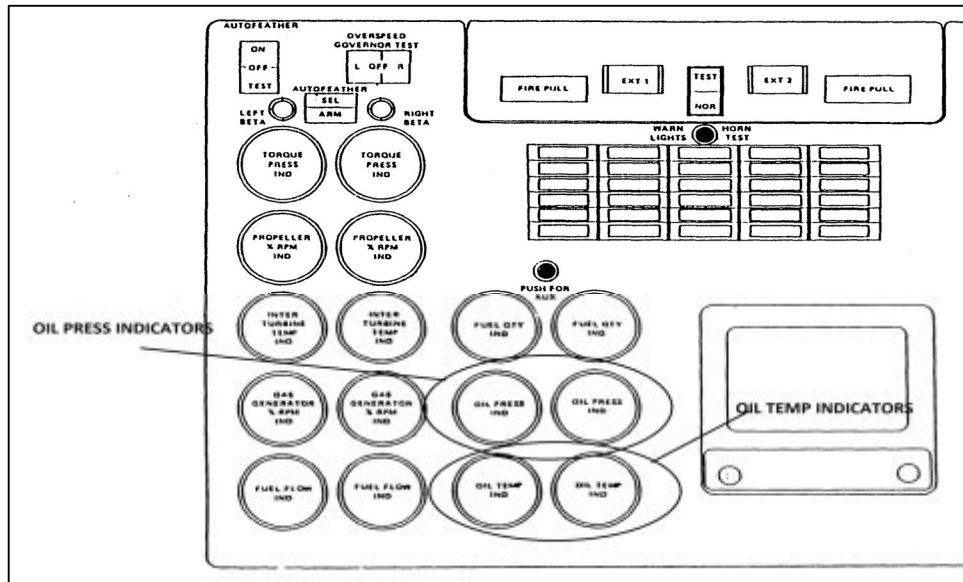
**Fuente:** Illustrated Parts Catalog

El sistema de indicación de aceite del motor brinda una indicación visual de la presión y temperatura de aceite en cada motor. Consiste de indicadores de presión y temperatura de aceite asociados a un cableado y accesorios.

### 2.9.2.2 Descripción y operación

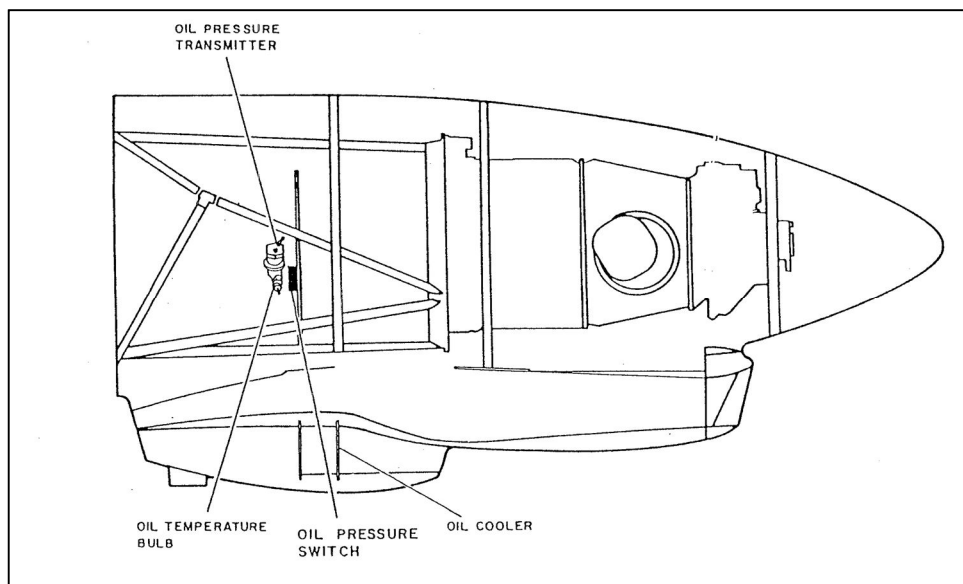
El sistema de indicación de presión de aceite para cada motor consta de un indicador de presión montado en el panel central de instrumentos y un transmisor de

presión roscado y montado al costado derecho de la caja de accesorios del motor. La caratula del indicador está marcado OIL PRESS PSI y esta calibrado desde 0 a 120 PSI.



**Figura 13. Oil pressure and temperature indicators location**

**Fuente:** Arava Training Handbook



**Figura 14. Oil pressure transmitter and temperature bulb location**

**Fuente:** Arava Maintenance Manual

El puntero se mueve fuera de la escala más allá de la marca 0 cuando no hay energía. La energía para operar el indicador y el transmisor es 26 VAC dirigidos a

través de un fusible de 0,5 amperios y marcado OIL PRESS L y R, localizado en el panel de fusibles AC.

El sistema de indicación de temperatura de aceite para cada motor consta de un bulbo de temperatura montado en el costado derecho de la caja de accesorios del motor y un indicador de temperatura montado en el panel central de instrumentos. La caratula del indicador está marcado OIL TEMP °C y esta calibrado desde -70°C a 150°C.

## **2.10 Bomba hidráulica**

Una bomba hidráulica es un sistema mecánico o electro-mecánico que puede formar parte de un sistema hidráulico o hídrico, el cual aprovecha la energía del movimiento realizando acciones de regulación y control para elevar o mover el caudal del fluido (aceite).

Las bombas hidráulicas son usadas para crear flujo de aceite en un sistema hidráulico a través de presión; todas las bombas hidráulicas producen un flujo. La presión es creada como un resultado del sistema de restricción.

### **2.10.1 Bomba Barfield 2311F P/N 101-00211**

Los sistemas de presión de los aviones necesitan pruebas de campo, la bomba de presión Barfield 2311F se utiliza para efectuar este tipo de pruebas tanto en sistemas de presión de motores a pistón como de turbina. El modelo Barfield 2311F P/N 101-00211 proporciona presiones en el rango de 0 a 120 PSI.

#### **2.10.1.1 Descripción**

La unidad consta de un cilindro equipado con un pistón de tornillo de accionamiento manual para el desarrollo de presión. Un depósito de fluido está conectado a través de una válvula de control para el cilindro de presión. Un puerto de salida hembra está provisto para su fijación a la unidad o el sistema a ser probado. El

modulo es portátil y firme, con una capacidad de amplio rango. Es fácil de operar, autónomo y probado.



**Figura 15. Bomba de presión Barfield 2311F P/N 101-00211**

**Fuente:** [www.auctionflex.com/showlot.ap?co=1&weiid=8514417&lang=En](http://www.auctionflex.com/showlot.ap?co=1&weiid=8514417&lang=En)<sup>8</sup>

El uso de Viton (Fluoro-carbono), material sellante en el pistón permite el uso de cualquier combustible, aceite o líquido hidráulico. Los principales fluidos no compatibles que no se deben usar con juntas de Viton son: alcohol, aminas, Skydrol, éteres y acetonas.

## 2.11 Manómetros

Son instrumentos de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se emplean para medir la presión de líquidos o de gases. En hidráulica se emplean casi exclusivamente los manómetros metálicos o aneroides, que son barómetros modificados de tal forma que dentro de la caja actúa la presión desconocida que se desea medir y afuera actúa la presión atmosférica. Cabe destacar principalmente que los manómetros nos indican la presión que se ejerce por libra cuadrada en un momento determinado es decir PSI (Pound per square inches) - Libras por pulgada cuadrada.

<sup>8</sup> Bidopia Internet Auctions (Auction Flex Software, 2012)



### 2.11.1 Manómetros con glicerina



**Figura 16. Manómetro con glicerina**

El relleno de glicerina sirve para proteger el mecanismo interno y proporciona estabilidad a la aguja indicadora cuando el manómetro está instalado en zona de vibraciones. Cuando no hay glicerina el aparato podría ya no funcionar correctamente y atorarse la aguja, lo cual causaría mediciones alteradas.

Si hay una filtración de aceite en la carátula entonces es mejor cambiarlo porque esto también impedirá la adecuada medición. Son diseñados para ser instalado en ambientes donde existan agentes corrosivos, gran cantidad de polvo, vibración excesiva o la presión de la línea tenga severa pulsación o golpes de ariete.

### 2.12 Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el movimiento de los electrones. Este movimiento de electrones se conoce como corriente, flujo o flujo de corriente. La ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simón Ohm, es una ley de la electricidad. Establece que el flujo de corriente que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente

proporcional a la resistencia de la carga que tiene conectada. A continuación la ley de Ohm formulada:

$$I = \frac{V}{R}$$

### 2.12.1 Intensidad

Se denomina intensidad de corriente eléctrica a la cantidad de electrones que pasa por un conductor en la unidad de tiempo. La intensidad se mide típicamente en amperios. El símbolo es  $I$  y el símbolo de los amperios es  $A$ .

Los conductores más comunes son cobre, plata, aluminio y oro. El término "electrón libre", describe una condición en algunos átomos en el cual los electrones externos están más o menos vinculados a su átomo principal. Estos electrones débilmente ligados son fácilmente motivados para moverse en una dirección dada cuando una fuente externa, tal como una batería, se aplica al circuito.

Cabe señalar que, como con el movimiento de cualquier masa, el movimiento de electrones (corriente) sólo se produce cuando hay una fuerza presente para empujar a los electrones. Los electrones no se mueven en una sola dirección en línea recta, sino que sufren colisiones repetidas con otros átomos cercanos dentro de un conductor.

Estas colisiones por lo general tocan otros electrones libres de sus átomos, y estos electrones se mueven en dirección hacia la parte positiva del conductor con una velocidad media llamada velocidad de arrastre, que es relativamente de baja velocidad.

### 2.12.2 Fuerza electromotriz (voltaje)

El voltaje se describe más fácilmente como fuerza de presión eléctrica. Es la fuerza electromotriz (FEM), o el empuje o presión desde un extremo del conductor

hacia el otro, que en última instancia mueve los electrones. El símbolo para la FEM es la E.

### **2.12.3 Resistencia**

Las dos propiedades fundamentales de corriente y tensión están relacionadas por una tercera propiedad conocida como resistencia. En cualquier circuito eléctrico, cuando se aplica tensión a la misma, una corriente es el resultado. La resistencia del conductor determina la cantidad de corriente que fluye bajo la tensión dada. En general, mayor será la resistencia del circuito cuando menor sea la corriente. Si la resistencia se reduce, entonces la corriente aumentará.

## **2.13 Generación eléctrica en aeronaves**

El sistema de potencia eléctrica de una aeronave es el conjunto de unidades y componentes eléctricos que generan, almacenan, controlan y distribuyen la energía eléctrica a todos los elementos y sistemas de una aeronave que lo necesitan. El sistema va complementado con una serie de controles e indicadores, que permitirán al piloto analizar la calidad de la corriente, así como la forma más idónea de utilizarla en los casos en que no sea automáticamente y sea el piloto el que tenga que manejar la distribución. El avión está equipado con un sistema eléctrico de AC y DC.

### **2.13.1 Fuente DC**

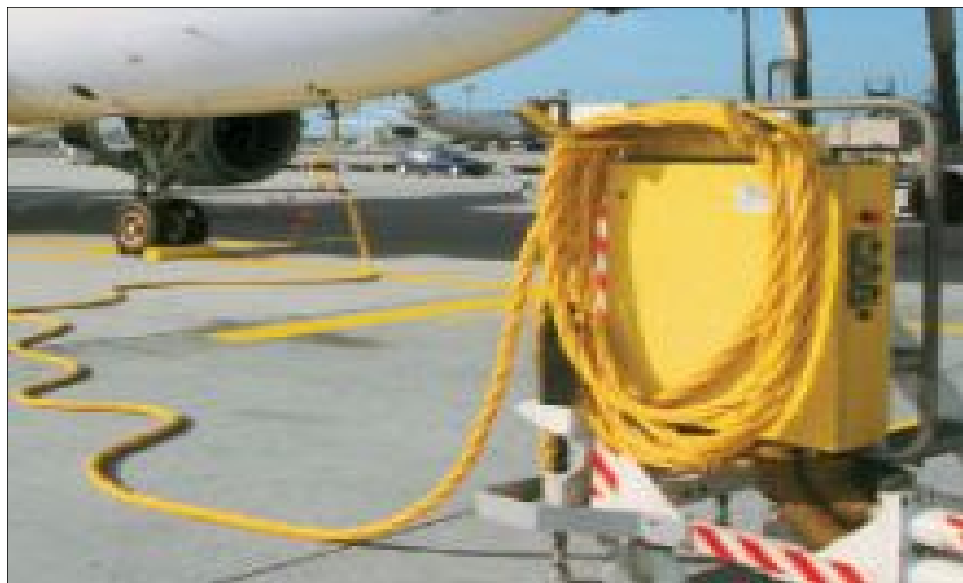
La corriente de 28 VDC es normalmente suministrada por medio de baterías, generadores, fuente externa, generador RAT (Ram Air Turbine). Para alimentar el banco de pruebas durante la construcción y pruebas de funcionamiento se empleó como generador de energía VDC, una fuente de potencia auxiliar eléctrica de tierra.

#### **2.13.1.1 Ground power unit**

Las maniobras de naturaleza eléctrica que se llevan a cabo en los aeródromos para el arranque y mantenimiento de aeronaves requieren de fuentes de alimentación

estables, reguladas y fiables, que además cumplan con las necesidades de portabilidad y accesibilidad requeridas en un entorno tan extenso y a la vez delicado. Para el desarrollo de estas tareas, uno de los equipos de soporte de tierra más utilizados es la unidad de potencia en tierra, (GPU, de sus siglas en inglés Ground Power Unit).

Este generador de corriente continua, es capaz de arrancar turbinas y de poner en marcha cuadros de mando eléctricos en aeronaves, liberando a los equipos de a bordo de dicha tarea y quedando la potencia de éstos reservada para otros momentos críticos o de mayor necesidad cuando el apoyo desde equipos de tierra no es posible o éstos no están disponibles. Los requerimientos de tensión de estas unidades varían con el tipo de aeronave. El más extendido es el de 28,5 VDC.



**Figura 17. Ground power unit**

#### **2.13.1.2 Receptáculo para alimentación del GPU**

Muchas aeronaves emplean un circuito de alimentación externa que proporciona un medio de conexión de energía eléctrica de una fuente de tierra a la aeronave. Este tipo de sistema permite el funcionamiento de varios sistemas eléctricos sin descarga de la batería. Los sistemas de alimentación externa por lo general consisten en un receptáculo o enchufe eléctrico situado en una zona cómoda del fuselaje, un

solenoid eléctrico que se usa para conectar externa potencia al bus, y el cableado correspondiente para el sistema.

La toma de corriente externa se conecta al solenoide de alimentación externa a través de un diodo de polaridad inversa. Una conexión de polaridad inversa podría ser catastrófica para el sistema eléctrico del avión. Si la fuente de alimentación en tierra tiene una inversión de polaridad y se conecta, el diodo bloquea inmediatamente y el solenoide de alimentación externa no se cierra.



**Figura 18. External power receptacle**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

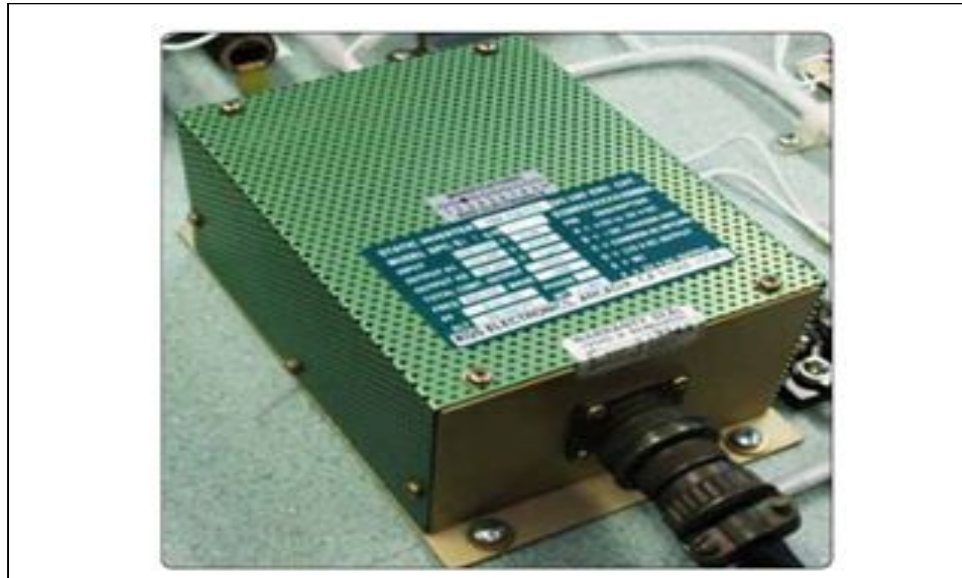
## **2.13.2 Fuente AC**

### **2.13.2.1 Inversor**

Un inversor es un dispositivo eléctrico que convierte la corriente directa (DC) a corriente alterna (AC), la AC puede ser convertida en cualquier voltaje y frecuencia con el uso de transformadores adecuados, conmutadores y circuitos de control.

El inversor realiza la función opuesta de un rectificador. La mayoría de los aviones tienen un inversor estático en vez de inversores rotativos. Estos convertidores estáticos, como el nombre implica, no contienen las partes móviles y

utilizan circuitos electrónicos para convertir DC en AC. En aviones complejos, más de un inversor puede ser utilizado para proporcionar alimentación AC de manera segura. Los inversores también ofrecen más de una salida de tensión. Dos tensiones comunes se encuentran en inversores y son 26 VAC y 115 VAC con ciclos de 400 Hz.



**Figura 19. A Static invertir**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe<sup>9</sup>

## 2.14 Conductores eléctricos

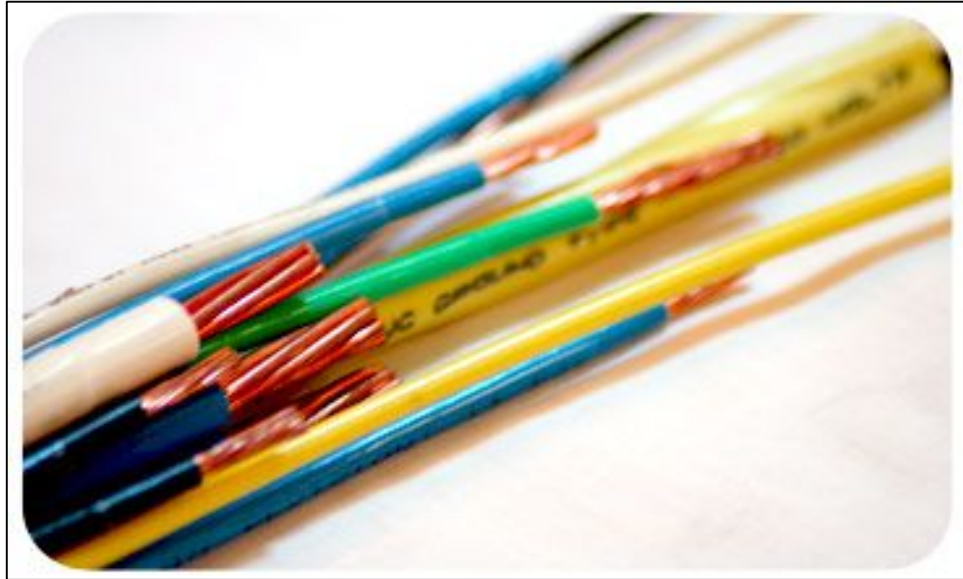
Se denominan conductores eléctricos (cables eléctricos) a los materiales que puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmiten ésta a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad como son el grafito, las soluciones salinas como el agua de mar y cualquier material en estado de plasma.

Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al paso de la electricidad. Generalmente son aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas. Para el transporte de la energía eléctrica el metal

---

<sup>9</sup> (Federal Aviation Administration, 2014)

empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Se utilizó para las conexiones del banco de prueba el cable No. 20.



**Figura 20. Wires**

**Fuente:** [http://www.eiltt.com/cms/index.php?option=com\\_content&task](http://www.eiltt.com/cms/index.php?option=com_content&task)<sup>10</sup>

#### **2.14.1 Diferencia entre un cable y un alambre**

El alambre es un filamento metálico, generalmente compuesto por alguna aleación entre varios metales, pueden ser gruesos o finos, pero generalmente son maleables y utilizados para sujetar.

Un cable se describe como un solo conductor, sólido, o como un conductor trenzado cubierto con un material aislante que sirve para protección y aislamiento, así como para movimientos mecánicos como la contracción y la retracción de otros elementos. El término "mazo de cables" se utiliza cuando una serie de conductores aislados están unidos por amarres en una disposición adecuada para su uso, los mazos de cables son ampliamente utilizados en los aviones para conectar todos los componentes eléctricos.

---

<sup>10</sup> Electrical Industries Limited (Electrical Industries Limited, 2008)

### 2.14.2 Características peculiares del cableado aeronáutico

- Reducido espacio, dimensionamiento del cable, mazos.
- Criterios severos de reducción de peso y volumen.

### 2.15 Terminales

Los terminales son unidos a los extremos pelados de los cables eléctricos para facilitar la conexión a la línea terminal o a un componente del equipo. La fuerza de tensión de la unión del terminal al cable debería ser al menos la fuerza de tensión propia del cable y su resistencia insignificamente relativa a la resistencia normal del cable.



**Figura 21. Terminal**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

Lo siguiente debe ser considerado en la selección de los terminales de un cable: el rango de corriente, el tamaño del cable (medida) y el diámetro del aislante, la compatibilidad del material conductor y el ambiente en que será aplicado. Los terminales pre aislados tipo lengua perforada son los preferidos.

La fuerza, tamaño y medios de soporte de los montantes y bornes, así como el tamaño del alambre, puede ser considerado al determinar el número de terminales

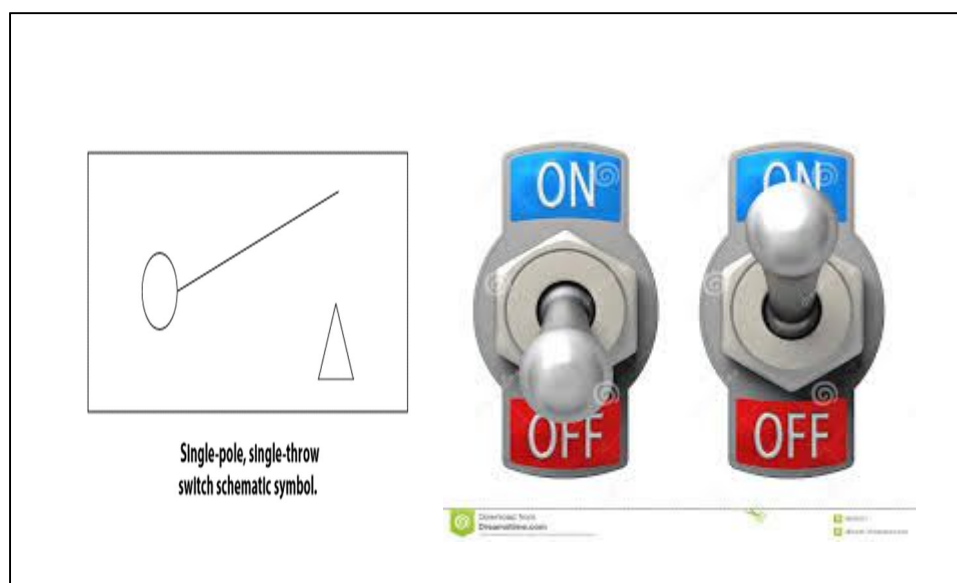


que se adjuntan a cualquier puesto de anclaje. Los espaciadores o arandelas no deben usarse entre las lenguas de los terminales de conexión.

## 2.16 Interruptor de palanca o toggle switch

Es un accionamiento dispositivo manual electromecánico con uno o más conjuntos de contactos eléctricos, que están conectados a los circuitos externos. Cada conjunto de contactos puede estar en uno de dos estados: puede ser "cerrado", es decir que los contactos se tocan y la electricidad puede fluir entre ellos, o "abierto", es decir, los contactos se separan y el interruptor es un no conductor.

El mecanismo de accionamiento de la transición entre estos dos estados (abierto o cerrado) puede ser una "palanca" interruptor basculante "on" u "off" o "momentáneo" (push-para "activar" o empuje para "off").

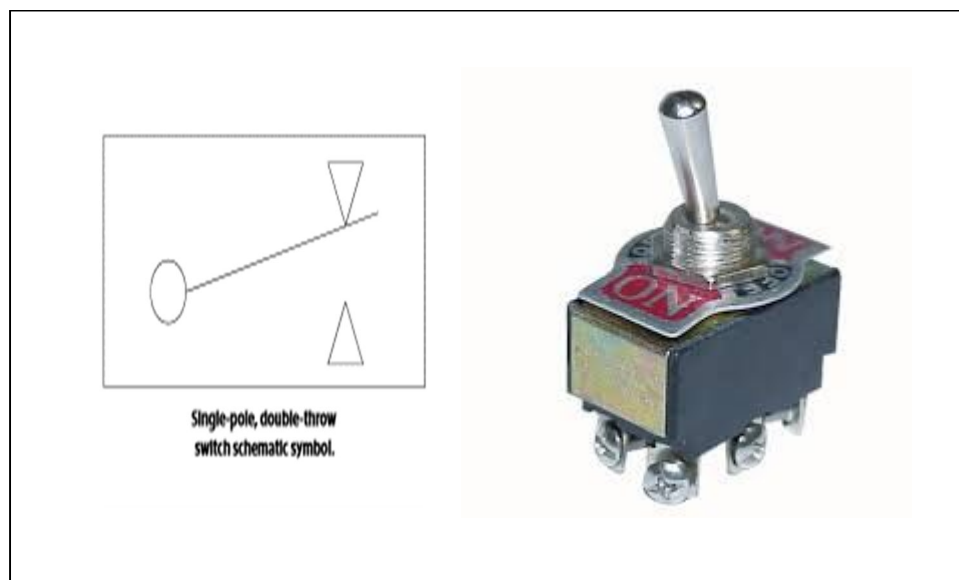


**Figura 22. Interruptor SPST**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

Los interruptores controlan el flujo de corriente en la mayoría de las aeronaves. Un interruptor se utiliza para iniciar, detener, o cambiar la dirección del flujo de corriente en el circuito. Los contactos pueden ser o bien normalmente abierto

(abreviado "no" o "NO") hasta que las cierre el funcionamiento del interruptor, o normalmente cerrado ("nc" o "NC").



**Figura 23. Interruptor SPDT**

Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

## 2.17 Válvula de paso

Dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde unos milímetros hasta los 90 m. o más de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas).

### 2.17.1 Válvula de bola

Una válvula de bola, conocida también como de "esfera", es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición de la manilla de actuación indica el estado de la válvula (abierta o cerrada). El sellado en válvulas de bola es excelente, la bola contacta de forma circunferencial y uniforme el asiento, el cual suele ser de materiales blandos. Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre. No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertas por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.



**Figura 24. Válvula de bola**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_de\\_bola](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_bola)<sup>11</sup>

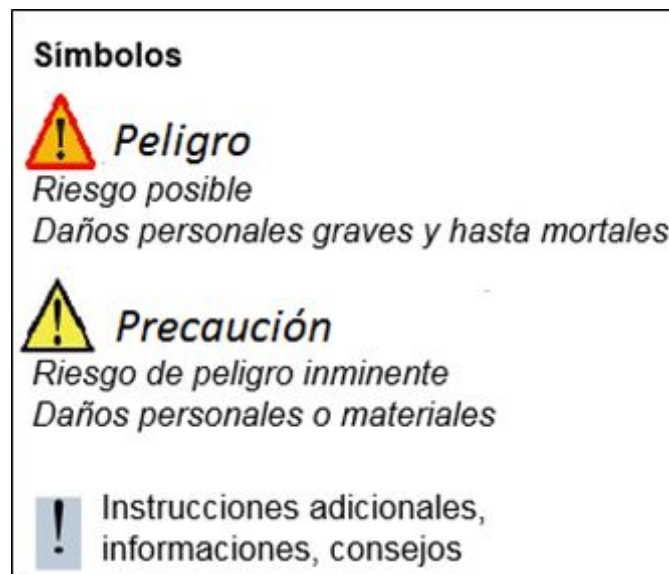
---

<sup>11</sup> Válvula de bola, (Wikimedia Commons, 2007)

## 2.18 Normas de seguridad

### 2.18.1 Simbología

La simbología que se utiliza para denotar alguna situación de peligro, precaución o información tiene su identificación clara y precisa que debe ser tomada en cuenta de manera obligatoria para prevenir incidentes o accidentes en personal y equipo.



**Figura 25. Simbología de seguridad**

### 2.18.2 Procedimientos

- Antes de proceder a la instalación del banco de pruebas y a la comprobación de la pieza a ensayar, leer detenidamente las normas de seguridad facilitadas a continuación.
- La comprobación de la pieza a ensayar sólo podrá ser llevada a cabo por personal debidamente calificado que posean conocimientos específicos del sistema.
- Comprobar la pieza a ensayar sólo en un banco de pruebas calibrado.
- Antes de comenzar una prueba, cerciorarse que las válvulas de cierre-apertura en la posición base correcta (véanse instrucciones para la operación).
- Durante la comprobación de la pieza a ensayar es necesario atenerse imprescindiblemente a la instrucción correspondiente para la comprobación.

- En caso de dudas sobre el ajuste correcto de la pieza a ensayar es necesario consultar los manuales de mantenimiento y operación.
- Se debe tener en cuenta que las uniones de enchufe del banco de pruebas y las de la pieza a ensayar estén correctamente conectadas.
- La inspección del sistema eléctrico normalmente incluye comprobación del estado y la seguridad de todo el cableado visible, conexiones, terminales, e interruptores.
- Cerciorarse de que la pieza a ensayar esté debidamente fijada al banco.
- Aflojar las válvulas de cierre, mangueras y piezas del aparato sólo después de haber purgado las tuberías del banco de pruebas.

### **2.18.3 Normas Generales**

- Utiliza siempre el equipo de protección individual: overol, gafas, tapa oídos, casco, guantes, botas punta de acero, etc., en seguridad nada es exceso.
- El orden y la vigilancia dan seguridad al trabajo. Colabora en conseguirlo.
- Corrige o da aviso de las condiciones peligrosas e inseguras.
- No uses máquinas o vehículos sin estar autorizado para ello.
- Usa las herramientas apropiadas y cuida de su conservación. Al terminar el trabajo déjalas en el sitio adecuado.
- Utiliza, en cada paso, las prendas de protección establecidas. Mantenlas en buen estado.
- No quites sin autorización ninguna protección de seguridad o señal de peligro. Piensa siempre en los demás.
- No gastes bromas en el trabajo. Si quieres que te respeten, respeta a los demás.
- No improvises. Sigue las instrucciones y cumple las normas. Si no las conoces, pregunta.
- Presta atención al trabajo que estás realizando. Atención a los minutos finales. La prisa es el mejor aliado del accidente.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Consideraciones generales

Luego de haber realizado la investigación de campo correspondiente se ha concluido que la construcción de un banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36 será de gran beneficio y ayuda en la ejecución de las operaciones de mantenimiento, que realizan los técnicos de mantenimiento dentro de la sección de motores del avión Arava.

El proceso de recopilación de información de este proyecto de investigación fue recabado de fuentes bibliográficas que incluyen: manual de mantenimiento del avión, manual de mantenimiento del motor, catalogo ilustrado de partes, manual de instrucción de la aeronave, manual de instrucción del motor PT6, manual de diagramas eléctricos, diccionarios técnicos aeronáuticos y otras ayudas que complementaron la Investigación y que tienen la respectiva acreditación legal por parte de la Casa Fabricante.

Las opciones para la construcción de este banco de prueba se las realizó con la ayuda y colaboración de los técnicos de mantenimiento del Grupo Aéreo N° 44 “PASTAZA” específicamente de la sección de motores PT6; cimentados en que las bases y las características para su elaboración están descritos en los manuales de mantenimiento del avión y motor PT6A del Avión Arava. El banco de pruebas no requiere de análisis estructural de esfuerzos, cargas, presiones o estanqueidad pues los parámetros con los que trabaja no son muy exigentes.

#### 3.2 Factibilidad del proyecto

Se determina la factibilidad para la realización del Trabajo de Investigación basado en cuatro factores:

### **3.2.1 Factor técnico**

El presente plan de investigación proporcionó como resultado que es factible la construcción de un banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36, en vista que se cuenta con los conocimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto, sumado a la documentación requerida, catálogos de las partes necesarias para el diseño, manuales de mantenimiento de avión y motor; en donde se detallan principios de funcionamiento, operación, etc. Esto permite solucionar el problema de manera eficiente.

### **3.2.2 Factor legal**

Para la realización de este anteproyecto no existe ningún impedimento legal por parte del Escuadrón de Mantenimiento Aéreo del GAE-44, por lo tanto, el proyecto cuenta con todo el respaldo reglamentario.

### **3.2.3 Factor operacional**

El área en el cual será habilitado el banco de pruebas es la sección de motores del Escuadrón de Mantenimiento Aéreo 44, está conformado por técnicos de mantenimiento aéreo con conocimientos plenos de su actividad, con gran sentido de responsabilidad, de gran valor y ayuda durante la ejecución de inspecciones de mantenimiento operacional. Asimismo el banco cuenta con procedimientos básicos de manejo y utilización visibles para su operación segura y correcta.

### **3.2.4 Factor económico**

Mediante el análisis para determinar la factibilidad económica se analizan dos puntos de vista: ciertos elementos utilizados en la construcción del banco de pruebas son propiedad del Grupo Aéreo por la complejidad y costo que resultaría para el estudiante conseguir estos elementos en la casa fabricante, no obstante se le ha brindado las facilidades para su utilización; el material restante no representa una

inversión económica considerable debido a su existencia en el mercado nacional cumpliendo con las exigencias para su utilización en el banco de pruebas.

### **3.3 Construcción**

Para la construcción del banco de pruebas se considera dos aspectos importantes que son:

- Aspecto mecánico.
- Aspecto económico.

#### **3.3.1 Aspecto mecánico**

##### **3.3.1.1 Fundamento**

Para la construcción del banco de pruebas es necesario que los materiales tengan un contexto óptimo de calidad y uso para poder trabajarlos con facilidad lo que permitirá obtener buenos resultados en el funcionamiento del equipo.

##### **3.3.1.2 Facilidad de operación y control**

El banco de pruebas proporciona las facilidades de operación y control al personal técnico que se encuentra a cargo de efectuar las comprobaciones.

##### **3.3.1.3 Mantenimiento**

Para la conservación del equipo es preciso efectuar una correcta manipulación cuando se esté efectuando las comprobaciones, transportándole, y durante su almacenamiento.

##### **3.3.1.4 Material**

Se refiere al material utilizado en la construcción, adecuado para brindar las condiciones óptimas de operación y seguridad del banco de pruebas.



### **3.3.1.5 Transporte**

Es la facilidad de movilización del equipo de un lugar a otro dentro de las instalaciones del Grupo Aéreo.

## **3.4 Aspecto económico**

### **3.4.1 Costo de construcción**

La importancia de este aspecto radica en la utilización de materiales, máquinas eléctricas, equipos, y herramientas; además se analiza la inversión económica que se va a realizar para la construcción del banco de pruebas.

## **3.5 Diseño y construcción del banco de pruebas**

### **3.5.1 Objetivo del banco de pruebas**

Efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36 mediante procedimientos técnicos de mantenimiento aéreo.

### **3.5.2 Descripción del banco de pruebas**

El banco de pruebas está constituido por las siguientes partes principales, estructura metálica, bomba hidráulica, depósito de aceite para alimentación, cañerías para aceite hidráulico, transmisores de presión de aceite y torque, indicadores de presión de torque y aceite, manómetro de indicación de presión, luces de indicación, conexión de alimentación externa de 28 VDC, inversor estático, dispositivos de protección, dispositivos de activación del sistema y un control de operación.

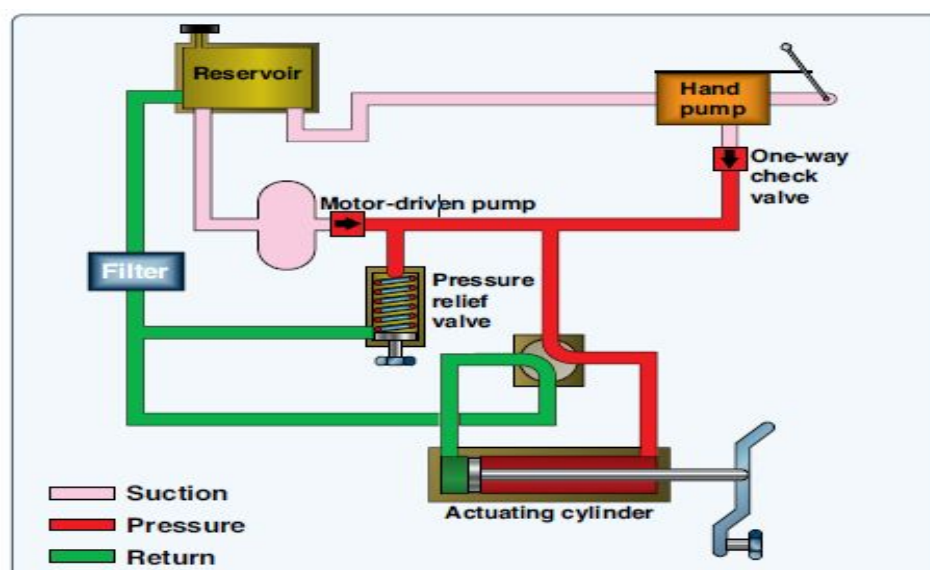
Todas las partes del banco de pruebas se han acopladas y en conjunto forman el equipo de comprobación, el cual permitirá que los técnicos del Grupo Aéreo adquieran conocimientos sobre el funcionamiento y operación de sus partes.

### 3.5.3 Orden a seguir para la construcción del banco de pruebas

- Diseño de diagrama hidráulico
- Instalación del sistema hidráulico
- Diseño de diagramas de sistema eléctrico
- Instalación de componentes eléctricos
- Diseño de planos estructurales
- Construcción de la estructura metálica.
- Acabados
- Señalización y nomenclatura
- Pruebas de funcionamiento

### 3.6 Diagrama hidráulico básico

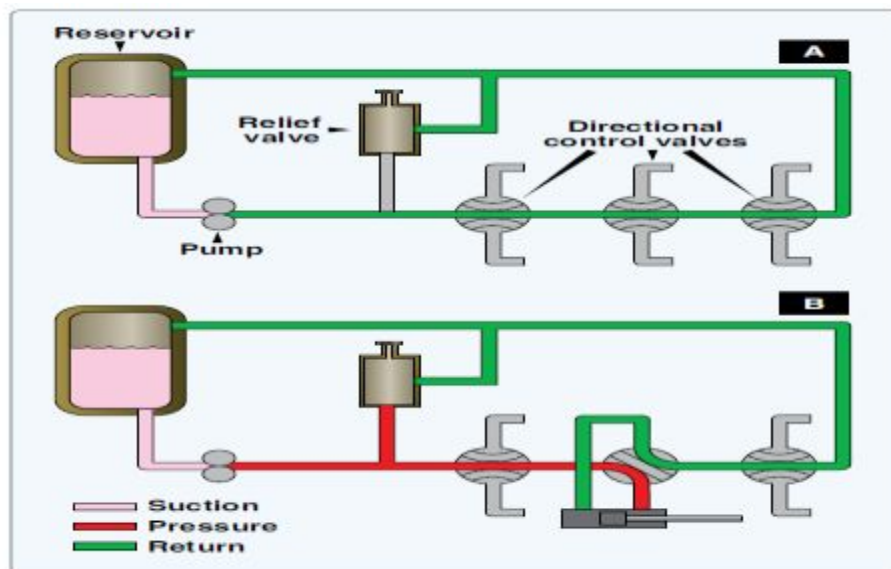
Para diseñar el diagrama hidráulico del banco de pruebas se partió de un sistema hidráulico básico el cual dependiendo de su función y diseño, tiene un número mínimo de componentes básicos además de un medio a través del cual se transmite el fluido. Un sistema básico consta de una bomba, el depósito, la válvula direccional, válvula de retención, válvula de alivio de presión, válvula selectora, actuadores y filtro. A continuación se muestra un gráfico de un sistema básico.



**Figura 26. Basic hidraulic system**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

Siendo así, los sistemas hidráulicos pueden ser abiertos o cerrados; diferenciándose el sistema abierto pues tiene el flujo del fluido, pero no presión en el sistema cuando los mecanismos de accionamiento están inactivos. La bomba hace circular el fluido desde el depósito, a través de las válvulas selectoras, y vuelve al depósito. Este tipo de sistema puede emplear cualquier número de subsistemas, con una válvula selectora para cada subsistema, conectadas siempre en serie entre sí. La presión del sistema es controlada mediante una válvula de alivio de presión.



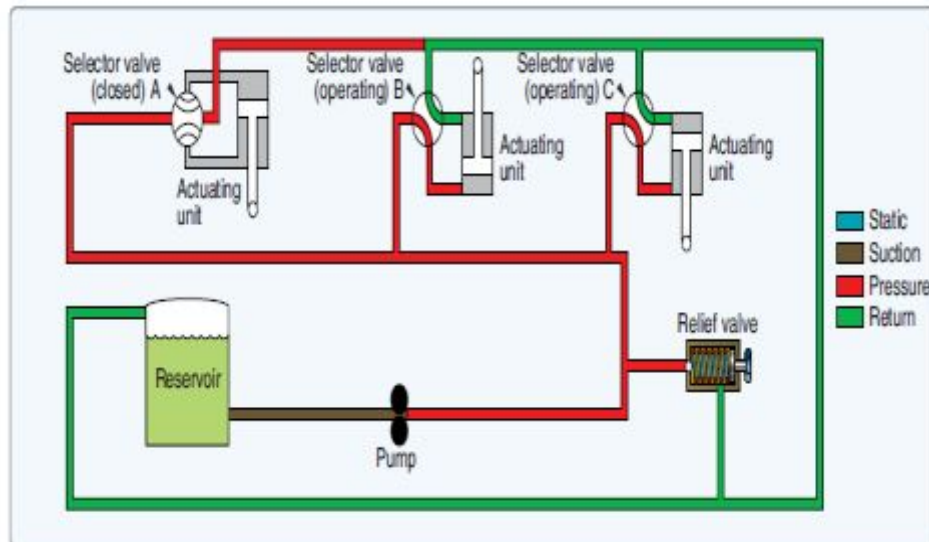
**Figura 27. Sistema hidráulico abierto**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

En el sistema hidráulico cerrado, el fluido se encuentra bajo presión siempre que la bomba de alimentación está funcionando. Este sistema difiere del sistema hidráulico abierto en el que el selector o válvulas de control direccional están dispuestos en paralelo y no en serie; además la presión está disponible al momento de seleccionar la válvula selectora no así en el sistema abierto en el que el aumento de presión es gradual. Puesto que la mayoría de aviones requieren operación instantánea, el sistema hidráulico cerrado es el más utilizado más utilizado.

El medio de control de presión de la bomba varía en el sistema cerrado. Si se utiliza una bomba de suministro constante, la presión del sistema se regula mediante un regulador de presión. Una válvula de alivio actúa como un dispositivo de

seguridad en caso de falla del regulador. Si se utiliza una bomba de desplazamiento variable, la presión del sistema está controlada por un mecanismo compensador de presión integral de la bomba.



**Figura 28. Sistema hidráulico cerrado**

**Fuente:** Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe

### 3.7 Diagrama hidráulico del banco de pruebas

Para el diseño del diagrama del banco de pruebas y su utilización posterior en las comprobaciones se consideró la no utilización de ciertos elementos, así; en relación con un diagrama hidráulico básico se efectuaron los siguientes cambios:

Los actuadores de los cuales normalmente dispone un sistema para el accionamiento de algún componente fueron reemplazados por los transmisores de presión de torque y aceite, quienes reciben la presión generada en el sistema por la bomba y transforman esta en una señal eléctrica medible en los indicadores respectivos.

Se prescindió de la válvula check o unidireccional debido a que la línea a través de la cual circula el fluido sirve como línea de llenado estática, línea de presión y línea de retorno y si se ubicara una restringiría ciertas operaciones.

No se implementó un filtro de aceite tomando en consideración que el accionamiento de la bomba no genera desgaste en los materiales, el aceite presurizado que llega hasta los transmisores efectúa trabajos con presiones bajas y medianas y que la línea de presión es la misma de retorno.

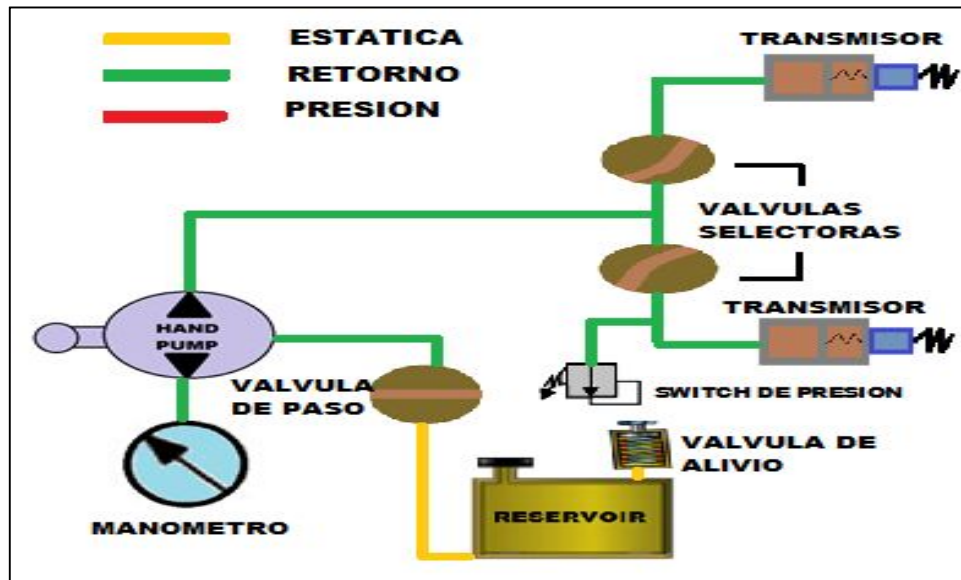


Figura 29. Diagrama básico del banco sin bomba accionada

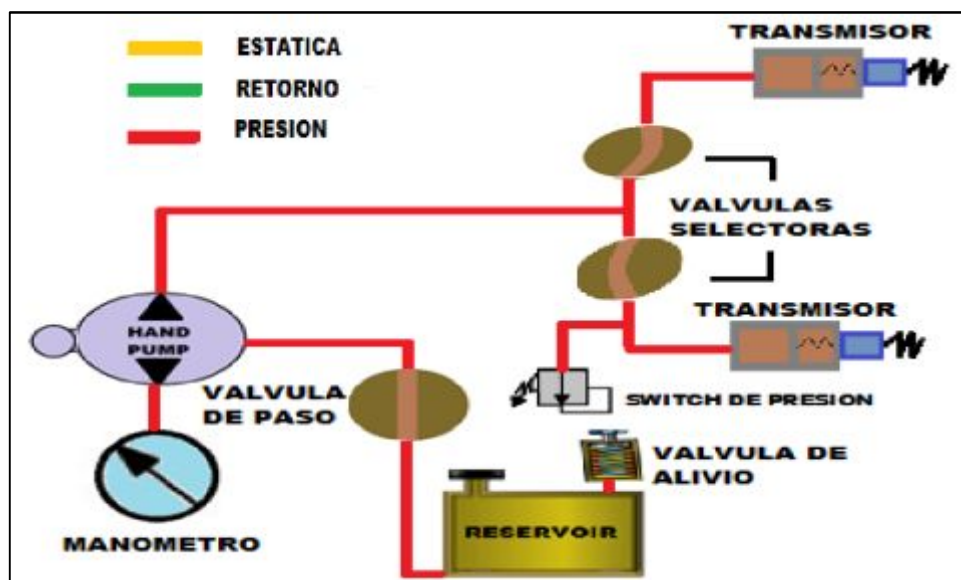


Figura 30. Diagrama básico del banco con bomba accionada

### 3.8 Instalación de cañerías y componentes hidráulicos

El sistema de generación de presión en el banco es una bomba Barfield de 150 PSI, consta de un orificio de entrada para el aceite desde el depósito y dos orificios de salida, uno hacia el manómetro de indicación de la bomba y el otro hacia la cañería de fluido a los instrumentos.



**Figura 31. Bomba Barfield**

Para el transporte y circulación del aceite desde la bomba hacia los instrumentos se utilizó cañerías de acero de 3/8 de plg. resistentes a medianas presiones para evitar roturas, fugas y pérdidas de presión.

El pistón manual tipo tornillo genera la presión necesaria para las comprobaciones a medida que se gira en sentido horario y la disminuye en sentido anti horario, su utilización debe ser pausada y cuidadosa a fin de no dañar los cojinetes en el cilindro.

En los extremos se dotó de terminales machos y hembras construidos de bronce pero igualmente resistentes a medianas presiones; para unir las cañerías entre sí, a la salida de presión de la bomba y a las entradas de los transmisores. Se empleó el

doblado de cañerías con formas particulares para adaptarlas al banco de pruebas sin restar eficiencia y pérdida en el trabajo para el cual estaban destinadas.

En el extremo que une la cañería con los transmisores se soldó con soldadura autógena el terminal hembra de acero de 1/2" por requerimientos de adaptación y medida.



**Figura 32. Cañería de conexión al transmisor de presión de torque**



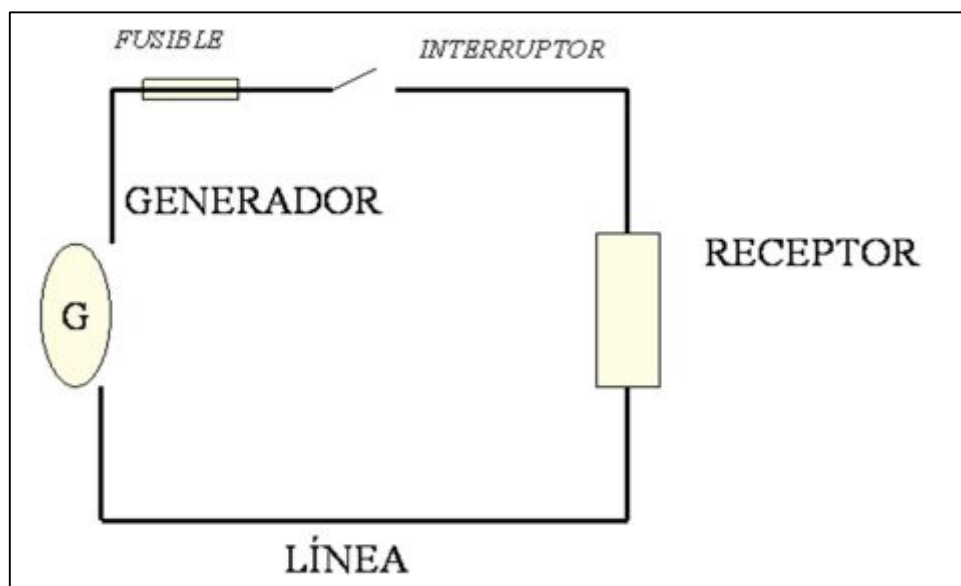
**Figura 33. Cañería de conexión desde la bomba a los sistemas**

En la distribución para dirigir el flujo de aceite hacia un lado u otro de los sistemas y obtener un trabajo diferenciado se acopló una TEE con válvulas de bola que restringen o permiten la circulación del fluido. Como norma general el trabajo de comprobación con el banco de pruebas se efectuará de manera autónoma e independiente sistema por sistema para no dañar los componentes.

### 3.9 Diseño de diagramas del sistema eléctrico

#### 3.9.1 Circuito eléctrico básico

Un circuito es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.



**Figura 34. Circuito eléctrico básico**

Los diagramas eléctricos se encargan de representar a modo de gráfica, circuitos e instalaciones eléctricas en las que van indicadas las conexiones a diferentes elementos o dispositivos que integran un sistema.



Estos se realizan mediante el uso de símbolos eléctricos y trazos que indican las conexiones entre los elementos que intervienen en el esquema, las marcas o índices (números y/o letras) utilizados también son de importancia para lograr de forma completa la identificación de los dispositivos.

Los diagramas eléctricos son parte fundamental del banco de pruebas, el funcionamiento eléctrico se complementa con la parte mecánica e hidráulica y juntos forman el sistema.

La ayuda de los manuales de mantenimiento (Arava Maintenance Manual) y cableado de la aeronave (Wiring Diagram Manual) resultaron vitales para la elaboración y desarrollo de todo el cableado a cada uno de los componentes del banco de pruebas. El servicio del programa AutoCAD para la elaboración del diagrama eléctrico constituyó una herramienta de gran utilidad y ayuda al momento del diseño.

Las figura 35 y figura 36 muestran los diseños eléctricos para los sistemas de presión por separado y la figura 37 muestra un esquema completo de ambos sistemas conectados a un punto común de alimentación.

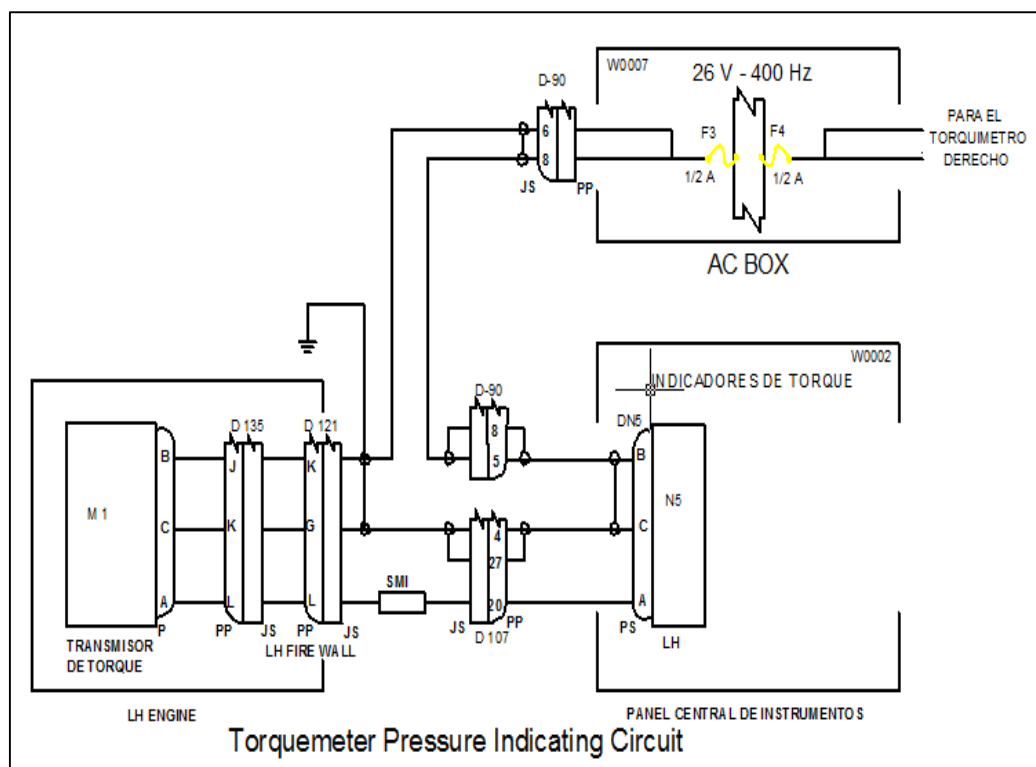


Figura 35. Torquemeter Pressure Indicating Circuit en AutoCAD

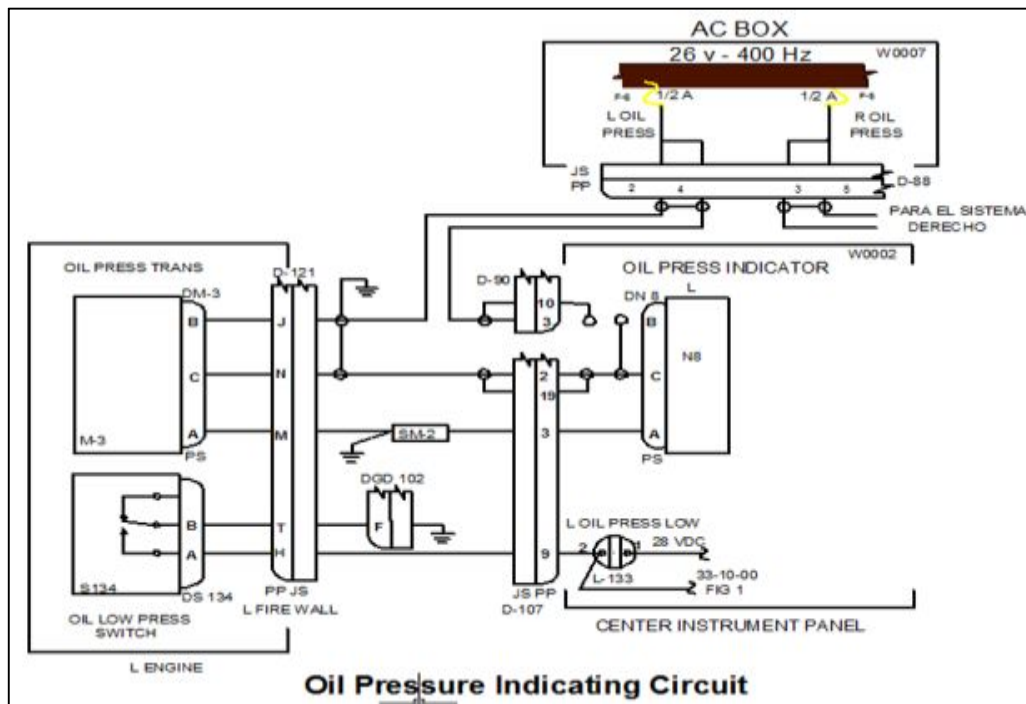


Figura 36. Oil Pressure Indicating Circuit en AutoCAD

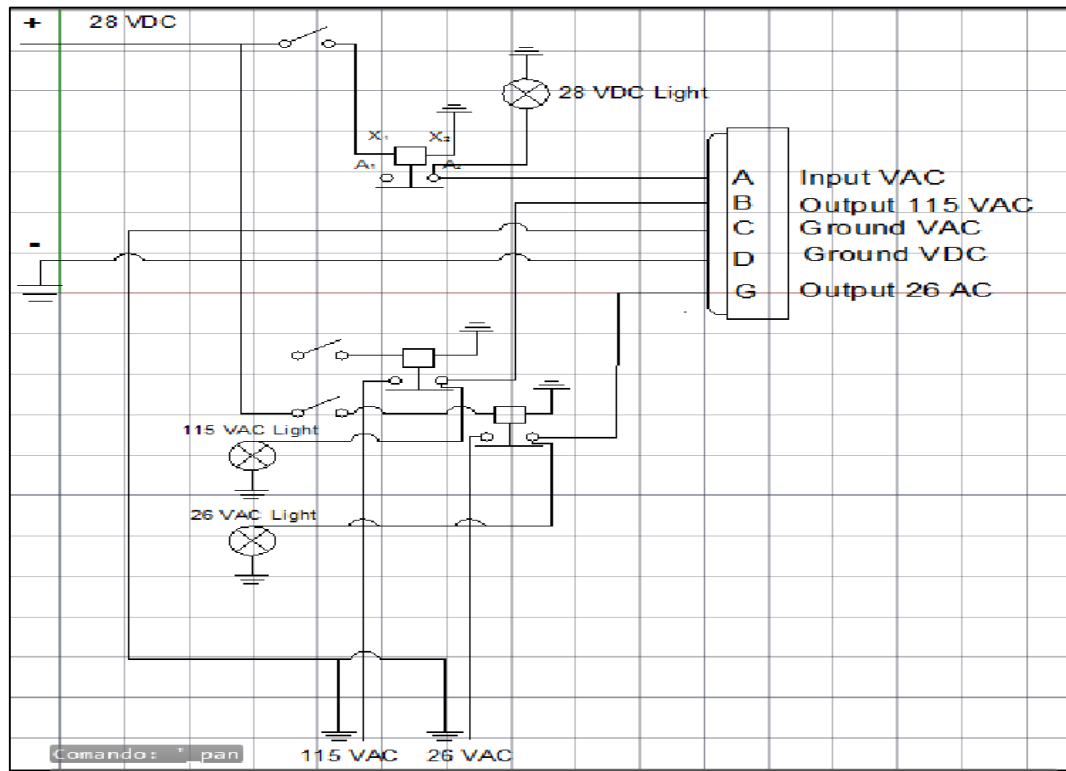


Figura 37. Diagrama de componentes eléctricos

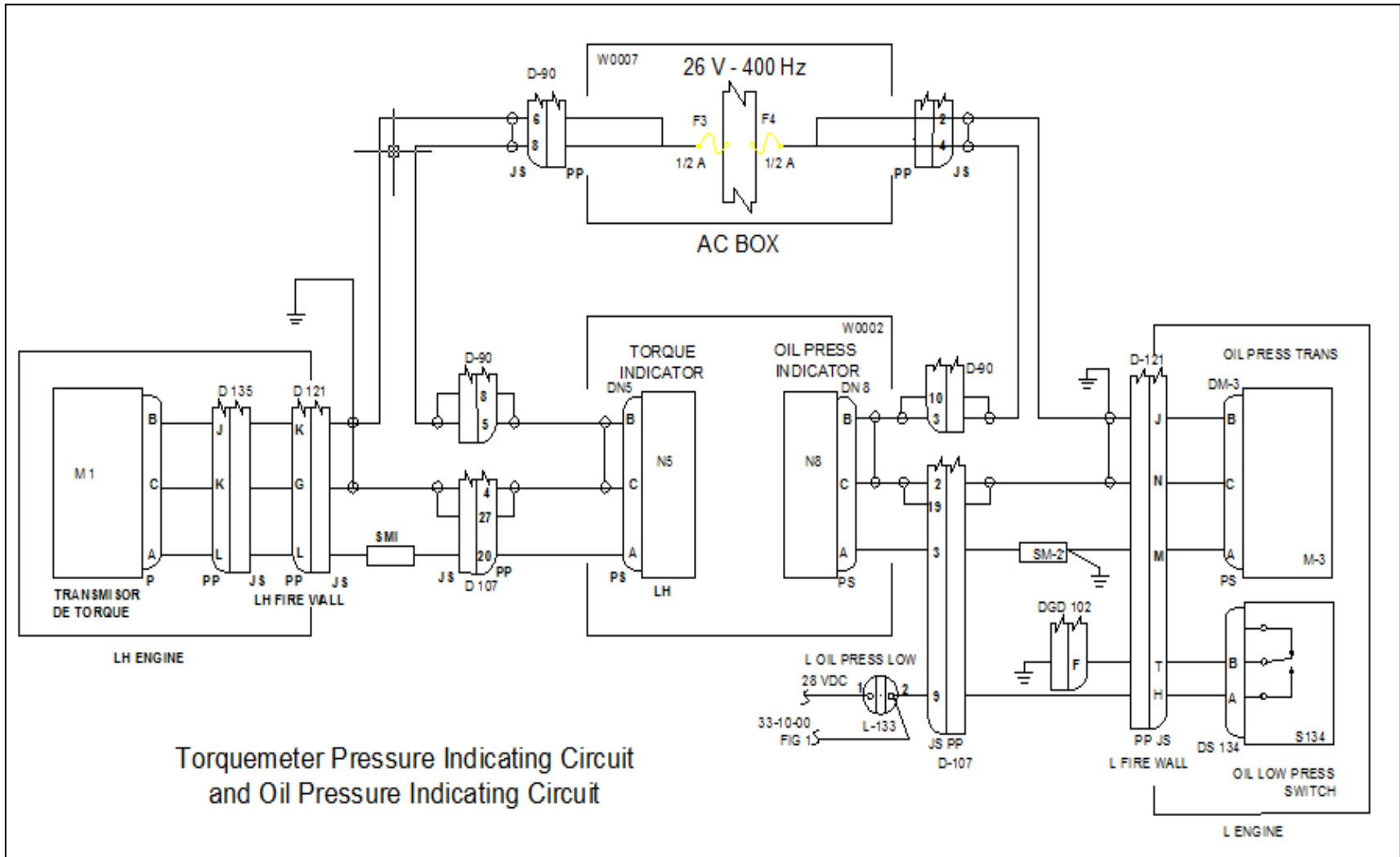


Figura 38. Esquema completo del sistema de indicación en AutoCAD

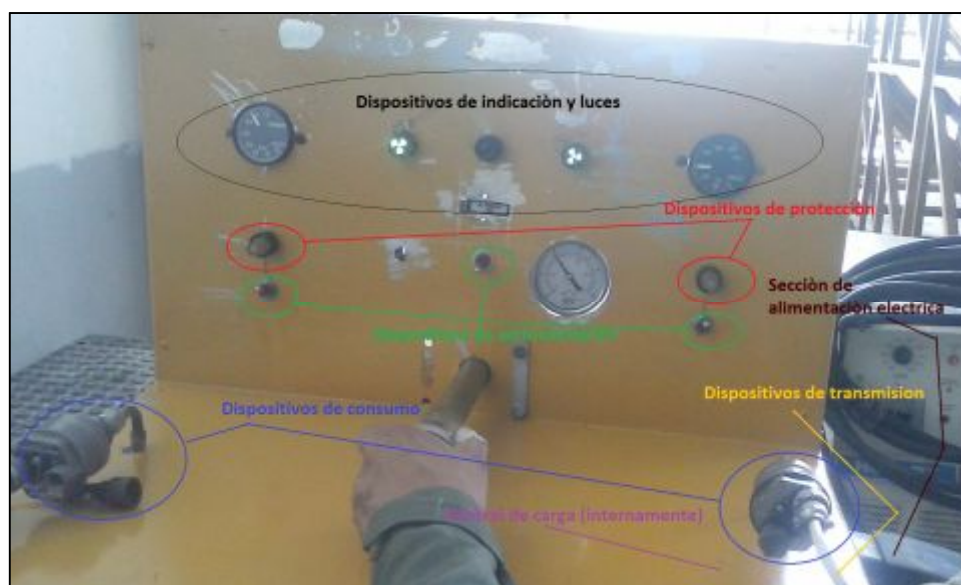
### 3.10 Instalación de componentes eléctricos

Para la instalación de los componentes de accionamiento eléctrico se bosquejó el diagrama eléctrico de los mismos, con esto se disponía de la lectura interpretativa de los dispositivos para la correcta conexión.

El orden y disposición adoptados son cruciales al momento de la puesta en práctica para la comprobación. El banco consta de varias secciones eléctricas diferenciados como sigue:

- Sección de dispositivos de indicación y luces
- Sección de dispositivos de protección
- Sección de dispositivos de accionamiento
- Sección de alimentación eléctrica
- Sección de control de carga eléctrica
- Sección de dispositivos de consumo
- Sección de transmisión eléctrica

La figura a continuación detalla la ubicación de cada una de estas secciones en el banco de pruebas.



**Figura 39. Secciones eléctricas del banco de pruebas**

Se realizó la comprobación de los relés para determinar las posiciones normalmente cerrada o abierta. Se contó con dos relés para corriente alterna, un por cada sistema y uno para los dispositivos de corriente continua.



**Figura 40. Designación de cables conectados a relés**

Los cables conductores fueron dotados de terminales tipo orejetas de fácil instalación-remoción y para la designación se identificó con cinta masking y la respectiva marca.



**Figura 41. Relés listos para instalación**

Se acopla los tres relés en una caja metálica adaptada especialmente para su uso y se lo ubica en la parte inferior izquierda del banco de pruebas en un sector que limita el riesgo de cortocircuitos por contacto.



**Figura 42. Relés instalados en el banco**

La alimentación de 28 VDC desde una fuente externa precisa un receptáculo de alimentación de las mismas características que aquellas que poseen las aeronaves. Para mejorar la resistencia estructural del sitio donde se aloja este dispositivo se precisó un refuerzo debido a la continua conexión y desconexión del banco. Tres partes componen este receptáculo, la cubierta metálica exterior y dos placas internas (mármol y material aislante).

La instalación de estos dos componentes es el punto de partida principal para la consecución del circuito eléctrico completo. Las luces, interruptores de palanca, fusibles y plugs de conexión a los indicadores se acoplan a la estructura metálica mediante orificios hechos a la medida para su solidez; para los indicadores se adaptó un dispositivo metálico de sujeción de fácil montaje-desmontaje con un tornillo de apriete para su estabilización. Una vez situados en su posición se realizó el cableado para conectar a la fuente de alimentación requerida.





**Figura 43. Receptáculo de conexión 28 VDC**



**Figura 44. Instalación de relés y receptáculo de 28 VDC**

Con los elementos ubicados y fijos en su posición se realizó la suelda del cableado con longitudes que permitan flexibilidad para trabajar, esto se efectuó puesto que si primero se realiza toda la conexión del cableado resultaría casi imposible adaptarlos a la estructura. Las luces, interruptores de palanca y fusibles constan de dos cables y los plugs de conexión a los instrumentos disponen de tres.



**Figura 45. Instalación de luces, fusibles, interruptores y plugs (frente)**



**Figura 46. Suelda con cautín del cableado**

Se recortó spaghetti termo retráctil y se insertó tramos que cubran en su totalidad el área de suelda antes de efectuarla. Al exponer el spaghetti a la pistola de calor se adhirió y quedó protegida el área de la misma.

La señalización adecuada del conductor una vez soldado es necesaria pues identifica rápida y claramente, con esto se evita cualquier equivocación con algún otro conductor y se diferencia la fase de la puesta a tierra.





**Figura 47. Señalización de conductores**

La colocación equivocada de conductores puede ocasionar un corto circuito, con grave riesgo de daño a la instalación o incendio en su cableado. El amarre de conductores se desarrolló con bridas de plástico y amarre, estos son sujetadores utilizados para organizar los cables y alambres. Una atadura de cables es una cinta de nylon resistente, con una cremallera integrada y un trinquete en un extremo, dentro de una caja pequeña y abierta.



**Figura 48. Amarre de conductores**

El resultado final después del amarre de conductores, derivó en una conexión visualmente organizada, ordenada, de fácil acceso para el trabajo y de correcta ejecución. Los instrumentos de presión fueron conectados a las cañerías y posteriormente a los plugs eléctricos cuyo tendido eléctrico se lo realizó por el medio de los soportes de la estructura del banco protegidos previamente con spaghetti termo retráctil para impedir su desgaste. El control final de la conexión de componentes eléctricos culminó con el chequeo de fallas en la conexión y soldaduras.



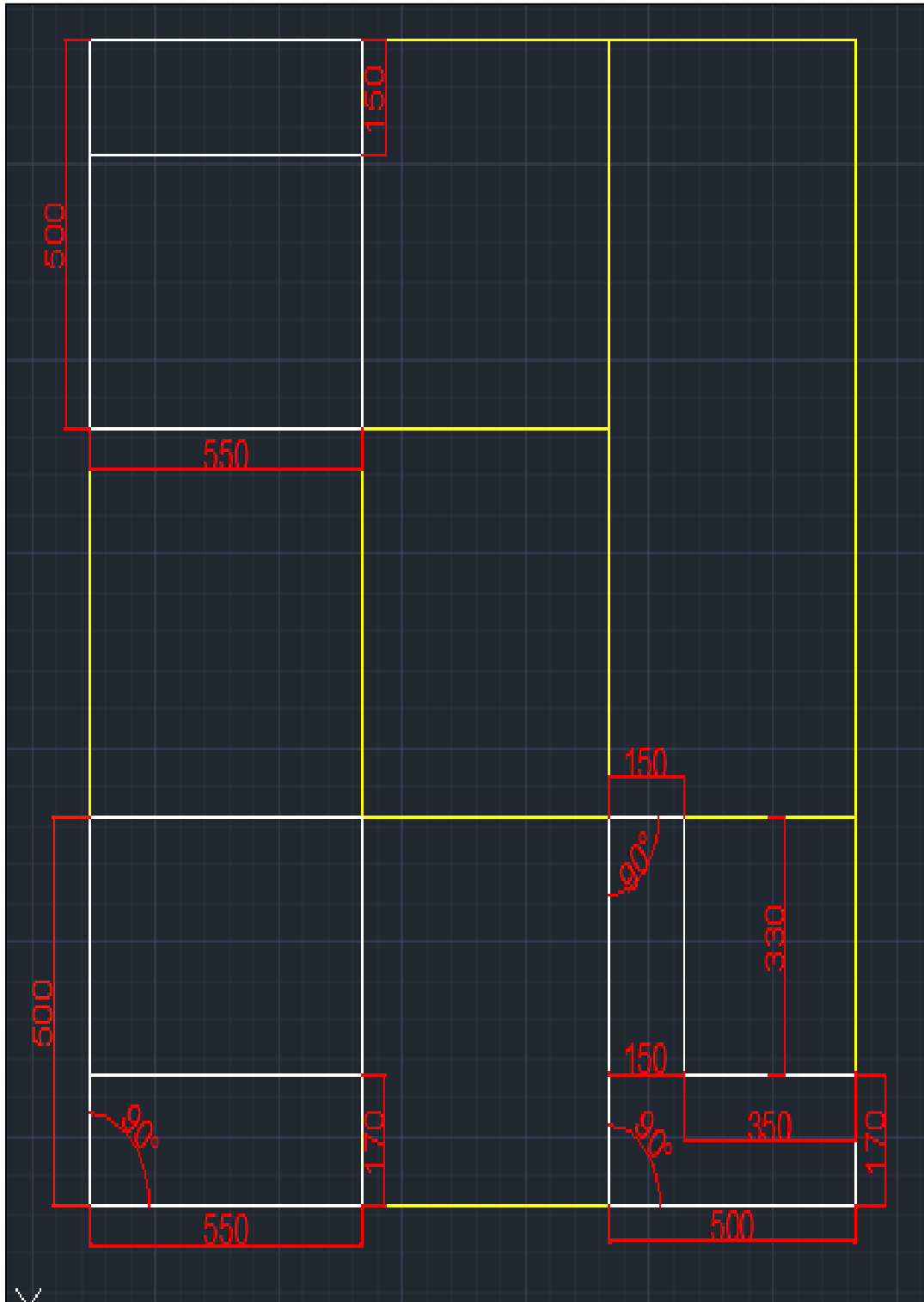
**Figura 49. Verificación de fallas en suelda**

La alimentación con una planta portátil Hobart ayudó en la comprobación del correcto funcionamiento de la conexión eléctrica. Se verificó el cableado con los diagramas, se alimentó con 28 VDC al banco, se realizó el encendido y activación de los componentes quedando en condiciones satisfactorias.

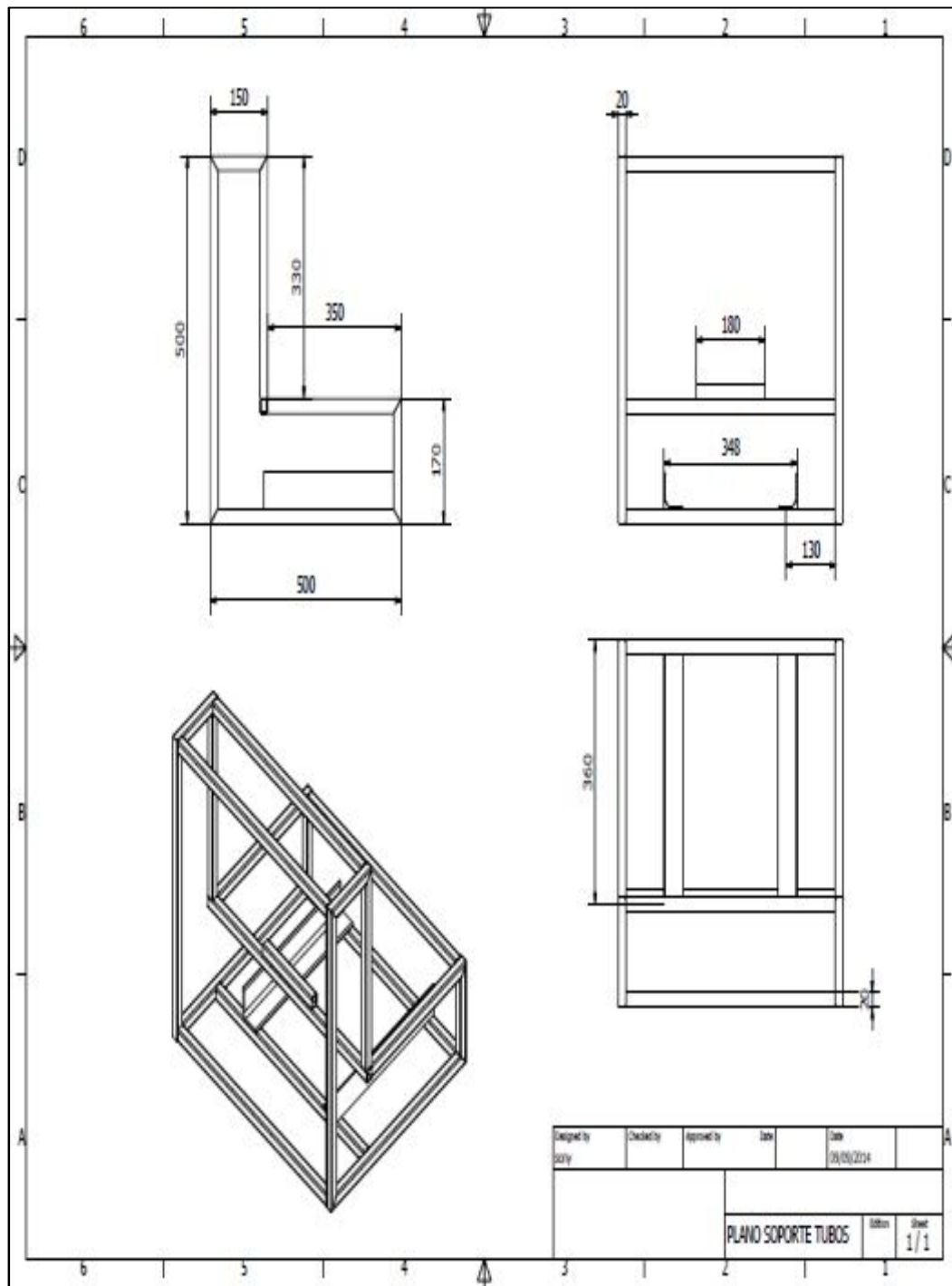
### **3.11 Diseño de planos**

El diseño de los planos estructurales se efectuó inicialmente con la ayuda del programa AutoCAD suplementado después por Inventor, utilizando las medidas y cotas reales en escala 1:1. Con AutoCAD se bosquejó la vista lateral derecha de la estructura en primer plano desde donde mediante extensiones lineales se obtuvo las demás vistas. Con el programa Inventor se realizó la progresión de las vistas de la

estructura con el detalle del material empleado en la construcción y finalmente con AutoCAD se elaboró los componentes que van instalados en el banco.

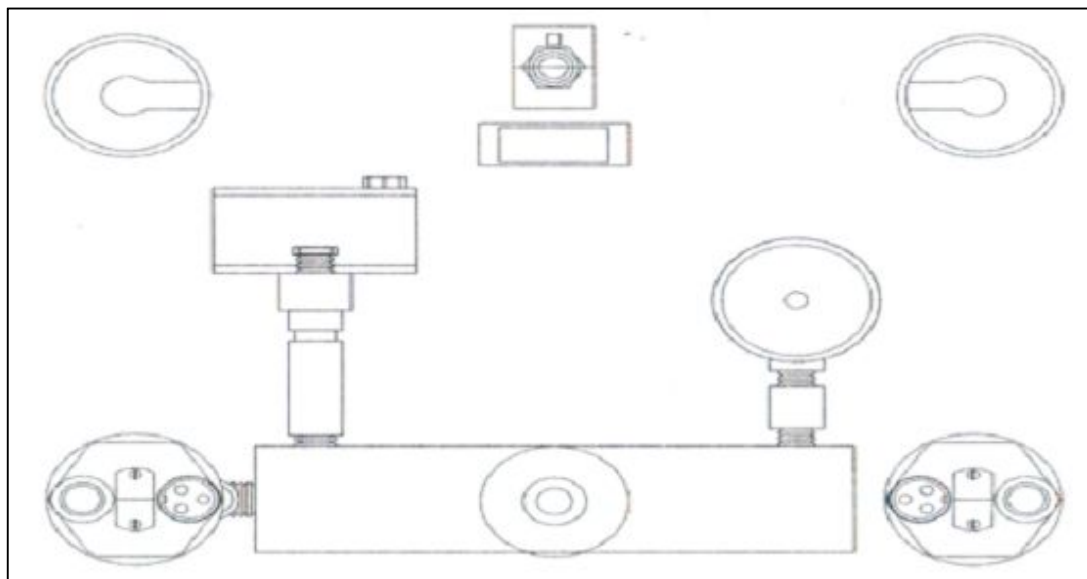


**Figura 50. Vista básica acotada en AutoCAD**



**Figura 51. Plano soporte tubos en Inventor**

Para el diseño efectivo y exacto del banco de pruebas, se realizó el bosquejo de los componentes que van instalados en la estructura como interpretación previa de lo que se va a obtener luego trabajando la materia prima.



**Figura 52. Vista en AutoCAD de los componentes del banco**

### 3.12 Construcción de la estructura metálica

#### 3.12.1 Materiales y maquinas herramientas utilizadas

##### Tabla 3.

##### Lista de materiales

##### DESCRIPCIÓN

Tubo cuadrado estructural de 20x20 mm

Ángulo de acero de 40x40 mm

Lámina metálica de 180x120, 2 mm de espesor

Carrileras con ruedas

Remaches pop 5/32"

Electrodos tipo AGA 6011

Cable conductor No 20

Disco de corte

Disco de esmerilar

Brocas 1/8", 3/16", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1"

Pintura

Thinner

Lijas

**Tabla 4.****Lista de máquinas herramientas****DESCRIPCIÓN**

Cortadora de plancha metálica

Dobladora de plancha metálica

Soldadora eléctrica

Esmeriladora

Compresor

Taladro

**Tabla 5.****Lista herramientas manuales****DESCRIPCIÓN**

Arco sierra

Flexómetro

Llaves herramientas varias medidas

Tijera para cortar metales

Destornillador plano

Alicate

Martillo de goma

Martillo

Lima redonda y cuadrada

Escuadra de metal

Regla

Punzón

Lápiz

### 3.12.2 Proceso de construcción

La finalidad de la estructura es proporcionar el alojamiento y sujeción de los componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos; soportando cargas y esfuerzos mínimos.

Las normas de seguridad, el equipo de protección individual, la documentación y el orden son las primeras recomendaciones para efectuar un trabajo de calidad y así obtener resultados satisfactorios en el proceso de construcción.

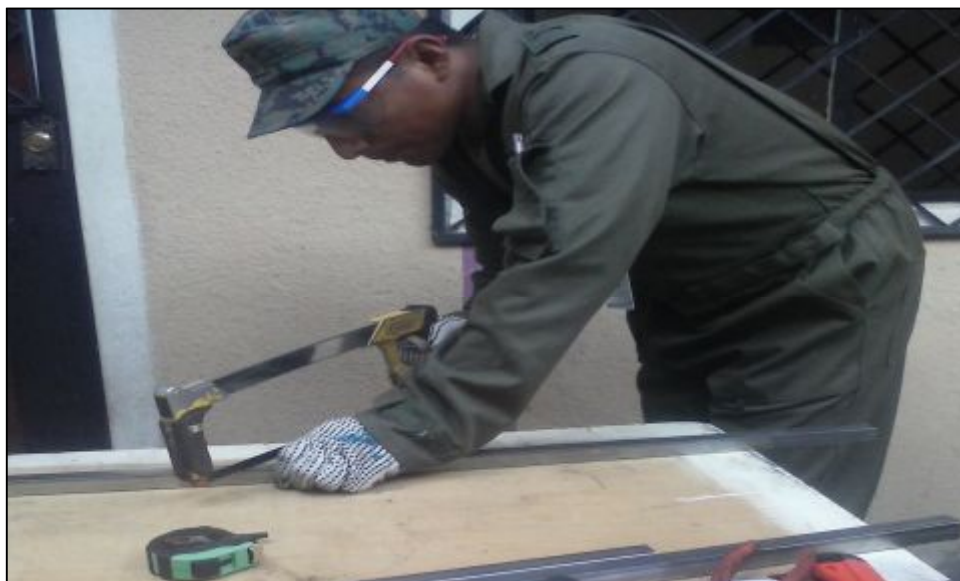


**Figura 53. Equipo de protección individual**

Con el flexómetro se realizó las respectivas medidas y marcaciones para efectuar la construcción del banco con el tubo estructural calidad ASTM A-36. Para una señalización notoria se utilizó en primera instancia el lápiz y luego el punzón con el fin de que la marca no se borre con el contacto.

Se aprovechó las características de ductilidad de los tubos cuadrados realizando marcas de 45° en forma de V y con el arco sierra se cortó una porción del metal dejando una parte para doblar.





**Figura 54. Corte diagonal con sierra**

La finalidad de realizar este procedimiento derivó en un doblado preciso, posteriormente en el proceso de suelda la comodidad para trabajar ahorró tiempo y redujo ciertos pasos que hubiesen sido necesarios si se cortaba el material.



**Figura 55. Armado de la base de los costados**

La misma técnica se empleó para la segunda base de los costados y se recortó siete (7) segmentos para unir longitudinalmente los dos lados en los vértices. Los excesos por los cortes y las pequeñas fallas fueron corregidas con la lima.





**Figura 56. Unión de estructura mediante puntos de solda**

Con electrodos 6011 y la LINCOLN ELECTRIC 225 AC ARC WELDER regulada con un amperaje de 90 A, se soldó la estructura, punteando en diferentes sectores antes de realizar el cordón de suelda definitivo. La careta de polipropileno protege de la intensa luz brillante, cubre el rostro y el cuello para evitar quemaduras. La soldadura de arco eléctrico emite luz ultravioleta de gran intensidad una exposición directa a esta luz provoca el denominado “flameo”.

Uno de los mayores riesgos de la soldadura es la exposición de los gases y humos de su proceso. Cuesta darse cuenta de los daños que ocasionan, y que se traducen en efectos indeseables y crónicos. Estos gases y humos contienen partículas sólidas originadas a partir de los materiales utilizados en el proceso, que por lo general son metales y otros materiales presentes en su superficie.

La observación prolongada de las luces de soldadura sin la barrera protectora de una máscara puede generar daño permanente a la retina, incluyendo cataratas, problemas para ver e incluso ceguera. El uso de guantes, vestimenta apropiada y un sitio adecuado para soldar permitió trabajar correcta y convenientemente.



**Figura 57. Proceso de soldadura en estructura**

Al terminar de soldar los costados de la estructura se dejó enfriar para limpiar la escoria con leves golpes del martillo, esmerilar las limallas y excesos. Las uniones longitudinales estructurales debidamente limadas y cuadradas en los bordes fueron soldadas a los costados proporcionándole estabilidad y forma a la base. En la parte inferior se acopló dos ángulos de acero simétricos a los costados para situar las correderas de la caja portaherramientas.



**Figura 58. Estructura base terminada**

Para culminar la base se esmerilo todos los sitios donde se soldó quedando plana y lista para revestir con la plancha metálica. Es el revestimiento que contribuye a soportar los esfuerzos que en este caso son nulos y donde se alojan los componentes mecánicos y eléctricos del banco. Contribuye a la resistencia estructural obteniéndose una estructura fuerte y liviana.

El revestimiento de la estructura se la realizó con plancha metálica de 2mm. de espesor, realizando cálculos y marcas para efectuar la menor cantidad de cortes posibles. Siendo así que para la parte superior de la base estructural se necesitó de una sola lámina a la que se dobló por segmentos. Los cortes se efectuaron con la tijera de cortar metales por las dimensiones de la plancha.



**Figura 59. Medición y marcado para corte**

Las dobladoras son una herramienta ideal para hacer pliegues a las láminas de acero. La dobladora está construida en sólida placa de acero resistente al trabajo pesado, el cuerpo superior se puede ajustar para diferentes tipos de doblez y calibres de lámina. Además, estas máquinas son de fácil operación y requieren muy poco mantenimiento.



**Figura 60. Revestimiento superior terminado**

Con la señalización y presión aplicada en cada uno de los dobleces se obtuvo una plancha con molde bien definido y fácil de montar. En el proceso la lámina se ubica entre las muelas y se ajusta. No hay que aplicarle mucha fuerza a la lámina con las muelas para que no se mueva al ser doblada. Lógicamente, es necesario ajustar la relación distancia entre las muelas, mientras más seguidas estén mejor contacto de doblez habrá.



**Figura 61. Remachado y sujeción**

El revestimiento se fija sobre la estructura mediante remaches. Para el remachado se fijó intervalos con la misma distancia y así obtener una estética uniforme. En el sector donde se aloja la caja para herramientas y en el sitio del receptáculo para conexión a fuente externa se desarrolló un refuerzo estructural por la constante utilización y movimiento. El fondeo con pintura gris para una mejor adherencia de la pintura amarilla derivó en una superficie con ciertas fallas y para corregirlas se macillo, se lijó y se volvió a fondear.



**Figura 62. Vista frontal fondeada**

Corregidas las fallas se aplicó una mano de pintura amarilla sin darle un acabado terminado, quedando listo para la incorporación de los instrumentos y elementos de funcionamiento del banco de pruebas. La necesidad de mantener ciertos elementos necesarios lo más cercano posible cuando se efectúa las comprobaciones crea la necesidad de un sitio en el cual se pueda guardar estas y disponer de ellas de inmediato. La caja se fabricó con el mismo material de revestimiento de la estructura, realizando dobleces para obtener su forma.

Se aloja en la parte frontal del banco, para su movimiento se empleó carriles de desplazamiento con ruedas, remachados a dos ángulos a su vez soldados a la estructura. Se reforzó la estructura frontal y se remachó dejando el espacio básico

para la entrada y salida de la caja. La manija de la cual se hace uso para halarla sirvió de tope para limitar el acceso y evitar el choque con el inversor cuando retrocede.



**Figura 63. Caja metálica montada en el banco**

La estructura en su totalidad no es de gran proporción, pero la construcción de la compuerta hecha en un solo conjunto repercutía en ciertas dificultades al momento de ejecutar una tarea de comprobación.



**Figura 64. Compuerta de dos divisiones con bisagras y seguro**



La construcción de este elemento en dos partes mediante la utilización de bisagras para el doblado redujo las falencias, permitiendo un rápido acceso y la posibilidad de trabajar con el sistema en todo su compendio sin dificultades. El seguro de la compuerta ubicado en la parte inferior central consiste de una chapa rectangular con pulsador de presión para su bloqueo.

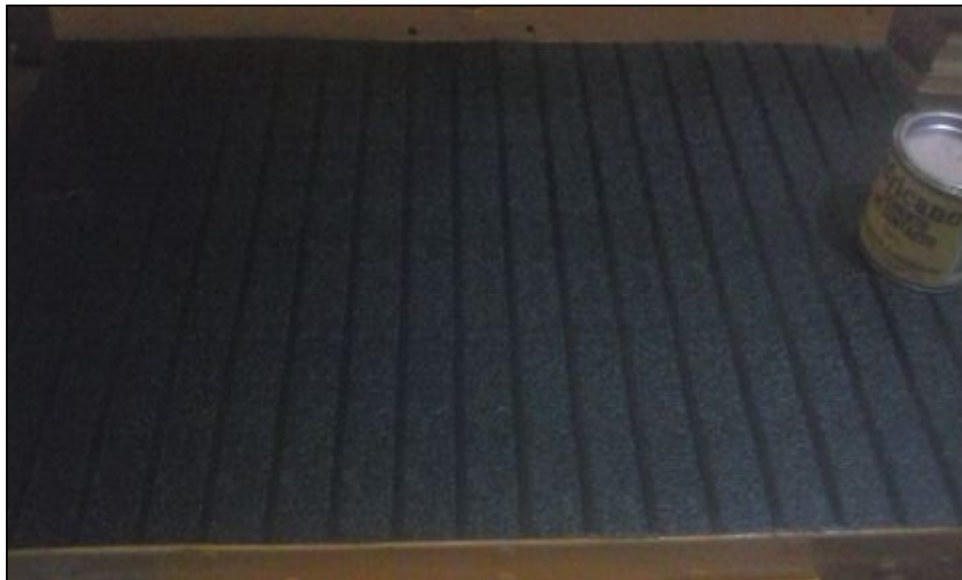
### **3.13 Acabados**

Concluida la construcción de la estructura y la instalación de componentes se procedió con el acabado del banco, con la finalidad de obtener una superficie con características adecuadas para la aplicación particular del equipo elaborado; principalmente en la estética.

Los acabados tienen como función principal proteger todos los materiales bases así como de proporcionar estética y confort, estos materiales deben corresponder a funciones adecuadas con el uso destinado y en las zonas en donde la estructura requiere su colocación.

Este proceso además incluye la pintada final del equipo ya con todos los elementos y componentes ensamblados, los cuales fueron protegidos para evitar que se manchen de pintura. El sector frontal del banco en donde están alojados los indicadores, luces, fusibles e interruptores quedó terminado con dos manos de pintura amarilla y sobre las demás superficies se efectuó el pegado de moqueta de fibra sintética de dos tipos; sobre la base frontal se ubicó moqueta de 2 mm. de espesor con rayas y sobre los demás planos se colocó una de 0,75 mm. llana.

Para adherirla a la superficie se utilizó cemento de contacto depositando una amplia capa sobre las caras de manera uniforme y dejando secar por varios minutos para que su adherencia resulte efectiva, los cortes y dobleces en las esquinas se las realizó a medida que se efectuaba el pegado. Los cortes que se efectuaron a las moquetas fueron hechas con estilete previo marcado de medidas.



**Figura 65. Pegado de moqueta gruesa**

Debido a la adherencia efectiva que ofrece el cemento de contacto una vez seco se realizó el pegado con sumo cuidado para el correcto encuadre de la moqueta con la estructura. En los costados de la estructura se empleó varios moldes por la complejidad de unión. La compuerta trasera de acceso al cableado también quedó con una capa de moqueta fina.



**Figura 66. Pegado de moqueta fina**



### 3.14 Señalización

La identificación de componentes permite a quienes utilizan un equipo ubicarse rápidamente al momento de su manipulación generando seguridad y buen uso. Es de enorme importancia entonces efectuar una correcta indicación de los elementos que se encuentran instalados para su empleo y funcionamiento.

En este proceso de señalización se empleó stickers adhesivos hechos en vinil con cada una de las nomenclaturas de indicación y nombres correspondientes, pegados a cimbra plástica mediante cinta de doble faz.

En el sitio de cañerías, conectores y dispositivos eléctricos también se ubicó adhesivos con el correspondiente indicativo de funcionamiento, circulación e indicación de riesgo para evitar consecuentes daños en personal, material y equipo.



**Figura 67. Señalización**

### 3.15 Pruebas de funcionamiento

Una vez realizado la construcción de la estructura, el ensamblado de componentes, el acabado y la señalización del banco de pruebas se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento para comprobar la operatividad del equipo,

verificar que ajustes se debe realizar y evitar errores en las marcaciones de los elementos, es así como se tomó los correctivos y se consideró las recomendaciones del asesor de tesis y técnicos de la aeronave.



**Figura 68. Comprobación de funcionamiento del banco de pruebas**

Para el funcionamiento del banco de pruebas se requirió pruebas en cada uno de los sistemas por separado, para determinar con exactitud la procedencia de errores. Fue necesario efectuar inicialmente purgas en el sistema a fin de liberar presiones acumuladas en las cañerías y en los instrumentos; una vez realizado esto se controló marcaciones del manómetro maestro del sistema con cada uno de los indicadores de presión por separado, para verificar posibles fallas de funcionamiento.

Estos procedimientos fueron repetidos por cinco veces hasta conseguir corregir errores. Una vez corregidas estas se obtuvo un banco de pruebas con marcaciones correctas, con un funcionamiento óptimo; permitiendo de esta manera familiarizar al usuario con la operación equipo como si estuviese en la aeronave, obteniendo una aceptación favorable. Todo este proceso quedó recabado en el procedimiento operacional.

### 3.15.1 Procedimiento operacional

Las normas en aviación exigen que los trabajos en el área de mantenimiento se efectúen con el equipo de protección, herramientas adecuadas. Además se debe disponer de la documentación técnica de respaldo para el registro, operación y mantenimiento apropiado. Los siguientes ítems deben ser cumplidos antes de realizar las comprobaciones con el banco de pruebas:

- Cualquier fuente de alimentación externa deben estar desconectada antes de la puesta en operación pues reduce el riesgo de cortocircuitos que podrían dañar los componentes e instrumentos eléctricos y más aún ocasionar un incendio del equipo en general.
- Revisar la integridad física del equipo por fugas de aceite, seguros dañados, instrumentos flojos, plugs flojos, cañerías dañadas, cables desconectados.
- El equipo debe encontrarse en un área de trabajo limpia, despejada e iluminada.
- Montar los transmisores de presión de torque y aceite en el sector correspondiente de las cañerías.
- Ubicar los selectores de posición de las válvulas de bola en la posición OPEN.
- Girar la perilla de la bomba en sentido antihorario hasta el final.
- Ubicar la llave selectora de paso que se encuentra montada después del OIL TANK en la posición OPEN.
- Desmontar el tapón superior de llenado del OIL TANK y completar aceite hasta que el sistema esté completamente cargado.
- Realizar la purga del sistema como sigue:
  - ✓ Girar la perilla de la bomba en sentido horario hasta que se visualice el contenido en el orificio del tapón de llenado del OIL TANK.
  - ✓ Girar la perilla de la bomba en sentido antihorario nuevamente, y completar aceite nuevamente de ser necesario.
  - ✓ Realizar los dos pasos anteriores una vez más.

✓ Girar la llave selectora de paso en la posición CLOSE y montar el tapón de llenado del OIL TANK.

- Verificar que los interruptores se encuentren en la posición OFF.
- Verificar que el indicador de presión del manómetro de la bomba se encuentre calibrado en 0.
- Ubicar las manijas de las válvulas de bola en la posición CLOSE.



### *Precaución*

**Girar la perilla de la bomba hasta que el manómetro maestro marque 50 PSI y dejar por 5 min. Si observa caída de presión verifique las cañerías y uniones por fuga de aceite, en caso de no existir fugas proceder a purgar una vez más (la presencia de aire en el sistema genera la caída inmediata de la presión en el sistema). Corregir las falencias y dejar el banco de pruebas en su posición inicial.**

- Conectar el equipo a una fuente externa de generación eléctrica de 28 VDC. y alimentar.
- Seleccionar ON en el interruptor de 28 VDC.
- Seleccionar ON en el interruptor de 26 VAC.
- Seleccionar el sistema a trabajar mediante la ubicación de la manija de la válvula de bola correspondiente en la posición OPEN.



### *Precaución*

**Efectuar siempre las comprobaciones con el sistema que necesita mayor presión. Verificar si existen caídas de presión y corrija.**

Si selecciona trabajar con el sistema indicador de presión de aceite efectúe lo siguiente:

- Asegúrese que OIL PRESS FUSE está instalado.
- Utilizar la perilla de la bomba para suministrar 100 PSI al sistema y observar la lectura del indicador de presión de aceite. El indicador deberá mostrar  $100 \pm 3$  PSI. Mantener la presión por 3 minutos. No debe haber

fugas, si la presión cae o la lectura está fuera de la tolerancia reemplazar el transmisor o el indicador.

- Repetir la comprobación a 50 PSI. El indicador debe mostrar  $50 \pm 3$  PSI.
- Liberar la presión total por medio de la perilla en sentido anti-horario. El indicador no debe mostrar lectura.
- Cuando termine la comprobación liberar la presión y cerrar la manija del sistema.
- Seleccionar OFF en el interruptor de 26 VAC.
- Seleccionar OFF en el interruptor de 28 VDC.
- Desconectar el equipo de la fuente de generación externa.

Si selecciona trabajar con el sistema indicador de presión de torque efectúe lo siguiente:

- Asegúrese que TORQUE PRESS FUSE está instalado.
- Utilizar la perilla de la bomba para suministrar presión al sistema y chequear que la lectura de los indicadores este dentro de sus respectivas tolerancias, de acuerdo a la tabla 201, (Arava Maintenance Manual, 77-10-00, pág. 201). Ver anexo A.
- Si la lectura del indicador no está dentro de las tolerancias, aliviar la presión por medio de la perilla de la bomba y ajustar el transmisor como describe el Manual de Overhaul del Fabricante.
- Re-chequear la calibración.
- Cuando termine la comprobación liberar la presión y cerrar la manija del sistema.
- Seleccionar OFF en el interruptor de 26 VAC.
- Seleccionar OFF en el interruptor de 28 VDC.
- Desconectar el equipo de la fuente de generación externa.

### **3.16 Elaboración de manuales**

En esta sección del trabajo de graduación se establece los diferentes procedimientos según los requerimientos que exigen las normas de verificación y

mantenimiento, además de realizar un análisis de las normas de seguridad que todo técnico debe conocer antes de realizar cualquier tipo de trabajo en aviación, ya que cualquier error puede ocasionar accidentes.

A continuación se describen los diferentes procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad del banco de pruebas, para un correcto manejo y conservación sin poner en riesgo la seguridad del personal y equipo.

### 3.16.1 Tipo de manuales


La codificación del banco de prueba y los diferentes manuales técnicos y el formulario de registro se indican en la siguiente tabla.


**Tabla 6.**

#### **Codificación de manuales y hoja de registro del banco de pruebas**

<b>No</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÓDIGO</b>
1	Banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.	AE-BPCPITPTAM-01
2	Manual de operación del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.	AE-BPCPITPTAM-MO
3	Manual de mantenimiento del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.	AE-BPCPITPTAM-MM
4	Manual de seguridad del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.	AE-BPCPITPTAM-MS
5	Registro de mantenimiento y operación del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.	AE-BPCPITPTAM-HRMO

A continuación se describen estos formularios de procedimientos:

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 1 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MO
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>1.0.- OBJETIVO</b></p> <p>Documentar y establecer los procedimientos correctos de operación del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE</b></p> <p>Proporcionar al personal técnico que utilice el banco, los pasos que se deben seguir para la operación del banco de pruebas.</p> <p><b>3.0.- DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b></p> <p>1. Manual de Mantenimiento del avión Arava T-201.</p> <p><b>4.0.- PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN</b></p> <p>El banco de pruebas consta de dos sistemas de comprobación los cuales deben trabajarse por separado, seleccionando el sistema a trabajar por medio de las manijas de las válvulas de bola; la ejecución de trabajos con ambos sistemas a la vez puede ocasionar severos daños al equipo.</p> <p>Con las medidas de seguridad adoptadas y puestas en ejecución para la operación del banco se procede como sigue:</p>		

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 2 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MO
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015

1. Cumplir con la lista de chequeos 3.19.



### *Precaución*

*Girar la perilla de la bomba hasta que el manómetro maestro marque 50 PSI y dejar por 5 min. Si observa caída de presión verifique las cañerías y uniones por fuga de aceite, en caso de no existir fugas proceder a purgar una vez más (la presencia de aire en el sistema genera la caída inmediata de la presión en el sistema). Corregir las falencias y dejar el banco de pruebas en su posición inicial.*

2. Conectar el equipo a una fuente externa de generación eléctrica de 28 VDC. y alimentar.
3. Seleccionar ON en el interruptor de 28 VDC.
4. Seleccionar ON en el interruptor de 26 VAC.
5. Seleccionar el sistema a trabajar mediante la ubicación de la manija de la válvula de bola correspondiente en la posición OPEN.




### *Precaución*


*Efectuar siempre las comprobaciones con el sistema que necesita mayor presión. Verificar si existen caídas de presión y corrija.*


Si selecciona trabajar con el sistema indicador de presión de aceite efectúe lo siguiente:


- 5.1.1 Asegúrese que OIL PRESS FUSE está instalado.





 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 3 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MO
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p>5.1.2 Utilizar la perilla de la bomba para suministrar 100 PSI al sistema y observar la lectura del indicador de presión de aceite. El indicador deberá mostrar 100 ±3 PSI. Mantener la presión por 3 minutos. No debe haber fugas, si la presión cae o la lectura está fuera de la tolerancia reemplazar el transmisor o el indicador.</p> <p>5.1.3 Repetir la comprobación a 50 PSI. El indicador debe mostrar 50 ±3 PSI.</p> <p>5.1.4 Liberar la presión total por medio de la perilla en sentido anti-horario. El indicador no debe mostrar lectura.</p> <p>5.1.5 Cuando termine la comprobación liberar la presión y cerrar la manija del sistema.</p> <p>5.1.6 Seleccionar OFF en el interruptor de 26 VAC.</p> <p>5.1.7 Seleccionar OFF en el interruptor de 28 VDC.</p> <p>5.1.8 Desconectar el equipo de la fuente de generación externa.</p> <p>Si selecciona trabajar con el sistema indicador de presión de torque efectúe lo siguiente:</p> <p>5.2.1 Asegúrese que TORQUE PRESS FUSE está instalado.</p> <p>5.2.2 Utilizar la perilla de la bomba para suministrar presión al sistema y chequear que la lectura de los indicadores este dentro de sus respectivas tolerancias, de acuerdo a la tabla 201, (Arava Maintenance Manual, 77-10-00, pág. 201).</p>		


 <p><b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 4 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MO
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p>5.2.3 Si la lectura del indicador no está dentro de las tolerancias, aliviar la presión por medio de la perilla de la bomba y ajustar el transmisor como describe el Manual de Overhaul del Fabricante.</p> <p>5.2.4 Re-chequear la calibración.</p> <p>5.2.5 Cuando termine la comprobación liberar la presión y cerrar la manija del sistema.</p> <p>5.2.6 Seleccionar OFF en el interruptor de 26 VAC.</p> <p>5.2.7 Seleccionar OFF en el interruptor de 28 VDC.</p> <p>5.2.8 Desconectar el equipo de la fuente de generación externa.</p>		
<p><b>5.0.-FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b>_____</p>		


 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.:</b> 1 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MM
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>1.0.- OBJETIVO</b></p> <p>Definir los procedimientos a seguir para mantener siempre en óptimas condiciones de operación el banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE</b></p> <p>Las prácticas consideradas en el presente manual, comprende el mantenimiento preventivo y correctivo del banco de pruebas.</p> <p><b>3.0.- MANTENIMIENTO TRIMESTRAL</b></p> <p><b>3.1 Almacenamiento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conservar el banco de pruebas cubierto con un protector de plástico o de tela para evitar el polvo y humedad cuando no sea utilizada.</li> <li>2. No permitir que el equipo se encuentre en contacto con ninguna sustancia corrosiva.</li> <li>3. Revisar que la base de asentamiento esté en buenas condiciones.</li> </ol>		

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.:</b> 2 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MM
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>3.2 Limpieza</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpiar la sección pintada utilizando una tela húmeda y seguidamente una tela seca que no raye la pintura, retirando de esta manera cualquier agente contaminante.</li> <li>2. No utilizar solventes. disolventes, combustibles al momento de realizar la limpieza del banco debido a que estos aditivos poseen componentes que pueden ser perjudicial para los componentes.</li> <li>3. La parte interna del banco se debe limpiar con un aspersor de aire a baja presión (de preferencia aire seco).</li> </ol> <p><b>3.3 Lubricación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lubricar todos los elementos que durante las comprobaciones van estar en movimiento (bisagras de la compuerta, perilla de presión de la bomba).</li> <li>2. Comprobar que se encuentren en buen estado los tornillos que sujetan a los diferentes elementos y componentes del banco.</li> </ol> <p><b>4.0.- MANTENIMIENTO SEMESTRAL</b></p> <p>En conjunto con los procedimientos de mantenimiento trimestral ejecútese además:</p>		

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.:</b> 3 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MM
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>4.1 Almacenamiento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar daños estructurales en el banco de pruebas.</li> <li>2. Inspeccionar puntos de suelda.</li> <li>3. Verificar que no existan fugas y fisuras en sistema de presión de aceite.</li> <li>4. Inspeccionar el panel frontal por roturas o fisuras.</li> <li>5. Verificar el ajuste de pernos de sujeción de la bomba.</li> </ol> <p><b>4.2 Limpieza</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chequear el interior del banco y verifique cables sueltos, corrosión, conectores flojos, etc.</li> <li>2. Colocar limpia contactos en las conexiones de los elementos eléctricos.</li> <li>3. Verificar la condición de limpieza del inversor estático.</li> </ol> <p><b>4.3 Lubricación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Completar el nivel de aceite de ser necesario.</li> <li>2. Inspeccionar los manómetros de presión por fugas.</li> <li>3. Desmontar el tapón superior del manómetro de glicerina para despresurizar.</li> <li>4. Cambiar los sellos de la bomba Barfield.</li> </ol>		

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.:</b> 4 de 4
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MM
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>5.0.- MANTENIMIENTO ANUAL</b></p> <p>En conjunto con los procedimientos de mantenimiento trimestral y semestral ejecútese además:</p> <p><b>5.1 Almacenamiento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar compuerta y remachado en general por sujeción.</li> <li>2. Verificar sujeción de instrumentos, cañerías.</li> <li>3. Verificar estado de luces y fusibles.</li> </ol> <p><b>5.2 Limpieza</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar condición de bridas plásticas en amarres.</li> <li>2. Inspeccionar condición de moquetas.</li> <li>3. Inspeccionar la condición de la pintura.</li> </ol> <p><b>5.3 Lubricación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambiar el aceite.</li> <li>2. Realizar la calibración del manómetro de la bomba.</li> </ol> <p><b>6.0.-FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b>_____</p>		

 <p><b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b></p>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>	<b>Pág.:</b> 1 de 1
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.</b>	<b>Código:</b> AE-BPCPITPTAM-MS
	<b>Elaborado:</b> Cbop. Rodríguez José	<b>Revisión No. :</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bautista Rodrigo	<b>Fecha :</b> 13/ENE/2015
<p><b>1.0.- OBJETIVO</b></p> <p>Documentar los procedimientos de seguridad cuando se opere el banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de transmisores de presión de torque y presión de aceite del motor PT6A-36.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE</b></p> <p>Mantener la seguridad del técnico y del equipo en la operación.</p> <p><b>3.0.- PROCEDIMIENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Previo a la realización del trabajo el personal técnico debe estar familiarizado con la correcta operación del banco de pruebas.</li> <li>2. Realizar una inspección visual general de todo el equipo para comprobar las condiciones en que se encuentra la misma.</li> <li>3. Comprobar que la compuerta de acceso a los sistemas disponga de seguro.</li> <li>4. Utilizar el equipo de protección necesario para evitar cualquier daño.</li> <li>5. Revisar que el sistema de mandos no haya sido movido de la posición inicial.</li> <li>6. Verificar el cableado (ni excesivamente apretado, ni flojos).</li> </ol> <p><b>4.0.-FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b>_____</p>		

 <b>GAE-44</b> <b>“PASTAZA”</b>	<b>HOJA DE REGISTRO</b>		<b>Código: AE-BPCPITPTAM-HRMO</b>
<b>FECHA</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

**BANCO DE PRUEBAS PARA EFECTUAR LA COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS E INDICACIONES DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DE TORQUE Y PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PT6A-36.**

**REGISTRO N°:**  
**001**



### 3.17 Lista de chequeos

1. Utilizar equipo de protección individual, no utilizar ropa de nylon.
2. Verificar que el equipo no se encuentre alimentado por alguna fuente de poder.
3. Revisar la integridad física del equipo (fugas de aceite, seguros dañados, instrumentos flojos, plugs flojos, cañerías dañadas, cables desconectados) y ajustar.
4. Ubicar el equipo en un área de trabajo despejada, limpia e iluminada.
5. Montar los transmisores de presión de torque y aceite en el sector de instalación en las cañerías correspondientes.
6. Ubicar los selectores de posición de las válvulas de bola en la posición OPEN.
7. Girar la perilla de la bomba en sentido antihorario hasta el final.
8. Ubicar la llave selectora de paso que se encuentra montada después del OIL TANK en la posición OPEN.
9. Desmontar el tapón superior de llenado del OIL TANK y completar aceite hasta que el sistema esté completamente cargado.
10. Realizar la purga del sistema como sigue:
  - a. Girar la perilla de la bomba en sentido horario hasta que se visualice el contenido en el orificio del tapón de llenado del OIL TANK.
  - b. Girar la perilla de la bomba en sentido antihorario nuevamente, y completar aceite nuevamente de ser necesario.
  - c. Realizar los pasos a y b una vez más.
  - d. Girar la llave selectora de paso en la posición CLOSE y montar el tapón de llenado del OIL TANK.
11. Verificar que los interruptores se encuentren en la posición OFF.
12. Verificar que el indicador de presión del manómetro de la bomba se encuentre calibrado en 0.
13. Ubicar las manijas de las válvulas de bola en la posición CLOSE.

### 3.18 Presupuesto

El presupuesto utilizado para el desarrollo del proyecto planteado se fundó en proformas de mercado local que se cotizaron para cada uno de los materiales, accesorios y componentes que se utilizaron llegando a la conclusión que el costo total del proyecto es de mil ciento veinte y ocho dólares con sesenta centavos de dólar.

#### 3.18.1 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción del banco de pruebas se evalúan los siguientes parámetros.

- Maquinaria, herramienta y equipo.
- Costo primario (material).
- Mano de obra.
- Costo secundario (equipos de oficina).

**Tabla 7.**

#### **Costo máquinas herramientas y equipos**

Nº	MÁQUINA	VALOR (USD)
1	Soldadora eléctrica	60
2	Dobladora de plancha metálica	10
3	Taladro	20
4	Esmeril	10
5	Equipo de pintura	20
6	Equipos electrónicos	20
7	Cortado de metal	10
8	Remachadora	10
<b>Total</b>		<b>160</b>

**Tabla 8.****Costos primarios**

Nº	MATERIAL	CANT.	VALOR UNITARIO	COSTO (USD)
1	Tubo cuadrado galvanizado de 20x20 mm.	2	6	12
2	Ángulo de hierro 40x40 mm.	1	8	8
3	Plancha metálica de 2 mm.	1	22	22
4	Electrodos tipo AGA 6011	2 lb.	2	5
5	Manómetro de glicerina	1	30	30
6	Remaches pop $\frac{5}{32}$ “	200	0,05	10
7	Cañerías de $\frac{3}{8}$ “	2 mt.	10	20
8	Juego de acoples (hembra y macho)	8	3	24
9	Válvulas de bola	2	4	8
10	Reservorio	1	40	40
11	Relés eléctricos	3	15	45
12	Accesorios electrónicos	6	5	30
13	Luces	3	4	12
14	Disco de corte	1	4	4
15	Sierra de grano fino	1	12	12
16	Lijas de acero	5	0.60	3
17	Pintura de fondo	1 lt.	6	6
18	Thinner	1 gl.	8	8
19	Pintura amarilla Caterpillar	1 lt.	10	10
20	Moqueta gruesa	1 mt.	6	6
21	Moqueta fina	2 mt.	6	12
21	Juego de pernos, tuercas	4	2	8
22	Waype	2	4	8
23	Brocas 1/8”, 3/16”, 1/4”, 3/8”, 1/2”, 3/4”, 1”	7	2	14
24	Flexómetro	1	5	5
25	Limas, destornilladores	4	3	12

<b>Total</b>	<b>374</b>
--------------	------------

**Tabla 9.****Costo de mano de obra**

Nº	PROCESO	VALOR (USD)
1	Pintor	40
2	Soldador	40
3	Electrónico	60
4	Estructurista	60
	<b>Total</b>	<b>200</b>

**Tabla 10.****Costos secundarios**

Nº	DETALLE	VALOR (USD)
1	Alimentación	90
2	Internet	50
3	Hojas de papel boom	10
4	Impresiones	40
5	Anillados y empastados	30
6	Transporte	100
7	Varios	60
	<b>Total</b>	<b>380</b>

**Tabla 11.****Costo total del proyecto**

Nº	RUBRO	CANTIDAD (USD)
1	Máquinas	160
2	Materiales y accesorios	374
3	Mano de obra	200
4	Gastos secundarios	380
	<b>Costo total del proyecto</b>	<b>1104</b>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se recopiló y procesó información de la documentación técnica de la aeronave y del personal técnico con la finalidad de efectuar un trabajo veraz y conciso.
- El diseño y construcción ofrece las características técnicas de un trabajo de aviación al utilizar materiales y accesorios propios del campo.
- Se construyó el banco de pruebas respondiendo a la necesidad planteada por el Grupo Aéreo, basado en diseños, diagramas y planos preestablecidos para obtener un producto en condición óptima.
- Se verificó y probó la operabilidad del equipo obteniendo un desempeño satisfactorio y eficaz.
- Se elaboró manuales de operación, mantenimiento, seguridad y registro para la correcta manipulación del banco de pruebas, con la finalidad de prolongar su vida útil y preservar la integridad de personal y equipo.
- Este proyecto será de gran utilidad en el Grupo Aéreo N° 44, el mismo que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento, cumpliendo con los parámetros y objetivos planteados para los cuales fue construido, de esta manera puede ser implementado en la sección de mantenimiento.

#### 4.2 Recomendaciones

- Observar y efectuar estrictamente las instrucciones detalladas en los manuales del banco de pruebas para obtener resultados satisfactorios y evitar incidentes u accidentes en personal y equipo.
- Utilizar el equipo para los fines por los cuales fue creado explícitamente.
- Impulsar estos proyectos para que se sigan implementando ya que son fundamentales en el mantenimiento de las aeronaves y resultan de gran ayuda en el aprendizaje y formación de técnicos en aviación.

## GLOSARIO

**Aeronave.-** Toda máquina que puede sustentarse en la atmosfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Corriente alterna.-** Es aquella cuyas cargas eléctricas dentro del conductor circulan en uno u otro sentido, trayendo como consecuencia que la corriente cambie constantemente de sentido.

**Corriente continua.-** Es aquella en la cual las cargas eléctricas dentro del conductor se desplazan en un solo sentido.

**Dispositivos.-** Mecanismo o artificio dispuesto para producir una acción prevista.

**Mantenimiento.-** Es efectuar trabajos necesarios sobre un dispositivo o equipo para mantenerlo en óptimas condiciones de funcionamiento.

**Viscosidad.-** Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza.

**Parámetros.-** Son reglas que están dentro de un límite de tolerancia y que se deben ejecutar y cumplir.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Israel Aircraft Industries Ltd. (1989). *Arava Maintenance Manual* (7a. ed.). Tel Aviv: IAI MHT Technical Publications and Training.

Israel Aircraft Industries Ltd. (1998). *Arava Training Handbook* (5a. ed.). Tel Aviv: IAI MHT Technical Publications and Training.

Israel Aircraft Industries Ltd. (1998). *PT6 Engine Training Handbook* (5a. ed.). Tel Aviv: IAI MHT Technical Publications and Training.

Pratt & Whitney Canadá. (1998). *Engine Maintenance Manual Manual Part No. 3021242* (9a ed.). Quebec, Canadá: Pratt & Whitney Canadá Corp.

Pratt & Whitney Canadá Corp. (1998). *Illustrated Parts Catalog Manual Part No. 3021244* (9a ed.). Quebec, Canadá: Pratt & Whitney Canadá Corp.

Auction Flex Software. (26 de Abril de 2012). *Bidopia Internet Auctions*. Obtenido de Lot # 2713 Information:  
<http://www.auctionflex.com/showlot.ap?co=1&weiid=8514417&lang=En> [Citado el 12-07-2014].

Electrical Industries Limited. (2008). *Cables*. Obtenido de  
[http://www.eiltd.com/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=43&Itemid=55](http://www.eiltd.com/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=55) [Citado el 10-08-2014].

Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía. (Enero de 2011). *Temas para la educación*. Obtenido de Realización de un banco de pruebas casero:  
<http://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7911.pdf> [Citado el 11-07-2014].

Federal Aviation Administration. (Mayo de 2014). *AMT Airframe Handbook Volume 2 (full version) (FAA-H-8083-31)*. Obtenido de Aircraft Electrical System:

[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/media/amt\\_airframe\\_vol2.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/media/amt_airframe_vol2.pdf) [Citado el 25-07-2014].

Hobby World Europe Ltd. Trading as: AL'S HOBBIES. (2014). *AL'S HOBBIES*.

Obtenido de Mobil Jet Oil II (946mL/1 US Quart):

<http://alshobbies.com/shop/search.php?Desc=Mobil+Jet+Oil+II+%28946mL%2F1+US+Quart%29> [Citado el 11-07-2014].

Wikimedia Commons. (27 de Noviembre de 2007). *File:Seccion valvula de bola.jpg*.

Obtenido de [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seccion\\_valvula\\_de\\_bola.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seccion_valvula_de_bola.jpg) [Citado el 12-10-2014].



# ANEXOS