



ESPE

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

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS
MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER
PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTION DE
TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
BANCO DE PRUEBAS”.**

AUTOR: PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHHELL

DIRECTOR: ING. RODRIGO BAUTISTA Z.

LATACUNGA

2019



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS" realizado por la señorita PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHELL, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHELL para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Agosto 2019

ING. RODRIGO BAUTISTA Z.
DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE **TECNOLOGÍAS**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHELL, con cédula de identidad N° 1725295503, declaro que este trabajo de titulación "COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL Q200 Y ROLL ROYCE VIPER PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Agosto del 2019

PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHELL

C.C. 1725295503



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES
AUTORIZACIÓN

Yo, PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHHELL, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Agosto 2019

PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHHELL

C.C. 1725295503

DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones recibidas, nunca me desamparó y me iluminó el camino correcto, a mis queridos padres Celin Pérez que con un gran esfuerzo hizo lo posible para que pudiera continuar con mis estudios, por sus consejos y a Melida Martinez gran ejemplo de lucha, perseverancia y valentia, con sus palabras “usted es muy capaz y si otros pudieron usted tambien” me llenaba de fuerzas para poder continuar cumpliendo mi sueño.

A mi querida hermana Leidy Pèrez que fue mi espejo, del cual aprendi a no dejarme caer y continuar, por brindarme su apoyo en los momentos mas dificiles y ser mas que una hermana una madre, a mi sobrina Dayanna Dávalos que a pesar de ser tan pequeña me ha enseñado que con esfuerzo y dedicación todo es posible, a mi cuñado Rotman, que estuvo presente dia a dia con un consejo y una palabra de motivación.

Stephanie

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser el principal autor de que esto ahora sea posible, por nunca desampararme e iluminar cada paso que di a lo largo de esta etapa.

A mi primer amor, mi papá Celin que a pesar de sus dolencias siempre estuvo dispuesto a ayudarme en todo lo que necesitaba para poder culminar los estudios, por su paciencia y sabiduría ya que con sus consejos me podía sentir más segura de cada paso que daba.

A mi madre Mérida por haberme dado la vida, por ser el tesoro más preciado de mi vida, con tan solo una palabra podía arreglar cualquier problema y lo hacía ver insignificante. Por su apoyo incondicional y por brindarme las fuerzas que necesitaba.

A mi hermana Leidy por ser como una madre para mí y por siempre tener un abrazo y una palabra de aliento cuando más lo necesitaba.

Un agradecimiento especial al Ing. Rodrigo Bautista que me apoyo en cada paso y cada circunstancia para poder culminar este proyecto de la mejor manera.

Stephanie

ÌNDICE

CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	¡Error! Marcador no definido.
AUTORIZACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÌNDICE.....	6
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÌTULO I.....	15
EL TEMA.....	16
1.1. Antecedentes	16
1.2. Planteamiento del Problema	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.	18
1.5. Alcance.....	18
CAPÌTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Sistema de Combustible	19
2.2. Sistema de Inyección de Combustible	19
2.2.1. Ventajas del Sistema de Inyección de Combustible.....	19
2.2.2. Desventajas del Sistema de Inyección de Combustible.....	19

2.3. Sistema de Inyección de Combustible del Motor Recíproco	20
2.3.1. Descripción.	20
2.3.2. Componentes del Sistema de Inyección Continental.	20
2.4. Sistema de Combustible Roll Royce Viper.....	23
2.4.1. Descripción	23
2.4.2. Componentes Básicos del Sistema de Combustible Roll Royce Viper	24
2.5. Los Inyectores.....	26
2.5.1. Definición	26
2.5.2. Tipos de Inyectores.....	26
2.5.3. Partes de un Inyector.	28
2.5.4. Importancia de la Limpieza de los Inyectores	29
2.5.5. Síntomas de un Inyector Obstruido.....	30
2.5.6. Métodos de Limpieza de Inyectores más Comunes.	31
2.5.7. Lavado del Inyector.....	31
2.5.8. Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.	32
2.5.9. Tipos de Combustibles Empleados en el Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.	39
2.5.9.2. Características del Combustible Jet A.	42
CAPÍTULO III	44
CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA EL LAVADO DE INYECTORES.....	44
3.1. Diseño.....	44
3.1.1. Determinación de la Altura de la Superficie de Trabajo.	44
3.2. Proceso de Construcción para el Banco de Pruebas de Lavado de Inyectores.	46
3.2.1. Estructura del Banco de Pruebas	46

Proceso de Trazado de las medidas en el Tol.	46
3.2.2. Proceso de Doblado del Tol.	47
3.2.3. Proceso de Unión de las Secciones Mediante Soldadura.	47
3.2.4. Proceso de Pulido.	48
3.2.5. Proceso de Pintura.	49
3.2.6. Instalación del Vidrio en la Cabina del Banco de Pruebas.	50
3.3. Reservorios de Combustible	53
3.3.1. Diseño de los Reservorios de Combustible.	53
3.3.2. Cálculos de las Dimensiones de los Reservorios.	53
3.3.3. Cálculos del Espesor de las Paredes de los Reservorios.	55
3.3.4. Diseño Estructural de los Reservorios en AutoCAD	57
3.3.5. Construcción de los Reservorios de Combustible.	58
3.6. Instalación de los Componentes del Sistema Funcional en el Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores	59
3.6.1. Procedimiento de Instalación.	60
3.7. Elaboración de los Acoples de los Inyectores del Motor Continental O200 y Roll Royce Viper.	64
3.7.1. Remoción de los Inyectores del Motor Continental	65
3.7.2. Remoción del Inyector del Motor Roll Royce Viper.	66
3.7.3. Acoples de los Inyectores del Motor Continental O200 y Roll Royce Viper.	67
3.8. Pruebas de Funcionamiento del Banco para Lavado de Inyectores.	69
3.8.1. Condición General del Equipo	69
3.8.2. Prueba de Fugas	71
3.8.3. Prueba con Combustible.	72
3.11. Diseño y Colocación de Señalética de Información y Seguridad en la Estructura del Banco de Pruebas	72

3.11.1. Diseño de la Señalética de Información y Seguridad.....	72
3.11.2. Colocación de la Señalética de seguridad en el Banco de Pruebas	76
3.10. Comprobación del Funcionamiento de los Inyectores de los Motores Continental O200 y Roll Royce Viper.....	76
3.10.1. Procedimiento para la Comprobación de los Inyectores del Motor Roll Royce Viper	77
3.10.2. Procedimiento para la Comprobación de los Inyectores del Motor Continental.....	81
CAPÍTULO IV.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
3.1. Conclusiones	84
3.2. Recomendaciones	84
GLOSARIO	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de rangos de presión de comprobación para los inyectores del motor Roll Royce Viper	54
Tabla 2	Tabla de rangos de presión de comprobación para los inyectores del motor Continental	54
Tabla 3	Condición general del equipo	40
Tabla 4	Primera prueba de fugas.	71
Tabla 5	Prueba final de fugas.	71
Tabla 6	Prueba con combustible	72
Tabla 7	Características y riesgos que posee el banco de pruebas.....	73
Tabla 8	Colores de seguridad, uso, significado y contraste.....	73
Tabla 9	Colores de la señalética para el banco de pruebas	73
Tabla 10	Señales y descripción.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Bomba de inyección de combustible	21
Figura 2 Unidad de control aire- combustible	21
Figura 3 Inyectores de combustible	22
Figura 4 Cañería flexible.....	23
Figura 5 Conjunto de la bomba de combustible.....	25
Figura 6 Inyector simplex.....	27
Figura 7 Inyector y atomización duplex	28
Figura 8 Partes del inyector	29
Figura 9 Pulverización del combustible en un inyector	30
Figura 10 Pulverización de un inyector	32
Figura 11 Filtro regulador.....	33
Figura 12 Válvula neumática	33
Figura 13 Válvula check de retención, vertical.....	34
Figura 14 Filtros de combustible.....	35
Figura 15 Manómetro	35
Figura 16 Válvulas de bola manual corte.....	36
Figura 17 Válvula de tres vías	36
Figura 18 Acoples rápidos	37
Figura 19 Cañería flexible para combustible y aire.....	37
Figura 20 Luces LED	38
Figura 21 Acoples para los Inyectores.....	39
Figura 22 Detonación del Combustible.....	41
Figura 23 Identificación del combustible AVGAS.....	42
Figura 24 Identificación del combustible Jet A.....	43
Figura 25 Dimensiones del lugar de trabajo de pie.....	44
Figura 26 Medidas del banco para lavado de inyectores.....	45
Figura 27 Trazado de las medidas	47
Figura 28 Piezas dobladas.	47
Figura 29 Unión de secciones mediante soldadura.	48
Figura 30 Puntos de suelda pulidos.....	49
Figura 31 Banco de pruebas pintado.....	50
Figura 32 Vidrios laterales instalados	51

Figura 33 Vidrio de cubierta instalado	52
Figura 34 Vidrio de cubierta, brazo de soporte	53
Figura 35 Instalación de vidrio finalizada	53
Figura 36 Simulación de la deformación total del reservorio	56
Figura 37 Simulación de la elasticidad equivalente del reservorio.....	57
Figura 38 Diseño de los reservorios en AutoCAD	58
Figura 39 Neplos soldados en el reservorio.....	59
Figura 40 Reservorios de Combustible.....	59
Figura 41 Diagrama CETOP del sistema funcional del banco de pruebas.	60
Figura 42 Filtro regulador instalado	61
Figura 43 Válvula neumática instalada	61
Figura 44 Conexión de las válvulas check.....	62
Figura 45 Conexiones de las cañerías	62
Figura 46 Conexiones de las cañerías a los manómetros	63
Figura 47 Cañerías a los actuadores eléctricos.....	63
Figura 48 Conexiones de las cañerías a la válvula.....	64
Figura 49 Inyector en el motor Continental.....	65
Figura 50 Inyector de combustible removido	66
Figura 51 Inyector de combustible en el motor	66
Figura 52 Inyector de combustible removido	67
Figura 53 Instalación de los acoples del inyector	68
Figura 54 Instalación de los acoples del inyector	68
Figura 55 Inyectores instalados en los acoples.	69
Figura 56 Vidrio de cubierta roto.....	70
Figura 57 Estructura de acrílico instalada.....	70
Figura 58 Señalética de seguridad para protección del operador.....	75
Figura 59 Señalética de seguridad para indicar los riesgos.....	75
Figura 60 Señalética de seguridad colocada	76
Figura 61 Inyector instalado en el acople	77
Figura 62 Filtro regulador ajustado a 100psi.....	78
Figura 63 Manómetro presión N°2 a 20psi	79
Figura 64 Patrón de pulverización del inyector con 20psi.....	79

Figura 65 Manómetro presión N°3 a 50psi	80
Figura 66 Patrón de pulverización del inyector	81
Figura 67 Inyector instalado en el acople	82
Figura 68 Manómetro presión N°1 a 12psi	83
Figura 69 Patrón de pulverización del inyector	83

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo contribuir al mejoramiento del material didáctico que posee la Unidad de Gestión de Tecnologías para la formación profesional de los estudiantes. El banco de pruebas contribuirá a que los futuros profesionales **técnicos** en mantenimiento aeronáutico inicien su carrera con la mejor instrucción adquirida.

Para la construcción del banco de **pruebas** se recopilará información sobre los tipos, funcionamiento y comprobación de los **inyectores** de los **motores** Continental O200 y **Roll Royce** Viper, para que esta sea aplicada al momento de la ejecución del banco de pruebas

Posterior a la recopilación de la información se procederá a realizar un prototipo del banco de pruebas en AutoCAD y se determinará los materiales a utilizarse, además de otros componentes que contribuirán al desempeño del equipo conformando así su sistema funcional.

Finalmente se realizará la **comprobación** de los inyectores utilizando el sistema del **banco** de inyectores, siguiendo los pasos emitidos por el fabricante en el Manual de Mantenimiento.

PALABRAS CLAVES

INYECTOR

MOTOR

PRUEBAS

BANCO

ROLL ROYCE

ABSTRACT

The present research is to contribute to the improvement of the didactic material held by the Technology Management Unit for the professional training of students. The test bench will help future technical professionals in aeronautical maintenance start their careers with the best instruction acquired.

For the construction of the test bench, information will be collected on the types, operation and testing of the injectors of the Continental O200 and Roll Royce Viper engines, to be applied at the time of execution of the test bench.

After the information has been collected, a prototype of the test bench will be made in AutoCAD and the materials to be used will be determined, as well as other components that will contribute to the performance of the equipment, thus conforming its functional system.

Finally, the injectors will be checked using the system of the injectors bank, following the steps issued by the manufacturer in the Maintenance Manual.

KEY WORDS

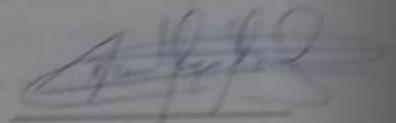
INJECTOR

ENGINE

TEST

BANK

ROLL ROYCE



CHECKED BY:

LIC. MARIA ELISA COQUE

DOCENTE UGT

CAPÍTULO I

EL TEMA

“COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS”

1.1. Antecedentes

Después del análisis a la investigación realizada anteriormente al desarrollo del proyecto se concluyó que para que los estudiantes puedan tener un mejor desempeño en el ámbito laboral como futuros profesionales, es importante que tengan a su disposición herramientas y equipos adecuados en su proceso de instrucción.

Es de esta manera que se determinó que en la Unidad de Gestión de Tecnologías no se cuenta con un banco de prueba de inyectores para los motores de los aviones Escuela como son Continental y Roll Royce respectivamente, que brinde facilidades para el desarrollo de las prácticas que los estudiantes deben realizar ya que se trata de una tarea muy importante en su desarrollo como futuros tecnólogos.

En la actualidad los trabajos que se están realizando en la institución con respecto a la comprobación de inyectores se realizan únicamente de manera teórica sin poner en práctica estos conocimientos, ya que la institución no cuenta con un equipo en óptimas condiciones para realizar esta tarea que constituye una parte primordial en el desempeño del motor.

1.2. Planteamiento del Problema

En el laboratorio de Instrucción Bloque 42 de la a Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas con sede en Latacunga existe un banco de pruebas para el lavado de inyectores, pero el operador en este caso los estudiantes se encuentra en contacto directo con el combustible lo cual resulta peligroso para su salud.

Además del riesgo al que ellos se encuentran sometidos, este sistema limita el desarrollo de nuevos conocimientos del estudiante debido a que carece de las facilidades para que el estudiante pueda llevar a cabo un procedimiento de comprobación de los inyectores sin que tenga que estar pendiente de las necesidades que se presentan a lo largo del funcionamiento del banco.

El implementar un banco este proyecto, ayudará que el estudiante que se especialice como tecnólogo de la carrera de Mecánica Aeronáutica adquiera conocimientos teóricos y prácticos sobre el manejo de equipos que favorezcan para un mejor desenvolvimiento en su vida laboral.

1.3. Justificación

El presente proyecto tiene como finalidad aplicar los conocimientos adquiridos en clase con referencia a comprobación del funcionamiento de los inyectores y así mejorar el desempeño del estudiante con respecto al trabajo y a los componentes en ámbito profesional.

Parte de las falencias que tienen los alumnos con respecto al mantenimiento se ven satisfechas con la implementación de este banco de comprobación de los Inyectores.

En la actualidad este tipo de equipos no se encuentran disponibles la industria aeronáutica, lo que lo convierte en una innovación ya que involucra la automatización, permitiendo así aplicar los conocimientos del estudiante en este banco de pruebas e incrementarlos para poder mejorar su desenvolvimiento en el ámbito laboral.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Comprobar el funcionamiento de los inyectores de los motores Continental O200 y Roll Royce Viper mediante un banco de pruebas ejecutado con los parámetros indicados en el manual.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Seleccionar información sobre tipos, funcionamiento, comprobación de inyectores para ser aplicada al momento de la ejecución del banco de pruebas.
- Dotar a la Unidad de Gestión de Tecnologías la herramienta que contribuya para la aplicación de los conocimientos del estudiante conforme a la comprobación de los inyectores.
- Realizar la comprobación de los inyectores mediante el banco de pruebas analizando los parámetros de funcionamiento indicados por el fabricante en el manual de mantenimiento.

1.5. Alcance

Al construir un banco para la comprobación de inyectores de los motores Continental y Roll Royce, se logrará mejorar notablemente el desempeño de los estudiantes que son los principales beneficiarios en la Unidad de Gestión de Tecnologías, y de igual manera facilitará a los docentes en impartir estos conocimientos con un equipo adecuado y que es de suma importancia en su desarrollo como Tecnólogos en Mecánica Aeronáutica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Combustible

El sistema de combustible en aviación se divide en dos secciones tales como la sección de fuselaje y la sección del motor. En la sección de fuselaje trata de todo el sistema que comprende filtros, cañerías, inyectores, etc. En la sección del sistema del motor consiste desde la bomba hasta los inyectores que se encargan de la atomización del combustible en el interior de las cámaras de combustión.

2.2. Sistema de Inyección de Combustible

Este tipo de sistema de combustible ya estaba disponible a inicios de la Segunda Guerra Mundial, ha sido el más empleado en aviación. Pero a pesar de que con este sistema de combustible el rendimiento de los motores es excelente, el costo de mantenimiento es superior a comparación con otros tipos de sistemas.

Un motor a inyección, inyecta el combustible directamente durante el ciclo de admisión en los cilindros, de esta manera mezclándose con el aire.

Este sistema cuenta con bombas de alta presión, unidad de control aire-combustible e inyectores.

2.2.1. Ventajas del Sistema de Inyección de Combustible.

- No existe la formación de hielo.
- Mejor flujo de combustible.
- Control exacto de la mezcla.
- Mejor distribución del combustible.
- Fácil arranque del motor a bajas temperaturas.

2.2.2. Desventajas del Sistema de Inyección de Combustible.

- Arrancar el motor a altas temperaturas.
- Se forman obstrucciones de vapor en el sistema, especialmente cañerías en días calurosos.

- Dificultad al arrancar un motor parado por falta de combustible.
- Alto coste de mantenimiento.

2.3. Sistema de Inyección de Combustible del Motor Recíproco

2.3.1. Descripción.

El sistema de inyección continental es de tipo flujo- continuo para que de esta manera el flujo de combustible coincida con el flujo de aire del motor. Esto quiere decir que cualquier cambio en el acelerador (throttle), en la velocidad de motor provoca cambios en el flujo de combustible en la relación correcta con el flujo de aire del motor. (ENGINE, 2011)

Para poder llevar un control de la correcta relación de aire-combustible se proporciona un control de mezcla y un medidor de flujo.

2.3.2. Componentes del Sistema de Inyección Continental.

El sistema de inyección de combustible del motor continental es uno de los más populares en el mundo de la aviación.

Este tipo de sistema tiene cuatro componentes principales:

- Bomba de combustible
- Unidad de control aire-combustible
- Colector- distribuidor de combustible
- Inyectores.

2.3.2.1. Bomba de Combustible.

Generalmente es una bomba de paletas de desplazamiento constante que recibe el movimiento directamente desde el cárter de engranajes del motor. su función es suministrar el combustible que necesita el motor para sustentar su correcto funcionamiento. (OÑATE, 2003)

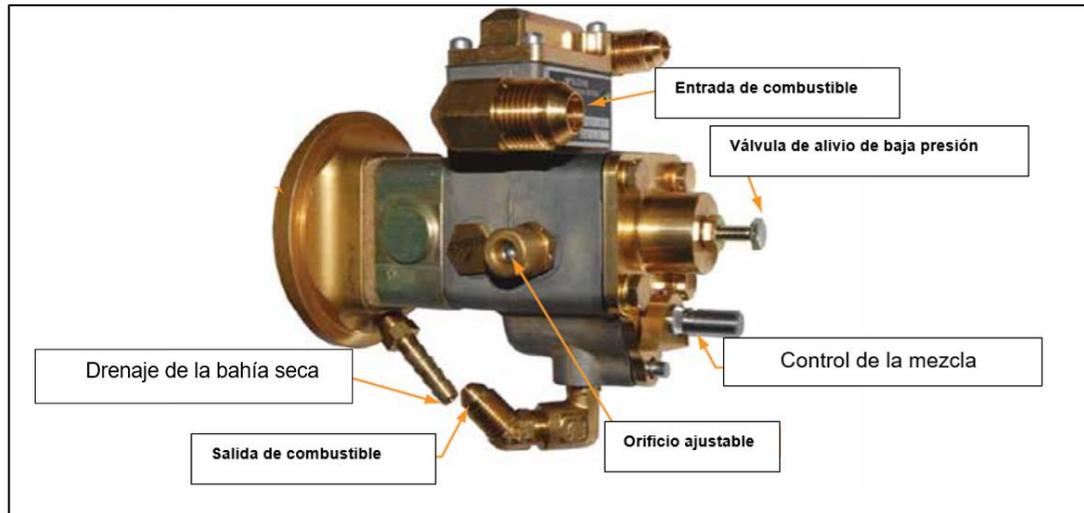


Figura 1 Bomba de inyección de combustible.

Fuente: (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)

2.3.2.2. Unidad de Control Aire- Combustible.

Esta unidad posee dos funciones, regula la cantidad de aire que entra en el motor y ajusta la presión del combustible con un único fin, el de obtener una correcta relación de mezcla aire-combustible. (OÑATE, 2003)

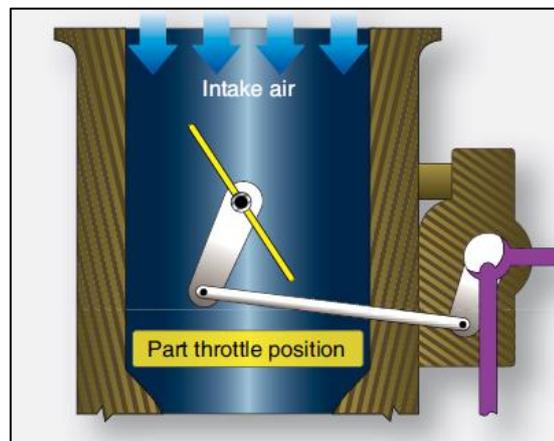


Figura 2 Unidad de control aire- combustible.

Fuente: (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)

2.3.2.3. Colector – Distribuidor de Combustible.

Su principal función es suministrar una cantidad exacta de combustible a los cilindros a través de las cañerías.

2.3.2.4. Inyectores de Descarga de Combustible.

El sistema de inyección de combustible del motor Continental posee un inyector por cilindro, su función es la inyectar el combustible frente a la válvula de admisión del cilindro. (OÑATE, 2003)

El cuerpo de la boquilla contiene un pasaje central perforado en cada extremo. El extremo inferior se utiliza como una cámara para la mezcla de combustible y aire antes de que la pulverización salga de la boquilla.

El porta inyector posee una pequeña rejilla la cual impide el paso de impurezas del aire las cuales puedan pasar al inyector. (OÑATE, 2003)



Figura 3 Inyectores de combustible.

Fuente: (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)

2.3.2.5. Líneas y Accesorios.

Las líneas de combustible y demás accesorios demandan una atención especial al momento de realizar mantenimiento ya que estas se encuentran sometidas a vibraciones y expuestas a elementos corrosivos. Un fallo de una línea de combustible en fase de operación, no solo afectaría el desempeño del motor, también podría ocasionar un incendio o explosión del mismo. (OÑATE, 2003).

Las líneas de combustible de los aviones pueden ser rígidas o flexibles según la ubicación a la que estas sean aplicadas.

Las líneas rígidas a menudo están hechas de aleación de aluminio y están conectadas con accesorios (AN) Army Navy o Militar Stándar (MS). Estas son utilizadas en secciones donde existe un calor excesivo. (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)

La manguera flexible de combustible tiene un interior de goma sintética con una envoltura de trenza de fibra de refuerzo cubierta por un exterior sintético. La manguera está aprobada para combustible y no se debe sustituir ninguna otra. Las mangueras flexibles se utilizan en áreas donde existe vibración entre componentes, como entre el motor y la estructura del avión. (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)



Figura 4 Cañería flexible.

Fuente: (FAA-H-8083-32-AMT, 2011)

2.4. Sistema de Combustible Roll Royce Viper

2.4.1. Descripción

El sistema de combustible Roll Royce Viper comprende básicamente tres sistemas: el sistema de suministro y control, el sistema de arranque y el sistema principal.

2.4.1.1. Sistema de Suministro y Control.

El combustible fluye a través del tanque de la aeronave pasa por el filtro de baja presión e ingresa a la bomba impulsada por el motor. A la salida de la bomba se modifica el suministro de combustible de acuerdo a los requerimientos del motor. (ROYCE, 1976)

2.4.1.2 Sistema de Arranque.

Este sistema comprende:

- Unidad Selenoide
- Unidad Primer

Durante el arranque del motor el flujo de combustible es desviado hacia la válvula de aumento de combustible (pressure increased valve, p.i.v) a través de la unidad solenoide que se activa en cabina, para que el combustible posteriormente sea atomizado e inyectado en la cámara de combustión por las unidades primer para iniciar la combustión. (ROYCE, 1976) .

El flujo hacia las unidades primer para solo cuando la unidad selenoide es desactivada al finalizar el ciclo de arranque.

2.4.1.3. Sistema Principal.

Este sistema comprende:

- Flujómetro
- Unidades de cañerías de alimentación de combustible y aire.

A medida que aumenta la velocidad del motor una vez encendido, la presión del combustible aumenta para pasar a través de la válvula de aumento de combustible y pasa a través del flujómetro e ir hacia las unidades de cañería de alimentación del combustible y de aire para generar la mezcla que posteriormente será encendida por los quemadores. (ROYCE, 1976)

2.4.2. Componentes Básicos del Sistema de Combustible Roll Royce

Viper

El sistema de combustible Roll Royce Viper necesita de componentes básicos para poder realizar un suministro correcto de combustible acorde a los requerimientos del motor.

El sistema consiste de:

- Conjunto de la bomba de combustible
- Válvula de antihielo

- Conjunto Divisor del Flujo de Combustible
- Inyectores de Descarga de Combustible (Primer Units)

2.4.2.1. Conjunto de la Bomba de Combustible

Una bomba de combustible accionada por la caja de accesorios, utilizada para proporcionar combustible de alta presión al sistema del combustible del motor.

El conjunto de la bomba consiste en:

- Elemento de bomba de refuerzo
- Filtro de combustible
- Filtro de válvula de derivación
- Elemento de bomba de alta presión
- Válvula de seguridad.

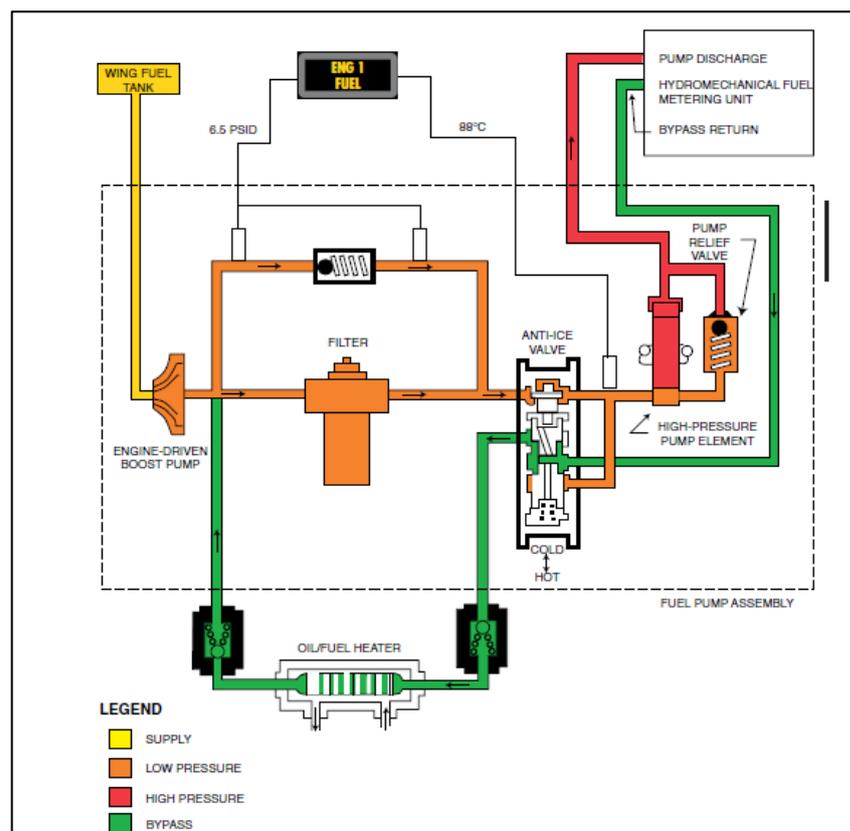


Figura 5 Conjunto de la bomba de combustible.

Fuente: (International, 1997)

2.4.3.2. Válvula de Antihielo.

Se proporciona una válvula de antihielo dentro del conjunto de la bomba para mezclar el combustible caliente del calentador de combustible con el flujo de descarga de la bomba de refuerzo para evitar la formación de hielo en filtro de combustible. (International, 1997)

2.4.3.3. Conjunto Divisor del Flujo de Combustible.

Durante el arranque del motor, el divisor dirige el combustible a una presión reducida hacia los inyectores. A medida que la secuencia de arranque continúa y las rpm aumentan, el flujo de combustible y la diferencia de presión a través del orificio del divisor aumentan. (International, 1997)

2.4.3.4. Inyectores de Descarga de Combustible (Primer Units).

Cada motor utiliza doce atomizadores de combustible dúplex (primario y secundario), el primario utilizado para el arranque del motor el secundario para mantener encendido el motor. Proporcionan un patrón de pulverización de combustible finamente atomizado. (International, 1997)

2.5. Los Inyectores

2.5.1. Definición

Los inyectores son electroválvulas que se abren y cierran de manera precisa para inyectar, mediante pulverizaciones, el combustible a la cámara de combustión.

Es decir, son los encargados de suministrar el combustible a la cámara de combustión, de forma pulverizada y sin goteos, para que el combustible se distribuya de manera homogénea de acuerdo con el régimen de funcionamiento del motor. (Anónimo, 2016)

2.5.2. Tipos de Inyectores

Los inyectores se pueden dividir en dos tipos.

- Inyectores Simplex.
- Inyectores Duplex.

2.5.2.1. Inyectores Simplex.

Este tipo de inyector utiliza solamente una entrada de presión para entregar combustible atomizado.

Fue el primer tipo de inyector utilizado en aviación, pero en la actualidad ha sido desplazado por el inyector Duplex.

Está compuesto de una boquilla inyector, malla de filtro y carcasa contenedora.

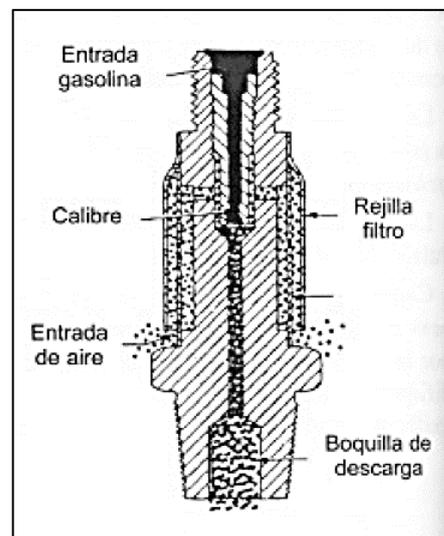


Figura 6 Inyector simplex.

Fuente: (Oñate, 1997)

2.5.2.2. Inyectores Duplex.

Este tipo de inyector requiere de dos líneas de presión para su funcionamiento.

Actualmente es el más utilizado en aviación, ofrece un excelente rendimiento de atomización para la combustión en una gama amplia de potencias.

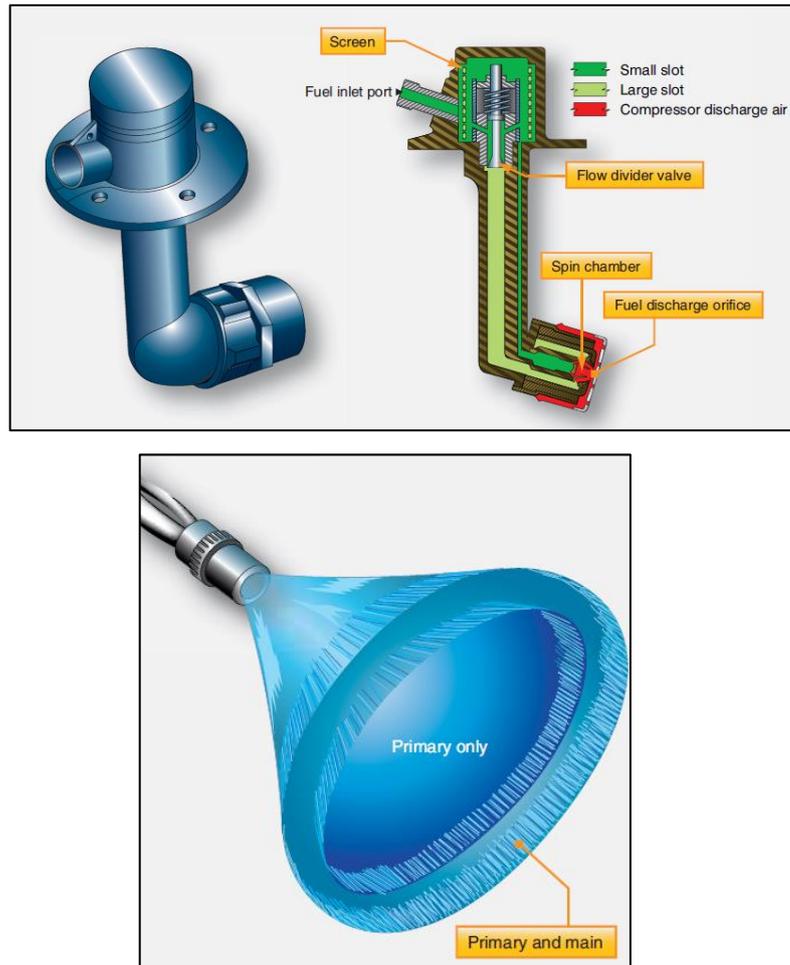


Figura 7 Inyector y atomización duplex.

Fuente: (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

2.5.3. Partes de un Inyector.

El conjunto del inyector de combustible consiste de:

- **O- rings o sellos.** – normalmente hechos de material de goma, se encuentran ubicados en la parte superior en inferior del inyector, utilizados para sellar las conexiones de combustible.
- **Filtro.** – este es el último filtro de combustible antes de que este ingrese a la cámara de combustión, evitando que las impurezas más pequeñas ingresen al sistema.
- **Conector eléctrico.** – Es el medio por el cual recibe y se envía señal hacia la unidad de control del motor.

- **Cuerpo del inyector.** – Como indica su nombre, es el cuerpo principal del inyector generalmente en aceros o aleaciones mejoradas.
- **Coil o bobina.** – Es alimentada por la Unidad de Control del Motor, el cual permite la salida del combustible ya presurizado hacia el cilindro.
- **Pintle o tapón.** – Sella el compartimento presurizado del inyector donde se aloja del combustible, antes de ser inyectado en las cámaras.
- **Muelle.** – Se usa para cerrar el inyector, se usa como un retorno.

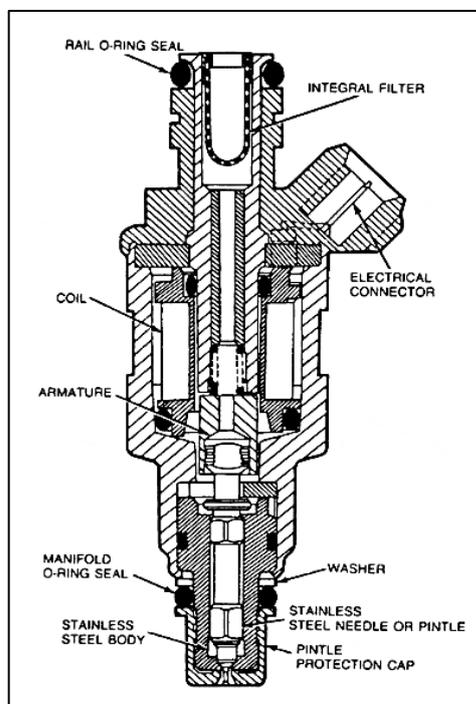


Figura 8 Partes del inyector.

Fuente: (Anónimo, Petrol Head Garage, 2014)

2.5.4. Importancia de la Limpieza de los Inyectores

Como cualquier otra parte del motor, los inyectores también llegan a desgastarse y con el tiempo acumulan suciedad. Normalmente el combustible acumula residuos y estos traspasan el filtro e ingresan al sistema.

Cuando los inyectores acumulan suciedad, la pulverización del combustible se torna irregular de esta manera provocando fallos en el motor y en casos extremos cuando existe presencia excesiva de suciedad, bloquea completamente el inyector ocasionando que el cilindro donde este se desempeña deje de funcionar. (Anónimo, Krafft Auto, 2018)



Figura 9 Pulverización del combustible en un inyector.

Fuente: (Anónimo, Krafft Auto, 2018)

2.5.5. Síntomas de un Inyector Obstruido

Cuando un inyector se encuentra obstruido por suciedad puede presentar estas características:

- El inyector entrega menos combustible debido a la obstrucción.
- El inyector puede presentar fuga constante ocasionando mayor consumo de combustible.
- El inyector puede tener un patrón de pulverización incorrecto.

Si se presenta alguna de estas características de obstrucción, se debe tomar las medidas necesarias de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante, para prevenir futuros daños mayores en el motor que puedan terminar en gastos innecesarios.

2.5.6. Métodos de Limpieza de Inyectores más Comunes.

Existen varios métodos para realizar la limpieza de los inyectores y así poder mantener el buen funcionamiento de los inyectores y evitar posibles daños.

Entre los, métodos de limpieza tenemos:

- Método de limpieza con aditivos
- Método de Lavado del Inyector

2.5.6.1. Método de Limpieza con Aditivos.

Este método es considerado como el más sencillo de usar y el más económico. Consiste en introducir líquidos limpiadores que destapan los inyectores a los tanques de combustible, pero no es recomendado el uso de este método ya que es posible que a largo plazo estos líquidos terminen por deteriorar los inyectores.

2.5.6.2. Método de Lavado del Inyector.

Este método es considerado el más eficaz ya que permite corregir posibles defectos del inyector de manera individual, así como se realiza el reemplazo de sellos y juntas antes de la reinstalación del inyector. (Ferrer, 2015)

2.5.7. Lavado del Inyector

Es el método de limpieza más efectivo, para llevarlo a cabo se debe desmontar los inyectores e instalarlos en un banco de pruebas en el cual se simulará el funcionamiento del inyector con el fin de verificar cualquier tipo de daño o anomalía presente en estos.

Conforme se realiza el lavado se verifica diferentes parámetros acordes a la pulverización del inyector tales como; patrón de pulverización, presencia de goteo, presencia de fugaz, etc.

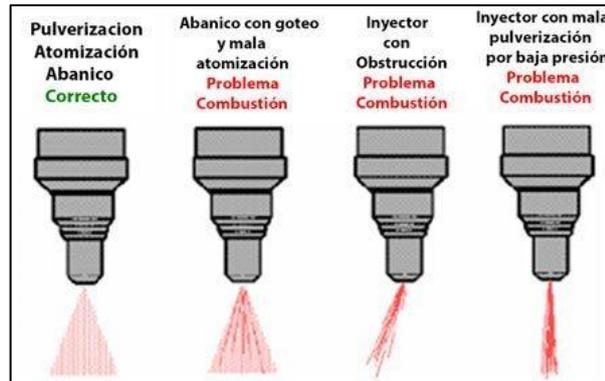


Figura 10 Pulverización de un inyector.

Fuente: (Anónimo, Check Engine, 2017)

Sin embargo, este método tiene desventajas, especialmente para el operador de la aeronave, ya que representa un gasto debido a que la aeronave deberá parar con sus operaciones normales y el costo de adquisición del banco de pruebas para llevar a cabo esta actividad.

2.5.8. Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.

Un banco de Pruebas para lavado de inyectores es un equipo utilizado principalmente para verificar la calidad del trabajo que tienen los inyectores, verificar daños en estos y de esta manera evitar daños mayores al motor.

Este equipo funciona de tal manera que simula el funcionamiento del sistema de la aeronave entregando un líquido en este caso el combustible a altas presiones para así verificar el correcto desempeño del inyector.

2.5.8.1. Sistema Funcional del Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.

Para que el método de lavado de inyector sea eficaz necesita de un sistema el cual ayude a proporcionar el combustible que será utilizado para el lavado cuente con las especificaciones necesarias requeridas por el fabricante, y de esta manera lograr una prueba correcta.

El sistema del banco de pruebas que será implementado en la Unidad de Gestión de Tecnologías cuenta con los siguientes componentes:

- **Unidad de Mantenimiento (filtro regulador con manómetro).** – Este tipo de filtros son usados para muchas operaciones industriales, protegen el sistema de daños causados por fragmentos contaminantes, tales como polvo o residuos de agua. El regulador mantiene y controla la presión especificada y requerida para el sistema. (Davoren, 2017)



Figura 11 Filtro regulador.

Fuente: (Sheet, s.f.)

- **Válvula Neumática de Accionamiento por Palanca.** - Válvula de accionamiento manual por palanca de 2 posiciones fijas, 5 vías, que puede ser usada como válvula de paso o corte de circuito neumático. (Sheet, Adajusa)



Figura 12 Válvula neumática.

Fuente: (Sheet, Adajusa)

- **Válvula Check de Retención, Vertical.** - Este tipo de Válvulas se emplean en diversas instalaciones, tales como hidráulicas, de

calefacción, acondicionamiento y neumáticas. Su función es darle un solo sentido a la dirección del flujo e impedir que este retorne por la misma línea. (Sheet, Vidri)



Figura 13 Válvula check de retención, vertical.

Fuente: (Sheet, Vidri)

- **Reservorios de Acero Inoxidable.** – Es un contenedor seguro para líquidos inflamables, en este caso el combustible, hecho de acero inoxidable con la principal razón de evitar que se forme corrosión en presencia del combustible. El espesor es de 1cm, dato que se obtuvo debido a los cálculos realizados para que este pudiese soportar la presión suministrada al sistema.

Los reservorios poseen adaptaciones para: ingreso del aire comprimido, puertos de llenado y drenado del combustible, puerto de salida del combustible presurizado.
- **Filtros de Combustible.** – Este elemento es de vital importancia en el sistema, cuya principal función es actuar como una barrera que impida que las impurezas ingresen al sistema y puedan ocasionar daños a este.



Figura 14 Filtros de combustible.

Fuente: (cmanager, 2018)

- **Manómetros.** – Es un instrumento empleado para medir la presión de un fluido o gas en el interior de un circuito. Son instrumentos vitales para la información, regulación y control de un sistema presurizado. El manómetro empleado en tiene una calibración de 0-200psi que se encuentra en el rango al que el sistema es presurizado. No posee glicerina ya que no se recomienda la mezcla del combustible con este líquido. (Sheet, Mundo Compresor, 2019)



Figura 15 Manómetro.

Fuente: (Sheet, Mundo Compresor, 2019)

- **Válvulas de Bola Manual Corte (ON-OFF).** – Este tipo de válvula es utilizada para cortar el flujo del combustible de manera rápida, en el sistema es usada como un medio de seguridad, ya que, si en el manómetro no se refleja la presión requerida o esta se excede, no se dará el paso del combustible.



Figura 16. Válvulas de bola manual corte.

Fuente: (Sheet, Alco Valves)

- **Válvula Distribuidora de Bola Accionada por Palanca de Tres Vías.** - Es un tipo de válvula usada para convertir un flujo de una vía, en dos flujos o viceversa. Es de tipo bola accionada por una palanca que posee dos posiciones, hecha de acero inoxidable y resiste hasta 900psi de presión.



Figura 17 Válvula de tres vías.

Fuente: (Direct Industry, s.f.)

- **Acoples Rápidos para Cañerías.** – Este tipo de acople utilizado en el sistema resulta un medio de conexión muy útil y versátil, ya que ayuda a realizar una conexión rápida entre los componentes empleados y mejorar el tiempo de mantenimiento.



Figura 18 Acoples rápidos.

Fuente: (Sheet, Pistón Clásico)

- **Cañería Flexible para Combustible y Aire.** – Las tuberías Flexibles son de material de Nitrilo de Versilon, muy resistente líquidos del hidrocarburo, a los solventes aromáticos. (Sheet, Saint Gobain).

Para el Sistema del banco de pruebas se utilizó dos líneas diferentes de cañerías diferentes, por la razón de que los combustibles empleados son de dos tipos AVGAS y JP-1 y la mezcla de combustibles diferentes no está permitido, ya que poseen características y propiedades diferentes aptas para cada tipo de motor.



Figura 19 Cañería flexible para combustible y aire.

Fuente: (Sheet, Saint Gobain)

- **Luces LED.** - Light Emitting Diode o Diodo emisor de luz, es un semiconductor de alta resistencia que recibe una corriente de baja intensidad emitiendo una luz con alto rendimiento. Su circuito

eléctrico se encuentra encapsulado en una carcasa plástica de epoxi que funciona como un protector.

Este tipo de luces generan muy poco calor, con lo que brinda dos excelentes características aptas para ser incluidas en el banco de pruebas, la primera es que, al generar poco calor, la probabilidad de iniciar una llama al contacto con el combustible, es relativamente baja y la segunda es que su vida útil es hasta de un 30% más alta que otro tipo de luces. El color usado fue el blanco, esto para poder tener una visibilidad más clara en el funcionamiento del inyector.



Figura 20 Luces LED.

Fuente: (Tecnología y Educación, 2012)

- **Acoples para los inyectores.** – De manera que este banco de pruebas es un proyecto de tesis el cual será aplicado al lavado de inyectores de diferentes tipos de motores, por lo tanto, se necesita acoples para poder sujetar los inyectores y así poder visualizar el funcionamiento de los inyectores durante su operación. Estos acoples fueron realizados acorde al tipo de inyector utilizado.



Figura 21 Acoples para los Inyectores.

- **Combustibles.** - El sistema es utilizado para un lavado de inyectores por lo tanto el líquido empleado es combustible el cual se encuentra presurizado. Los inyectores que son lavados son de diferentes motores de las aeronaves por lo tanto estos utilizan 2 diferentes tipos de combustibles los que son: AVGAS y JET-1.

Debido a que los combustibles aplicados en este sistema son de dos tipos diferentes, se utilizarán dos reservorios distintos, con diferente identificación y cada uno con su propio sistema de distribución (cañerías, uniones, filtros.)

Todo esto con el único fin de evitar la mezcla de estos dos tipos de combustible, ya que esto no es permitido, debido a que cada combustible posee propiedades y características diferentes.

2.5.9. Tipos de Combustibles Empleados en el Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.

Como se ha mencionado anteriormente, el banco de pruebas para lavado de inyectores, es adaptable para dos tipos de inyectores, uno del Motor Continental que funciona con el tipo de combustible AVGAS 100LL y otro inyector del motor Roll Royce Viper que funciona con el tipo de Combustible JP-1.

2.5.9.1. Características del Combustible AVGAS 100LL

Este tipo de combustible es un compuesto de hidrocarburo refinado del petróleo cuya aplicación es en el campo de la aviación, principalmente en los motores recíprocos.

Entre las principales características de este tipo de combustible tenemos que es muy volátil y extremadamente inflamable.

- **Volatilidad.**

Para que un combustible sea apropiado para los motores recíprocos, este debe ser muy volátil, esta característica se puede definir como, la velocidad en la que un líquido cambia de su estado líquido a un estado gaseoso.

La ventaja de que un combustible sea volátil, para un motor recíproco es que este se debe vaporizar en el carburador para quemar en el motor, de lo contrario podría causar un arranque duro del motor por la distribución desigual del combustible en el cilindro, calentamiento lento y baja aceleración.

Sin embargo, el combustible también puede llegar a ser demasiado volátil, lo que causaría una detonación o un bloqueo de vapor.

- **Bloqueo de Vapor**

Esta es una condición en la cual el combustible se vaporiza en las líneas de combustible u otros componentes. El combustible se vaporiza prematuramente, causando un bloqueo y evitando que este fluya a través del sistema.

Esto puede ser causado por el combustible excesivamente caliente, la baja presión o la excesiva turbulencia del combustible que viaja a través del sistema.

El combustible para aviación está refinado a una temperatura de 100° F pero en un día caluroso y bajo la cubierta del motor, esta temperatura puede exceder esta temperatura, ocasionando así la vaporización prematura. (Administration, 2011)

- **Detonación**

Esta es una característica en la que ocurre la explosión rápida e incontrolada de combustible debido a la alta presión y la temperatura en la cámara de combustión. Es decir, la mezcla aire-combustible se enciende antes que ocurra la chispa.

Para brindar una idea más clara, se puede decir que la explosión de combustible detonante en la cámara de combustión transfiere la energía contenida en el combustible de manera áspera en todo el motor, causando daños en componentes como el conjunto del pistón, biela y cigüeñal e inclusive la operación de la válvula se ve afectada.

Los combustibles de aviación se refinan y se mezclan para evitar la detonación.

Cada uno tiene un punto de ignición y velocidad de quemado en proporciones específicas de mezcla de aire y combustible en las que los fabricantes confían para diseñar motores que puedan operar sin detonación.



Figura 22 Detonación del Combustible.

Fuente: (Duarte, s.f.)

Esta es una condición en la cual el combustible se vaporiza en las líneas de combustible u otros componentes. El combustible se vaporiza prematuramente, causando un bloqueo y evitando que este fluya a través del sistema.

Esto puede ser causado por el combustible excesivamente caliente, la baja presión o la excesiva turbulencia del combustible que viaja a través del sistema.

El combustible para aviación está refinado a una temperatura de 100° F, pero en un día caluroso y bajo la cubierta del motor, esta temperatura puede exceder esta temperatura, ocasionando así la vaporización prematura. (Administration, 2011).

- **Identificación del Combustible AVGAS**

Los fabricantes de aeronaves y motores designan combustibles aprobados para cada uno de estos componentes, estos datos se encuentran en las hojas técnicas estos.

Para la identificación del combustible apropiado para la aeronave y motor sea designado colores para hacer más factible esta situación.

100LL AVGAS es el AVGAS más disponible y utilizado en los Estados Unidos. Se tiñe de azul. Todavía pueden estar disponibles alrededor de 100 octanos o 100/130 combustibles, pero están teñidos de verde.

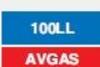
Fuel Type and Grade	Color of Fuel	Equipment Control Color	Pipe Banding and Marking	Refueler Decal
AVGAS 82UL	Purple			
AVGAS 100	Green			
AVGAS 100LL	Blue			

Figura 23 Identificación del combustible AVGAS.

Fuente: (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

2.5.9.2. Características del Combustible Jet A.

Las aeronaves con motores de turbina utilizan un tipo de combustible diferente al de los motores recíprocos. El combustible de motor de turbina está diseñado para su uso en motores de turbina y nunca debe mezclarse o introducirse en el sistema de combustible de un motor recíproco. (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

Las características de los combustibles de los motores de turbina son diferentes a las de AVGAS. Los combustibles de los motores de turbina son compuestos de hidrocarburos de mayor viscosidad con una volatilidad mucho más baja y puntos de ebullición más altos que la gasolina.

- **Volatilidad del combustible del Motor Turbina**

Si bien es cierto es recomendable usar un combustible que no posea una alta volatilidad para evitar el bloqueo de vapor, en este caso los motores turbina deben reiniciarse en vuelo y arrancar fácilmente y un combustible con alta volatilidad hace esta operación más fácil. (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

AVGAS tiene una presión de vapor máxima relativamente baja.

En comparación con la gasolina para automóviles, solo 7 psi. Pero la presión de vapor del Jet A es de solo 0.125 psi en condiciones atmosféricas estándar.

El Jet B, una mezcla de Jet A y gasolina, tiene una mayor volatilidad con una presión de vapor entre 2 y 3 psi. (Administration, FAA-H-8083-31, 2012).

Tanto el Jet A tiene baja volatilidad y baja presión de vapor. Los puntos de inflamación varían entre 110 ° F y 150 ° F y se congela a -40 ° F. Identificación del Combustible Jet A. (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

Al igual que el AVGAS se han designado colores para la identificación de este tipo de combustibles para hacer más fácil su reconocimiento y aplicación.

JET A	Colorless or straw			
JET A-1	Colorless or straw			
JET B	Colorless or straw			

Figura 24 Identificación del combustible Jet A.

Fuente: (Administration, FAA-H-8083-31, 2012)

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA EL LAVADO DE INYECTORES

3.1. Diseño

Para poder realizar el diseño estructural del Banco de Pruebas es necesario seguir normas, como la ergonomía.

Se puede definir a la ergonomía como el análisis de las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico del trabajo, ruidos iluminación, posturas de trabajo y todo aquello que puede poner en riesgo la salud del equilibrio psicológico y nervioso. (R., Ergonomía 1, 1994)

3.1.1. Determinación de la Altura de la Superficie de Trabajo.

La altura de la superficie de trabajo debe ser determinada en relación a la postura de trabajo del operador del banco.

Para determinar estas medidas se tomó de referencia la imagen indicada en el libro de Ingeniería Industrial:

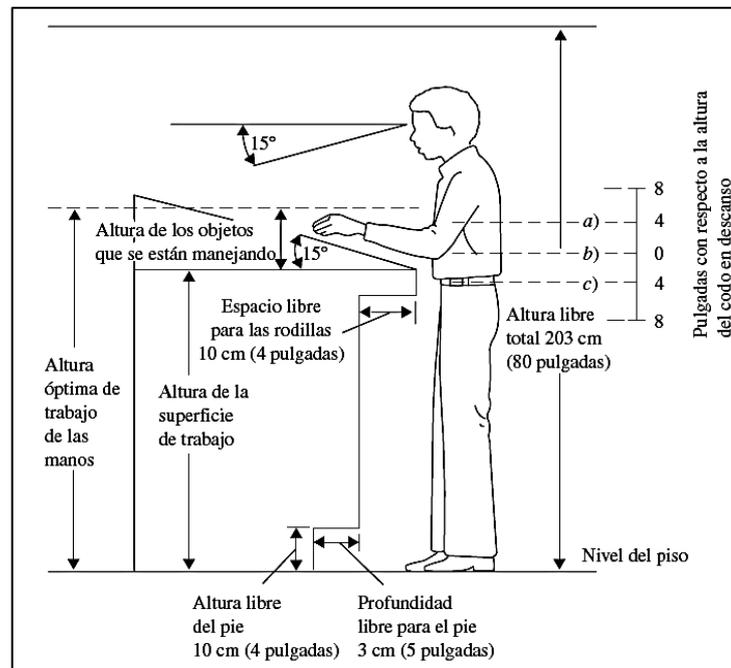


Figura 25 Dimensiones del lugar de trabajo de pie.

Fuente: (José N. , 1995)

- **Altura de la superficie de trabajo.** - La altura de la superficie de trabajo se obtiene con la estatura del operador, para ello se requiere realizar una investigación de la estatura de los hombres y mujeres a nivel Nacional y se determinó que: para el sexo masculino 167,1 cm y para el sexo femenino 154,2 cm. Si se observa la imagen la altura de la superficie de trabajo se encuentra a la mitad de la estatura total del operador.
- **Ángulo de visión del operador hacia los objetos que se están operando.** - En la imagen se muestra en ángulo que debe tener el operador del banco que es de 15° , el banco de pruebas debe tener esta adecuación tomando en cuenta la estatura del operador.
- **Altura óptima de trabajo de las manos.** - En la imagen se puede observar en ángulo que deben tener las manos para poder operar los objetos, en este caso los inyectores. La altura del codo interviene en esta posición, para poder evitar la fatiga producida en el hombro.

Con estos parámetros, se realizó el diseño del banco en AutoCAD para poder llevar a cabo su construcción.

Ver Anexo A.

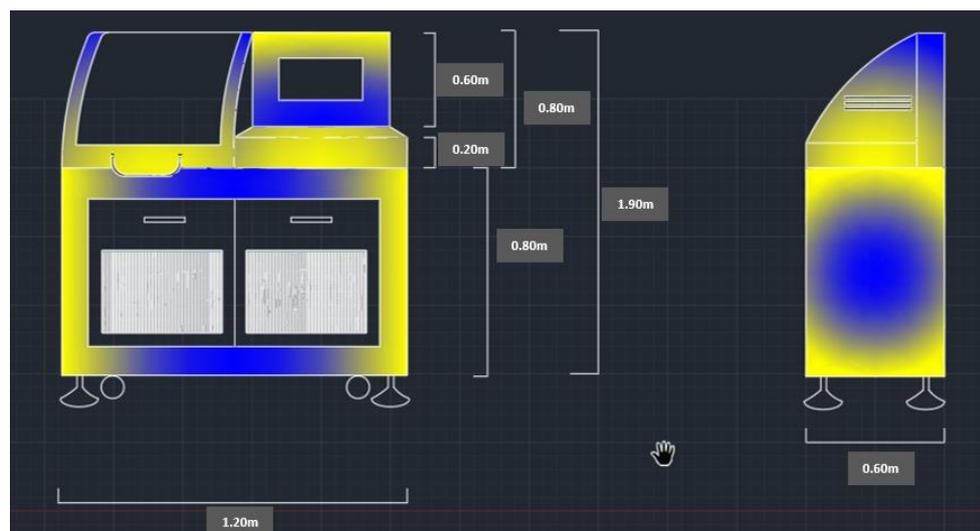


Figura 26 Medidas del banco para lavado de inyectores.

3.2. Proceso de Construcción para el Banco de Pruebas de Lavado de Inyectores.

Una vez obtenidas y aprobadas las medidas del Banco de Pruebas se procede a realizar la construcción del mismo.

La construcción del banco de pruebas se construyó de material de tol inoxidable de 2mm de espesor.

Elementos Construidos:

- Estructura del Banco de Pruebas.
- Reservorios de Combustible.
- Acoples para los inyectores.

Elementos no Construidos:

- Manómetros.
- Válvulas.
- Filtros.
- Inyectores.
- Vidrios.

3.2.1. Estructura del Banco de Pruebas

Proceso de Trazado de las medidas en el Tol.

Una vez obtenidos los materiales, se procede a realizar los trazos en el tol, respetando las medidas obtenidas anteriormente, se debe realizar trazos de las partes del banco, ya que este consta de diferentes secciones.



Figura 27 Trazado de las medidas.

3.2.2. Proceso de Doblado del Tol.

Una vez realizados los trazos de todas las secciones del banco, se procede a realizar el doblado con ayuda de una dobladora de tol.

El doblado se realiza respetando las marcas de los trazos en el tol y siguiendo un orden de doblez para evitar dañar las láminas de tol.

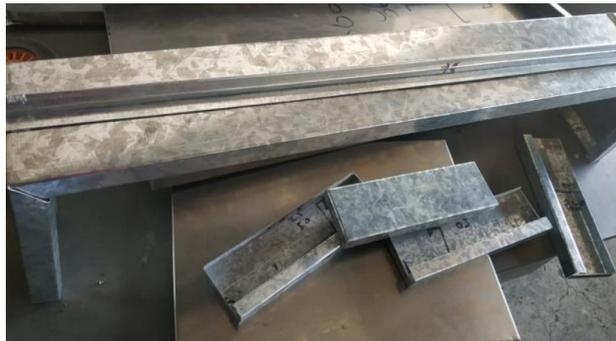


Figura 28 Piezas dobladas.

3.2.3. Proceso de Unión de las Secciones Mediante Soldadura.

Terminados los dobleces, se realizó la unión o suelda de las diferentes secciones, la suelda utilizada fue la de tipo TIG, se realiza mediante el uso de un electrodo no consumible de tungsteno. En este proceso se utiliza como fuente de energía un arco eléctrico que se establece entre el electrodo y la pieza a soldar con una envoltura protectora de un gas inerte (argón o helio).

Para unir las secciones del banco se realizaron sueldas en puntos específicos para poder obtener un trabajo más limpio y más estético.

Las secciones que posee el Banco son fijas y removibles.

- **Secciones Fijas.** - Estas secciones como su nombre lo indica se encuentran fijas, es decir forman una sola estructura como la sección de cabina donde se observa la pulverización de los inyectores, sección del espaldar del banco, sección de alojamiento para el sistema funcional.
- **Secciones Removibles.** – Este tipo de secciones son aquellas que se pueden considerar accesos hacia el sistema funcional del banco, tales como puertas y cubiertas.



Figura 29 Unión de secciones mediante soldadura.

3.2.4. Proceso de Pulido.

Cuando la estructura del banco se encuentra soldada, se procedió a realizar los orificios correspondientes para adecuar al banco de pruebas y así poder colocar los diferentes elementos que constituyen el sistema funcional del banco. Este proceso se realizó con una tijera de Tol

Finalizadas las adecuaciones, se procede a realizar el pulido de las sueldas y de los orificios realizados, con ayuda de una moladora y un disco para pulir.

El objetivo de este procedimiento es obtener un diseño estético del banco intentando dejar la superficie lo más lisa posible, especialmente en los lugares donde se aplicó soldadura y cortes de tijera.



Figura 30 Puntos de suelda pulidos.

3.2.5. Proceso de Pintura.

Finalizado el proceso de pulido del banco se procedió a llevar a cabo el proceso de pintura. Debido a que es una estructura la cual va a estar sujeta a elementos corrosivos como el combustible, se debe realizar un tipo de pintura especial, en este caso la pintura electroestática.

La pintura electrostática también conocida como pintura en polvo, utilizada como una gran alternativa para el recubrimiento de las piezas metálicas. Para su aplicación se utiliza una máquina de pintura en polvo y un horno de curado.

Este tipo de pintura tiene grandes ventajas, entre las cuales tenemos:

- Gran resistencia a cambios ambientales.
- Gran resistencia a altas temperaturas.
- Larga durabilidad.
- Alta resistencia a agentes corrosivos.
- No requiere solventes.
- No contamina el medio ambiente.

El banco de pruebas tiene dos colores diferentes, negro y amarillo.

Las secciones fijas del banco se pintaron de color negro y las secciones removibles de color amarillo.



Figura 31 Banco de pruebas pintado.

3.2.6. Instalación del Vidrio en la Cabina del Banco de Pruebas.

Con el banco de pruebas pintado, se procedió a realizar la instalación del vidrio en la cabina de observación.

El vidrio fue enviado a hacer, bajo las medidas adaptables a la estructura del banco de pruebas y de forma curva para poder tener una mejor estética, las cuales fueron 20cm por 30cm, con un espesor de 6mm para generar resistencia al vidrio ya que al poseer una forma curva podía ser más propenso a su ruptura. Este vidrio fue la cubierta de la cabina, parte movable para poder tener acceso a los acoples de los inyectores.

También fue necesario realizar dos piezas de vidrio para cubrir las partes laterales de la cabina, estas partes son fijas.

Para su instalación los materiales fueron:

- Sicaflex 220.
- Cinta para enmascarar.
- Agua.
- Bases para el vidrio.
- Vidrio (laterales y cubierta).
- Bisagras.
- Brazo de soporte del vidrio de cubierta.
- Haladera del Vidrio de Cubierta.

- Caucho protector del vidrio de cubierta.
- Broca para virio
- Taladro

Procedimiento.

- 1) Antes de proceder a la instalación del vidrio, se coloca las bases para estos.
- 2) Las bases, con el fin de que el vidrio tenga lugar a ser asentado y a la vez pueda ser sujeto de forma fija. Y realizados de láminas de Tol dobladas para que puedan obtener esta forma.

Estas bases fueron instaladas con ayuda de Sicaflex 220, este pegamento fue escogido por su resistencia y por su alta aplicación para pegar parabrisas de autos.

Una vez colocado el pegamento se dejó secar durante 24 horas. Dato enviando por el fabricante.

- 3) Una vez con el pegamento seco, se procede a realizar la instalación de los vidrios laterales, colocando el vidrio a un ángulo de 90° en relación a la estructura del Banco y para su sujeción se utilizó el pegamento Sicaflex 220.

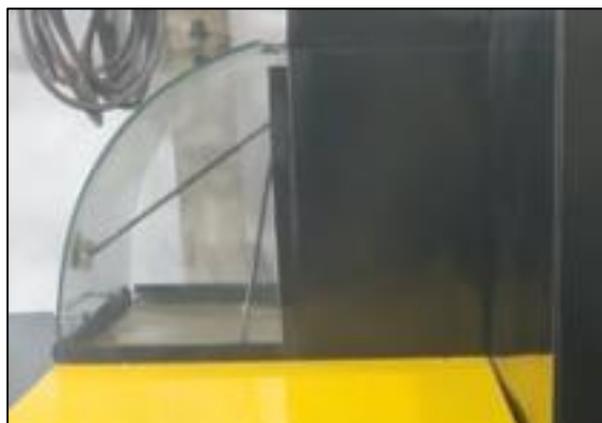


Figura 32 Vidrios laterales instalados.

- 4) Previa a la instalación del vidrio, se realizaron las perforaciones del vidrio para poder colocar la jaladera, este procedimiento se realizó con taladro, broca para vidrio y agua.

- 5) De igual manera se procede a realizar la instalación de la bisagra en el vidrio de cubierta, con ayuda del pegamento y la cinta de enmascarar, esto para prevenir que el vidrio se manche con el pegamento.
- 6) Se deja reposar el pegamento por 24 horas.
- 7) Finalizado el tiempo de secado del pegamento, se realizó la instalación del vidrio de cubierta, en la L superior de la cabina se instala el vidrio con ayuda del pegamento cuidando que quede centrado y que concuerde con los ángulos de los vidrios laterales.



Figura 33 Vidrio de cubierta instalado.

- 8) Posteriormente se procede a la instalación del brazo de soporte en el vidrio con ayuda de pegamento, cinta para enmascarar, pernos y tuercas, buscando que este quede lo más fijo posible y cumpla correctamente su función.
- 9) Se realiza la instalación del caucho protector en la parte baja del vidrio de cubierta, cuidando que centrado y alineado con la estructura del banco.



Figura 34 Vidrio de cubierta, brazo de soporte.

10) Finalmente se dejó secar el pegamento Sicaflex 220 y una vez seco se retiró la cinta de enmascarado de los vidrios.



Figura 35 Instalación de vidrio finalizada.

3.3. Reservorios de Combustible

3.3.1. Diseño de los Reservorios de Combustible.

Previo a la construcción de los reservorios de combustible, se realizó cálculos tanto de las dimensiones como de espesor de las paredes para la resistencia de los reservorios ante la presión suministrada.

3.3.2. Cálculos de las Dimensiones de los Reservorios.

Previo a realizar los cálculos de las dimensiones de los reservorios se deben obtener los siguientes datos: presión a la que va a estar sujeto el sistema funcional, valor de factor de seguridad.

3.3.2.1. Presión del Sistema.

Para saber la presión a la que va a estar sujeta el sistema se debe obtener los datos de presión para la comprobación de los inyectores, datos que se encuentran especificados en el Manual de Mantenimiento de los motores Roll Royce Viper de la aeronave Hawker, y en el Service Instruction No. 1275C del Motor Continental de la Aeronave Cessna.

- La presión de comprobación de los inyectores Roll Royce Viper son dos: 20psi mínima y 60psi máxima.

Ver Anexo B

Tabla 1.
Tabla de rangos de presión de comprobación para los inyectores del motor Roll Royce Viper

Equipo / Material	Parte/ Ítem No
Adaptador	25YTS303R y cañería de combustible
Rango de Presión	0-20psi min; 0-60psi max
Reservorio de Combustible	Suministro Local
Manómetro	Suministro Local

Fuente: **IAW AMM ATA 28 Sección 28-20-01 Pag 505 Lit B**

- La presión de comprobación de los inyectores Continental es: 12psi

Ver Anexo C

Tabla 2.
Tabla de rangos de presión de comprobación para los inyectores del motor Continental

P/N	Fluido	Presión
LW-18265	Combustible AVGAS100LL	12psi

Fuente: **IAW Service Instruction No. 1275C Paso N° 7**

Una vez obtenidos los datos de presión a los que se debe comprobar los inyectores, se procede a sacar los cálculos tomando de referencia la presión más alta de comprobación en este caso 50psi.

Para poder tener un valor de presión específica aplicada a todo el sistema se concluyó que serán 100psi para que se pueda abastecer los requerimientos de presión para la comprobación de los inyectores, multiplicado por el factor de seguridad 1.5.

$$100psi \times 1.5 = 150psi$$

Obtenido el valor total de la presión a la que va a estar sometido el sistema, se procedió a realizar los cálculos de las dimensiones de los reservorios poniendo como base un volumen de combustible para estos, en este caso se tomó como base 4lts de combustible y se lo multiplico por el factor de seguridad.

$$4lts \times 1.5 = 6lts$$

Posteriormente se procede a transformar las unidades de litros a centímetros cúbicos.

$$6lts \times \frac{1000cm^3}{1lt} = 6000cm^3$$

Obtenido el volumen en cm^3 se procede a sacar las dimensiones de los reservorios aplicando raíz cúbica.

$$\sqrt[3]{6000cm^3} = 18.17cm$$

Finalmente se redondeó el resultado llegando así a 20cm para las dimensiones de los reservorios.

3.3.3. Cálculos del Espesor de las Paredes de los Reservorios.

Para proceder al cálculo del espesor de las paredes del reservorio, es necesario datos de: presión a la que va a estar sometida el reservorio, dimensiones del reservorio, ya que se va a realizar una simulación en el Software SOLID WORK

Datos:

Presión: 150psi

Dimensiones: 20cm

Una vez con los datos recopilados se procede a ingresarlos al sistema de SOLID WORK, para de esta manera poder tomar medidas al azar del espesor de las paredes y realizar la simulación para observar el comportamiento del reservorio una vez que se le aplique la presión.

Realizadas varias simulaciones, se llegó a la conclusión de que el reservorio tenía un comportamiento adecuado al ser las paredes de 1cm de espesor.

La razón por la cual el espesor fue de este valor se debe a que al reservorio ser de forma cubica no posee gran resistencia a la presión aplicada.

Los parámetros que se observaron en la simulación fueron:

Ver Anexo D

- Deformación total. Este valor no debe exceder de 1m, en la simulación se observó que la deformación máxima es de 9.2723×10^{-5} y la deformación mínima que tendrá es de 0

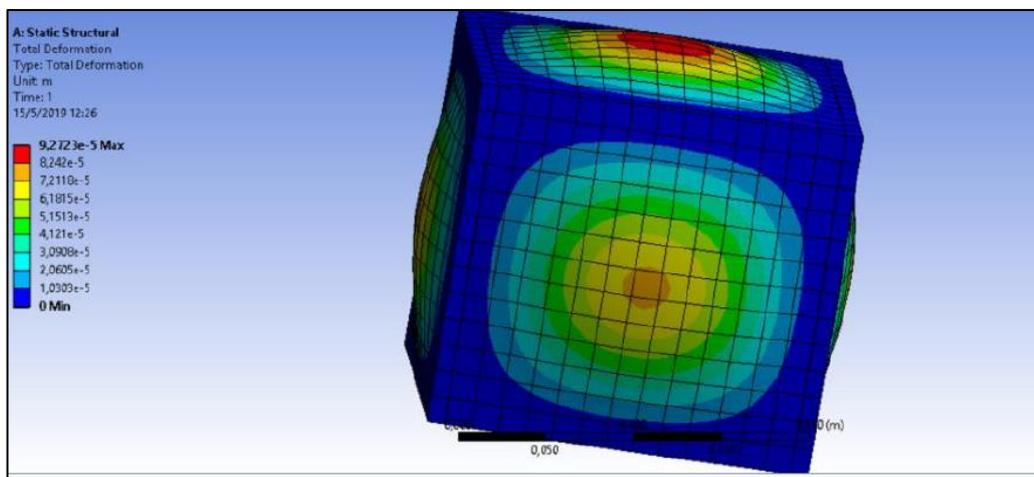


Figura 36 Simulación de la deformación total del reservorio.

- Elasticidad Equivalente. Este valor no debe exceder de 1mm, en la simulación se observó que la elasticidad máxima es de 0.00037718 m/m y la elasticidad mínima que tendrá es de 1.747×10^{-6} m/m

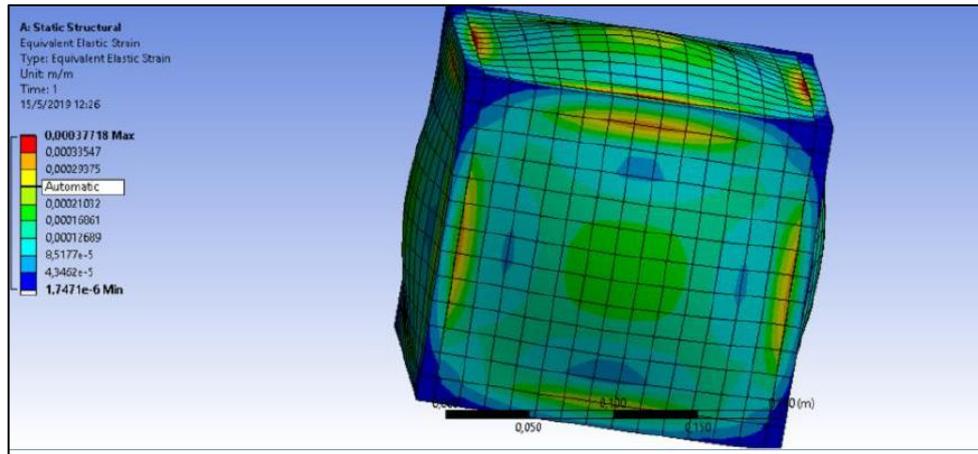


Figura 37 Simulación de la elasticidad equivalente del reservorio.

Finalizado este proceso se pudo definir que el espesor indicado de 1cm es apto para soportar la presión a la que va a estar sujeto el Sistema del Banco de Pruebas.

3.3.4. Diseño Estructural de los Reservorios en AutoCAD

Cuando ya se han obtenido los datos de resistencia, dimensiones y volumen del reservorio y estos fueron validos se realizó el diseño de los mismos en AutoCAD para posteriormente realizar su construcción.

Los reservorios aparte de guardar el combustible que va a ser usado para la comprobación de los inyectores, deben tener la facilidad para acoplarse a las diferentes necesidades del operador, estas son:

- Orificio de repostaje de combustible.
- Orificio de drenado y limpieza del reservorio.
- Orificio de salida del combustible presurizado.
- Orificio de ingreso de aire presurizado.
- Orificio de retorno de combustible.

Conocidos los accesos que deben tener los reservorios se realizó su diseño en AutoCAD.

Ver Anexo E

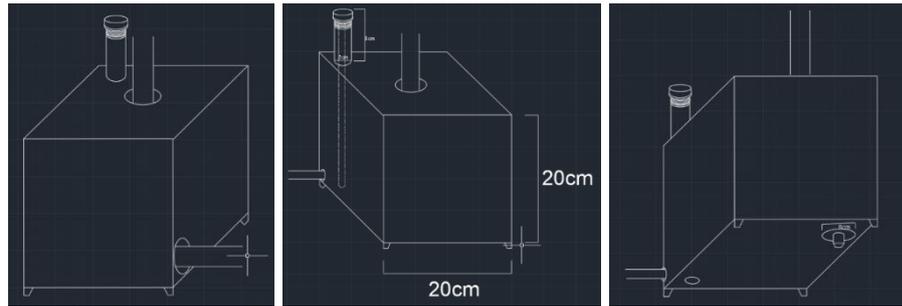


Figura 38 Diseño de los reservorios en AutoCAD.

3.3.5. Construcción de los Reservorios de Combustible.

Finalizados los cálculos para los reservorios de los combustibles se realizó la construcción de los mismos. La construcción fue en acero inoxidable.

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono principalmente con un mínimo de 10.5% de cromo, es un tipo de acero resistente a la corrosión debido al cromo que contiene ya que este posee gran afinidad con el oxígeno y reacciona con el formando una capa que evita la corrosión del hierro contenido en esta aleación.

Este metal posee varias propiedades mecánicas entre elasticidad y dureza que hacen que este material sea ideal para cualquier tipo de proyecto, además de presentar una gran resistencia al desgaste.

3.3.5.1. Procedimiento de Construcción.

- 1) Elegido el material del que van a estar realizados los reservorios se procedió a realizar la compra de los materiales.
- 2) Posteriormente se realizó el corte de los orificios donde van a ir los neoplos para los diferentes orificios que deben poseer los reservorios de acuerdo con las necesidades.

Estos orificios fueron realizados con ayuda de una broca y un taladro para posteriormente realizar los agujeros al diámetro de acuerdo al diseño de los reservorios.

- 3) Una vez realizados los orificios se realizó la unión de los neoplos mediante soldadura cuidando que estos queden bien unidos y no exista espacios sin suelda.



Figura 39 Niplos soldados en el reservorio.

- 4) Soldados los niplos se procede a unir las paredes de los reservorios mediante suelda, obteniendo así la forma cubica de los reservorios.
- 5) Se procedió a pulir las uniones de suelda de los reservorios.
- 6) Se procedió a colocar tapones en cada uno de los niplos para hacer pruebas de fugas, enviando aire a presión, si existen presencia de fugas en las sueldas, es necesario volver a soldar, hasta que no haya presencia de fugas.
- 7) Finalmente se envió a la pintura electroestática, el color para un reservorio fue de color azul debido a que el color de identificación del AVGAS 100LL es este, el otro reservorio de color negro debido a que el color de identificación del JP-1 es este.

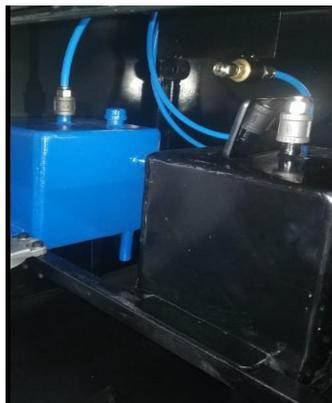


Figura 40 Reservorios de Combustible.

3.6. Instalación de los Componentes del Sistema Funcional en el Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores

Se realizó la instalación de los componentes del sistema funcional en los orificios que se realizaron en el banco de pruebas.

Para poder saber que componentes forman parte del sistema se realizó un previo análisis del mismo y se realizó el diseño del sistema en simbología CETOP.

Ver Anexo F

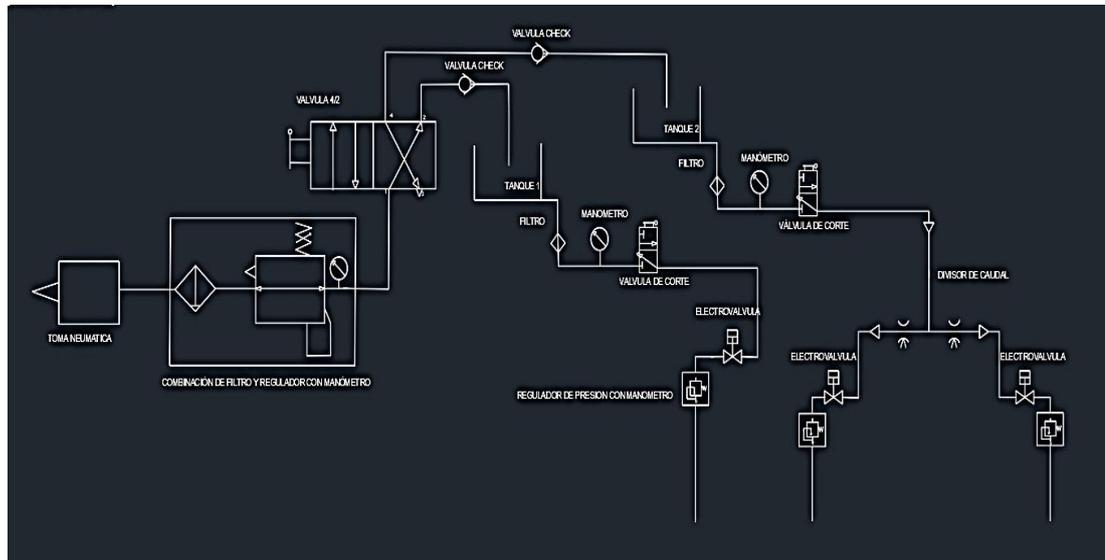


Figura 41 Diagrama CETOP del sistema funcional del banco de pruebas.

Una vez obtenido el diagrama CETOP del sistema, se procede a realizar la instalación de los componentes en cada adaptación realizada en el banco de pruebas, las adaptaciones fueron bases y orificios donde fueron colocados los componentes.

3.6.1. Procedimiento de Instalación.

Materiales:

- Componentes del Sistema Funcional.
- Acoples rápidos para cañerías.
- Cañerías de aire y combustible.
- Cortador de cañerías.
- Teflón.
- Llaves de 1/2in

- 1) El procedimiento de instalación inició en el filtro regulador el cual fue colocado en una base realizada con L de acero inoxidable y sujetado por medio de pernos.



Figura 42 Filtro regulador instalado.

- 2) El segundo componente es la válvula neumática de accionamiento por palanca, que de igual manera se colocó en una base hecha de una L de acero y sujeta por pernos.



Figura 43 Válvula neumática instalada.

- 3) A partir de la válvula, salen dos cañerías, una diferente para cada reservorio que se unen a las válvulas check.

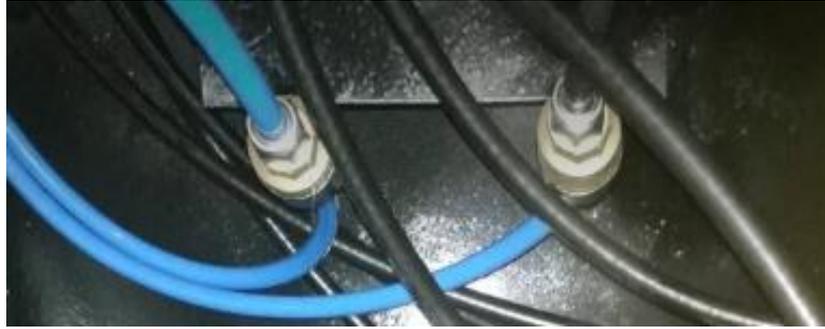


Figura 44 Conexión de las válvulas check.

- 4) Posteriormente cada cañería va conectada a cada reservorio en donde se presuriza el combustible. Los reservorios se encuentran colocados en una base realizada con ángulos de acero inoxidable soldada a la estructura para que de esta manera el operador pueda tener acceso a todos los neplós que estos poseen.
- 5) Las cañerías que salen de los reservorios se unen con los filtros, uno diferente para cada combustible.



Figura 45 Conexiones de las cañerías.

- 6) Las cañerías salientes de los filtros pasan a los manómetros que reflejarán la presión que se encuentra contenida en los reservorios, para luego unirse a las válvulas de corte manual ON/OFF. Los manómetros y las válvulas son uno para cada reservorio.

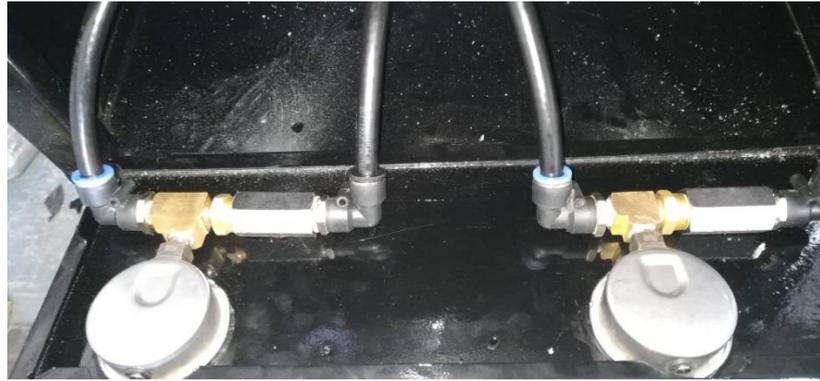


Figura 46 Conexiones de las cañerías a los manómetros

- 7) Los siguientes componentes en el sistema son los actuadores eléctricos que forman parte del sistema de control para pasar a las válvulas reguladoras con manómetro.



Figura 47 Cañerías a los actuadores eléctricos.

Estos componentes son tres de cada uno. Las conexiones fueron las siguientes, un actuador se conectó con la cañería procedente del reservorio que contiene el combustible AVGAS 100LL, los otros dos actuadores se encuentran conectados a la cañería proveniente del reservorio que contiene el combustible JET A-1, para dividir el flujo se utilizó una válvula de tres vías en L, la cual esta empotrada a un lado de la estructura del banco de pruebas.



Figura 48 Conexiones de las cañerías a la válvula.

- 8) Finalizadas las conexiones las cañerías que proceden del actuador del AVGAS se procede a realizar la conexión final para los acoples del inyector.
- 9) La cañería saliente de los actuadores de JET A-1 se une a un acople en T para formar un solo flujo de salida y posteriormente ser unida al acople del inyector.

Las conexiones de los acoples rápidos a los componentes del sistema se realizaron con ayuda de llaves de 1/2in para dar el torque requerido y teflón, para evitar la presencia masiva de fugas en el sistema.

Los cortes en las cañerías deben ser rectos, para que tengan una buena unión a los acoples rápidos y no exista presencia de fugas.

3.7. Elaboración de los Acoples de los Inyectores del Motor Continental O200 y Roll Royce Viper.

Para poder comprobar el funcionamiento de los inyectores en el banco de pruebas, este debe poseer los mecanismos para poder sujetar estos en el banco.

Por esta razón es que deben elaborar los acoples y para ello se realizó la remoción de los inyectores de sus respectivos motores.

3.7.1. Remoción de los Inyectores del Motor Continental



Figura 49 Inyector en el motor Continental.

Herramientas:

- Llaves mixtas en pulgadas.

Procedimiento de Remoción:

- 1) Coloque un recipiente de recolección de combustible debajo del inyector de combustible.
- 2) Aplique una etiqueta de identificación en cada línea de combustible y desconecte las líneas de combustible conectadas al inyector de combustible.
- 3) Deje que el combustible se drene fuera del inyector y de las cañerías en el recipiente.
- 4) Sostenga el inyector de combustible y retire las cuatro tuercas, arandelas de seguridad del inyector de combustible.
- 5) Retire el inyector de combustible de su posición.
- 6) Retire el contenedor de recolección de combustible. (Continental, 2011)



Figura 50 Inyector de combustible removido.

3.7.2. Remoción del Inyector del Motor Roll Royce Viper.



Figura 51 Inyector de combustible en el motor.

Herramientas:

- Llave de tensión.

Procedimiento:

- 1) Obtenga acceso al motor.
- 2) Libere el soporte de la cañería de interconexión a cada lado de la unidad.
- 3) Desconecte las cañerías de ambos extremos de la unidad.
- 4) Retire el perno de la unidad con ayuda de la llave.
- 5) Retire la unidad.



Figura 52 Inyector de combustible removido.

3.7.3. Acoples de los Inyectores del Motor Continental O200 y Roll Royce Viper.

Una vez removidos los inyectores de los motores se procedió a realizar los acoples de cada uno. Estos deben contar con ciertas características para que no interfieran en el funcionamiento de los inyectores al momento de su comprobación.

- Deben tener uniones que sellen la entrada del combustible a los inyectores para que no haya presencia de fugas.
- La dimensión del orificio del paso de combustible no debe ser menor a la de las cañerías de suministro de combustible, debido a que si estas son menores existiría un aumento de velocidad del fluido y una disminución de la presión. Esto es porque la disminución de la presión interferiría en la verificación de su funcionamiento.



Figura 53 Instalación de los acoples del inyector.

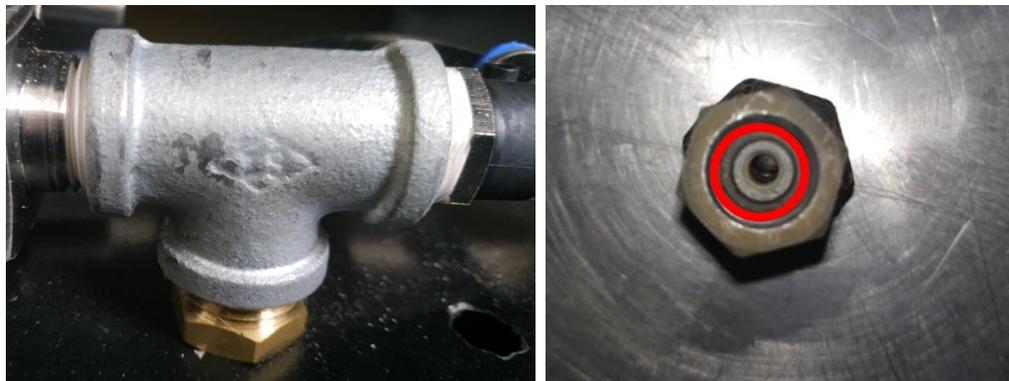


Figura 54 Instalación de los acoples del inyector.

Para la instalación de los acoples se requirió de arandelas, para que estos queden bien sujetos a la estructura y se dio un torque con ayuda de unas llaves evitando que estos se aflojen durante el funcionamiento.

Una vez realizados e instalados los acoples a la estructura del Banco de Pruebas se conectó los inyectores a su respectivo acople y se procedió a verificar que la sujeción brinde las características indicadas anteriormente para evitar el mal funcionamiento del inyector.

En el acople del inyector del motor Continental se colocó un empaque ya que la sujeción no quedaba completa, esto para evitar las fugas.



Figura 55 Inyectores instalados en los acoples.

3.8. Pruebas de Funcionamiento del Banco para Lavado de Inyectores.

Una vez que la construcción del proyecto ha finalizado se procede a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema funcional del Banco de Pruebas y los elementos que componen este sistema.

3.8.1. Condición General del Equipo

Tabla 3
Condición General del Equipo

Elemento	Condición Favorable	Condición no Favorable	Observación
Estructura	✓		
Cabina de Observación	✓		
Reservorios	✓		
Válvulas	✓		
Manómetros	✓		
Cañerías	✓		
Acoples	✓		
Vidrios		✓	Vidrio de Cubierta roto
Brazo de soporte		✓	Carece de seguro

3.8.1.1. Observaciones

- **Vidrio de Cubierta Roto**

Debido a la falta de seguro en el brazo de soporte, este no sostuvo el vidrio de manera eficiente ocasionando la caída del vidrio y rompiéndose, debido a que se requirió cambiar el vidrio por una estructura de acrílico.



Figura 56 Vidrio de cubierta roto.

Lo que trajo varios beneficios para la estructura; mayor resistencia, menos peso, bajo costo.



Figura 57 Estructura de acrílico instalada.

- **Brazo de Soporte sin Seguro**

Debido al incidente del vidrio se procedió a realizar un seguro para el brazo de soporte, para de esta manera evitar futuros daños en la estructura de acrílico instalada y así proporcionar al operador de la máquina mayor seguridad.

3.8.2. Prueba de Fugas

Esta prueba solo se realizó con aire, presurizando el sistema a una presión de 50psi para verificar la presencia de fugas en los componentes del sistema.

Se realizó una primera prueba de fugas para inspeccionar los componentes del sistema.

Tabla 4

Primera prueba de fugas.

Elemento	Condición Favorable	Condición no Favorable
Tapones de los Reservorios		✓
Acoples y Conexiones	✓	
Manómetros	✓	
Válvulas	✓	

Para solucionar la presencia de fugas se colocó teflón en los tapones de los reservorios y posteriormente se ajustó con llaves de tubo.

Finalizado este proceso se realizó una segunda prueba de fugas para verificar si el problema estaba solucionado.

Se presentó inconvenientes con el tapón de drenado de combustible, y para darle una solución definitiva se colocó un empaque en el tapón y se ajustó con llaves de cadena.

Se realizó una tercera prueba lo que dio como resultado:

Tabla 5

Prueba final de fugas.

Elemento	Condición Favorable	Condición no Favorable
Tapones de los Reservorios	✓	
Acoples y Conexiones	✓	
Manómetros	✓	
Válvulas	✓	

3.8.3. Prueba con Combustible.

Para realizar esta prueba se abasteció los reservorios, cada uno con su respectivo combustible. Se procedió a presurizar el sistema y se observó el estado de cada elemento del sistema funcional.

Tabla 6

Prueba con combustible

Elemento	Condición Favorable	Condición no Favorable
Tapones de los Reservorios		✓
Acoples y Conexiones	✓	
Manómetros	✓	
Válvulas	✓	

Durante la prueba con combustible después de haber presurizado el sistema se presentó una fuga de combustible en el tapón de drenado de combustible, para brindar la solución se colocó más teflón y se ajustó con llaves de cadena.

3.11. Diseño y Colocación de Señalética de Información y Seguridad en la Estructura del Banco de Pruebas

3.11.1. Diseño de la Señalética de Información y Seguridad

Para poder diseñar las señaléticas de seguridad, se buscó información en las normas INEN 0439 donde se indica los colores señales y símbolos de seguridad a nivel general.

Observar Anexo G

Para saber que símbolos de seguridad deben estar colocados en el banco de pruebas es necesario saber qué características posee este y que riesgo puede traer conjuntamente con estas.

Tabla 7**Características y riesgos que posee el banco de pruebas**

Característica	Riesgo
Uso de Combustible	Exposición del operador del banco al combustible.
Uso de elementos electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de Explosión. • Riesgo Eléctrico

Una vez que se ha analizado los riesgos que posee el banco de pruebas, se procede a realizar el diseño de la señalética basado en lo estipulado por las normas INEN.

3.11.1.1. Color de la Señaléticas.**Tabla 8****Colores de seguridad, uso, significado y contraste**

Color	Significado	Uso	Contraste
Rojo	Alto, prohibición	Señal de parada	Blanco
Amarillo	Atención, cuidado, peligro.	Indicación de peligros (fuego)	Negro
Verde	Seguridad.	Rutas de escape, salidas de emergencia.	Blanco
Azul	Acción obligada, información.	Obligación de usar equipos de protección personal	Blanco

Fuente: (Normalización, 1984)

Los colores que se utilizaron para la señalética del banco de pruebas de acuerdo con el riesgo que posee el banco de pruebas fueron:

Tabla 9**Colores de la señalética para el banco de pruebas**

Riesgo	Color
Exposición del operador al combustible.	Azul
Riesgo de Explosión.	Amarillo
Riesgo Eléctrico.	Amarillo

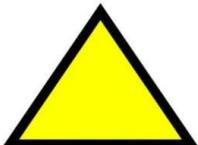
3.11.1.2. Señales y Significado.

La norma INEN establece una tabla en la cual nos especifica las señales y significado de estas.

De acuerdo con el Riesgo que posee el banco de Pruebas las señales a usar son:

Tabla 10

Señales y descripción.

Señales	Descripción
	Fondo azul, el símbolo y el texto de seguridad serán blancos y colocados en el centro, el color azul debe cubrir por lo menos un 50% del área de la señal.
	Fondo amarillo, franja triangular negra, el símbolo de seguridad será negro y estará instalado en el centro, el color amarillo debe cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.

Fuente: (Normalización, 1984)

3.11.1.3. Distancia de Observación.

La relación entre la distancia (l) desde la cual la señal debe ser identificada y el área mínima está dada por:

$$A = \frac{(l)^2}{2000}$$

A lo cual se puede decir que la distancia a la que la señalética debe ser observada es a 10m

$$A = \frac{(10)^2}{2000}$$

$$A = \frac{100}{2000}$$

$$A = 0.050$$

$$A = 5 \text{ cm}$$

Dando como resultado que la señalización debe tener 5cm de Área para poder ser observada a 10m de distancia.

3.11.1.4. Señalética de Seguridad utilizada en el Banco de Pruebas.

El diseño de los símbolos debe ser lo más simple y clara posible omitiendo detalles que no sean esenciales para la comprensión del mensaje.



Figura 58 Señalética de seguridad para protección del operador.



Figura 59 Señalética de seguridad para indicar los riesgos.

3.11.2. Colocación de la Señalética de seguridad en el Banco de Pruebas

Se procedió a realizar la colocación de la señalética en el banco de pruebas, buscando los lugares que sean más adecuados para su ubicación en donde posea una clara visibilidad para el operador.



Figura 60 Señalética de seguridad colocada.

3.10. Comprobación del Funcionamiento de los Inyectores de los Motores Continental O200 y Roll Royce Viper

Al realizar este procedimiento se debe tener cuidado al momento de manipular los inyectores ya que incluso las huellas en las boquillas pueden producir un patrón de pulverización erróneo. Se debe usar guantes que no dejen presencia de pelusa en el inyector.

De acuerdo al Manual de Mantenimiento ATA 73:

Observar Anexo H

3.10.1. Procedimiento para la Comprobación de los Inyectores del Motor Roll Royce Viper

3.10.1.1. Coloque el Inyector en el Adaptador Asegurándose de que Estén Bien Sujetas para Evitar Fugas.

En este paso se realizó la conexión del inyector en los conectores ubicados en la cabina de observación del banco de pruebas teniendo precaución de no topar la boquilla, se ajustó con ayuda de una llave.



Figura 61 Inyector instalado en el acople.

3.10.1.2. Conecte la Línea de Aire con un Máximo de 100psi al Regulador de Presión de la Plataforma de Prueba.

Se conectó la línea neumática del compresor a la toma de la unidad del filtro regulador, ajustando la presión hasta obtener los 100psi indicados en el manual.



Figura 62 Filtro regulador ajustado a 100psi.

3.10.1.3. Ajuste lentamente el regulador de presión a 20 psi. Con la Boquilla Apuntando Hacia Abajo, Observe el Patrón de Rociado en la Boquilla. Se Debe Observar un Rociado Abierto, Libre de Goteo o Spitting.

Se acciono la palanca de la válvula neumática de distribución, presurizando el reservorio de combustible para verificar en el manómetro a la salida indique que este se encuentra presurizado.

Se dio paso del combustible colocando la válvula de corte en posición “ABIERTO” y se verificó que en manómetro “PRESIÓN N°2 MIN” obtenga los 20psi, luego se activó el actuador N° 2 permitiendo el paso del combustible presurizado hacia el inyector.



Figura 63 Manómetro presión N°2 a 20psi.

Se observó el patrón de pulverización del inyector verificando que sea un rociado abierto libre de goteos.

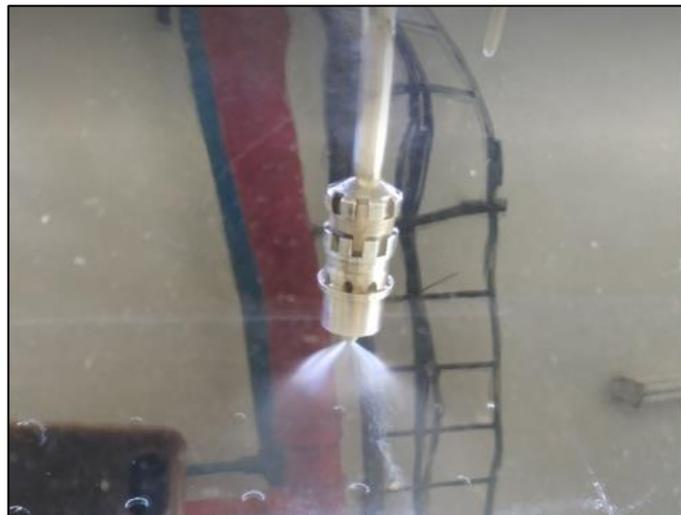


Figura 64 Patrón de pulverización del inyector con 20psi.

El inyector no presentó ninguna de estas características, con una pulverización uniforme.

Finalizada la comprobación con la presión mínima, se colocó el actuador en posición cerrada.

3.10.1.4. Ajuste el Regulador de Presión para Aumentar la Presión a 60 psi. El Volumen de Pulverización debe Aumentar y Distribuirse Uniformemente Alrededor del Eje Central del Orificio de la Boquilla. Si hay Rayas de más del 20%, Rechace el Inyector.

Se colocó la válvula de distribución de combustible en posición 20psi, se dio paso del combustible colocando la válvula de corte en posición “ABIERTO” y se verificó que en manómetro “PRESIÓN N°3 MIN” obtenga los 50psi, luego se activó el actuador N° 3 permitiendo el paso del combustible presurizado hacia el inyector.



Figura 65 Manómetro presión N°3 a 50psi.

Se observó que el volumen de pulverización aumente y se distribuya uniformemente, y no presente rayas de luz.

El inyector aumentó su volumen de pulverización de manera uniforme.

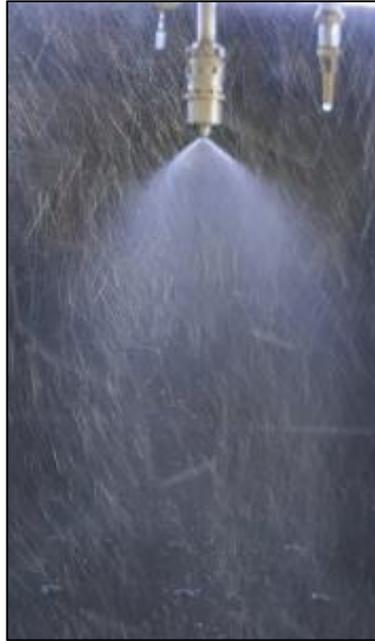


Figura 66 Patrón de pulverización del inyector.

3.10.1.5. Reduzca la Presión a Cero, Como se Indica en el Medidor, Ajustando el Regulador de Presión. Cuando se Detiene el Flujo de Combustible en el Inyector. Desconecte la Línea de Suministro de Aire del Regulador de Presión en la Plataforma de Prueba.

Se colocó el actuador N°3 en posición CERRADO cortando el flujo de combustible hacia el inyector.

Se desconectó la cañería de suministro neumático del compresor de la toma del filtro regulador.

3.10.2. Procedimiento para la Comprobación de los Inyectores del Motor Continental.

3.10.2.1. Coloque el Inyector en el Adaptador Asegurándose de que Estén Bien Sujetas para Evitar Fugas.

En este paso se realizó la conexión del inyector en los conectores ubicados en la cabina de observación del banco de pruebas teniendo precaución de no topar la boquilla, se ajustó con ayuda de una llave.



Figura 67 Inyector instalado en el acople.

3.10.2.2. Ajuste Lentamente el Regulador de Presión a 20 psi. Con la Boquilla Apuntando hacia Abajo. Observe el Patrón de Rociado en la Boquilla. Se Debe Observar un Rociado Abierto, Libre de Goteo o Spitting.

Se acciono la palanca de la válvula neumática de distribución, presurizando el reservorio de combustible para verificar en el manómetro a la salida indique que este se encuentra presurizado.

Se dio paso del combustible colocando la válvula de corte en posición “ABIERTO” y se verificó que en manómetro “PRESIÓN N°1” obtenga los 12 psi, luego se activó el actuador N° 1 permitiendo el paso del combustible presurizado hacia el inyector.



Figura 68 Manómetro presión N°1 a 12psi.

Se observó el patrón de pulverización del inyector verificando que sea un rociado continuo libre de goteos.

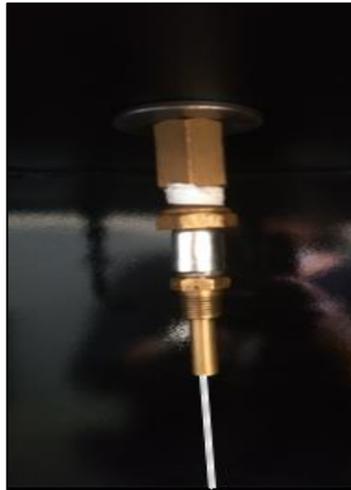


Figura 69 Patrón de pulverización del inyector.

3.10.2.3. Reduzca la Presión a Cero, como se Indica en el Medidor, Ajustando el Regulador de Presión. Cuando se Detiene el Flujo de Combustible en el Inyector. Desconecte la Línea de Suministro de Aire del Regulador de Presión en la Plataforma de Prueba.

Se colocó el actuador N°1 en posición CERRADO cortando el flujo de combustible hacia el inyector.

Se desconectó la cañería de suministro neumático del compresor de la toma del filtro regulador.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

- Se seleccionó la información acerca los tipos de inyectores, estos son dos simplex y dúplex, su funcionamiento es pulverizar el combustible en la cámara de combustión para la combustión en cualquier régimen de funcionamiento del motor, la comprobación de los inyectores se realiza simulando su funcionamiento en una plataforma de prueba, suministrando combustible a las presiones indicadas por el fabricante, verificando que la atomización sea homogénea.
- Se dotó a la Unidad de Gestión de Tecnologías un banco de lavado de inyectores como herramienta principal para que el estudiante aplique sus los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional en la institución.
- Se realizó la comprobación de los inyectores mediante el banco de pruebas siguiendo las instrucciones del fabricante a las presiones indicadas, dando como resultado un funcionamiento operativo correcto dando del equipo como de los inyectores.

3.2. Recomendaciones

- Implementar información técnica como manuales, monografías, artículos que contribuyan al estudiante a recopilar la información necesaria sobre los inyectores, motores y aeronaves de la Unidad de Gestión de Tecnologías y así ejecutar proyectos técnicos mayor factibilidad.
- El estudiante debe poseer las herramientas y conocimientos adecuados para poder realizar la implementación de proyectos técnicos que favorezcan la formación de futuros profesionales.
- El estudiante debe realizar la comprobación de los inyectores utilizando el banco de pruebas siguiendo las indicaciones mencionadas en los manuales de mantenimiento, seguridad y operación para obtener resultados positivos.

GLOSARIO

Presión. Hecho o acontecimiento que sigue o resulta de otro

Inyector. Los inyectores son electroválvulas que se abren y cierran de manera precisa para inyectar, mediante pulverizaciones, el combustible a la cámara de combustión.

Manómetro. Instrumento para medir la presión de los fluidos, principalmente de los gases

Plataforma. Superficie horizontal plana, descubierta y elevada, construida sobre una armazón en el suelo u otra superficie mayor, que sirve de apoyo o base para algo.

Pulverización. Fragmentación o dispersión de una cosa en partes muy pequeñas.

BIBLIOGRAFÍA

- Administration, F. A. (2011). Aviation Maintenance Technician Handbook. En Power Plant Vol 1 (pág. 102). U.S. Department of Transportation.
- Administration, F. A. (2012). Aviation Maintenance Technician Vol 2. En U. D. Transportation.
- Administration, F. A. (2012). FAA-H-8083-31. En A. M. Technician.
- Ángeles, I. S. (31 de Agosto de 2011). SlideShare. Obtenido de tipos de inyectores para MECH y MEC: https://es.slideshare.net/Luis_Reveco/inyectores-9084573
- Anónimo. (2014). Petrol Head Garage. Obtenido de ¿Cómo funciona un inyector de combustible?: <https://petrolheadgarage.com/Posts/inyector-gasolina/>
- Anónimo. (2016). Ro-Des. Obtenido de ¿ Que son los inyectores?: <https://www.ro-des.com/mecanica/que-son-los-inyectores/>
- Anónimo. (Julio de 2017). Check Engine. Obtenido de INYECTOR MECANICO: PRUEBAS Y LIMPIEZA: <https://tallerdigitalweb.com/2017/07/pruebas-inyector-diesel>
- Anónimo. (24 de Enero de 2018). Krafft Auto. Obtenido de La Importancia de Mantener los Inyectores Limpios: <https://krafft.auto/en-portada/la-importancia-mantener-los-inyectores-limpios/>
- cmanager. (04 de Diciembre de 2018). Recambios Sagasta. Obtenido de La importancia de cambiar el filtro de aceite: <https://recambiossagasta.com/productos/la-importancia-de-cambiar-los-filtros/>
- Continental. (2011). Maintenance and Operator´s Manual . En T. C. FAA.
- Davoren, J. (21 de Julio de 2017). Puro Motores. Obtenido de ¿Qué es un regulador de filtro neumático?:

<https://www.puromotores.com/13161333/que-es-un-regulador-de-filtro-neumatico>

Direct Industry. (s.f.). Obtenido de VÁLVULA DE BOLA / DE PALANCA / HEMBRA / DE ACERO INOXIDABLE: <http://www.directindustry.es/prod/bonomi-gmbh/product-106339-1994883.html>

Duarte, J. (s.f.). Mundo Motor. Obtenido de Detonación En Un Motor: Causas, Efectos, Indicadores Y Soluciones: <https://www.mundodelmotor.net/detonacion-en-un-motor/>

ENGINE, C. A. (2011). OPERATOR`S MANUAL. En C. M. INC. FAA APROVED.

FAA-H-8083-32-AMT. (2011). Power Plant Volume 1. Aviation Maintenance Technician, 105.

Ferrer, Á. (21 de Abril de 2015). Auto Noción. Obtenido de Los inyectores: Cómo funcionan y cómo mantenerlos adecuadamente: [https://www.autonocion.com/matenimiento-inyectores-funcionamiento/](https://www.autonocion.com/mantenimiento-inyectores-funcionamiento/)

International, F. (1997). En HAWKER 800 XP PILOT TRAINING MANUAL VOLUME 2 (pág. 237). Houston.

Niebel , B. W. (s.f.). Ingenieria Indutrial . En A. Freivalds, Métodos,estándares y diseño de trabajo (pág. 143). Ciudad de México: Mc Graw Hill.

Normalización, I. E. (1984). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 439. Señales y Símbolos de Seguridad. Quito, Pichincha, Ecuador: Brutum Fulmen.

Oñate, A. E. (1997). Conocimientos del Avión. Thomson Paraninfo.

OÑATE, A. E. (2003). CONOCIMIENOS DEL AVIÒN . THOMSON PARANINFO.

R., M. P. (1994). Ergonomía 1. En E. Gregori, Las Definiciones de los Profesionales (pág. 19). Barcelona: Mutua Universal.

R., M. P. (s.f.). Ergonomía 1 . En E. Gregori, Las Definiciones de los.

ROYCE, R. (1976). MAINTENANCE VIPER. En B. E. DIVISION.

Sheet, T. (11 de Junio de 2019). Mundo Compresor. Obtenido de Manómetro:
<https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/manometro>

Sheet, T. (s.f.). Adajusa. Obtenido de VÁLVULAS NEUMÁTICAS ACCIONAMIENTO POR PALANCA: <https://adajusa.es/valvulas-neumaticas-accionamiento-por-palanca-de-18/valvula-palanca-manual-18-5-vias-2-posiciones-fijas-palanca-90-metal-work.html>

Sheet, T. (s.f.). Alco Valves. Obtenido de VÁLVULA DE BOLA / MANUAL / DE CIERRE: <http://www.directindustry.es/prod/alco/product-22434-567975.html>

Sheet, T. (s.f.). Metal Work Pneumatic. Obtenido de FR 1/2" 20µm 012 bar semi-autodrain:
<https://ecommerce.metalwork.it/store/mw/en/Catalogue/FRL-units/NEW-DEAL-series/NEW-DEAL-Filter-regulators/FR-1-4%27%27-20%C2%B5m-012-bar-semi--autodrain/p/1225054>

Sheet, T. (s.f.). Pistón Clásico. Obtenido de Plastic Fitting: <https://pistonclasico.com/wall/five-plastic-fitting-china-mainland-pneumatic-parts>

Sheet, T. (s.f.). Saint Gobain. Obtenido de TUBO FLEXIBLE DE NITRILO: <http://www.directindustry.es/prod/saint-gobain-performance-plastics-process-system/product-40812-1874344.html>

Sheet, T. (s.f.). Vidri. Obtenido de Válvula check de retención, vertical: <https://www.vidri.com.sv/producto/116207/V%C3%A1lvula-check-de-retenci%C3%B3n-vertical-3-4-de-pulgada.html>

Tecnología y Educación. (30 de Mayo de 2012). Obtenido de ¿Qué es la luz LED?: <http://www.tecnologiayeducacion.com/%C2%BFque-es-luz-led/>

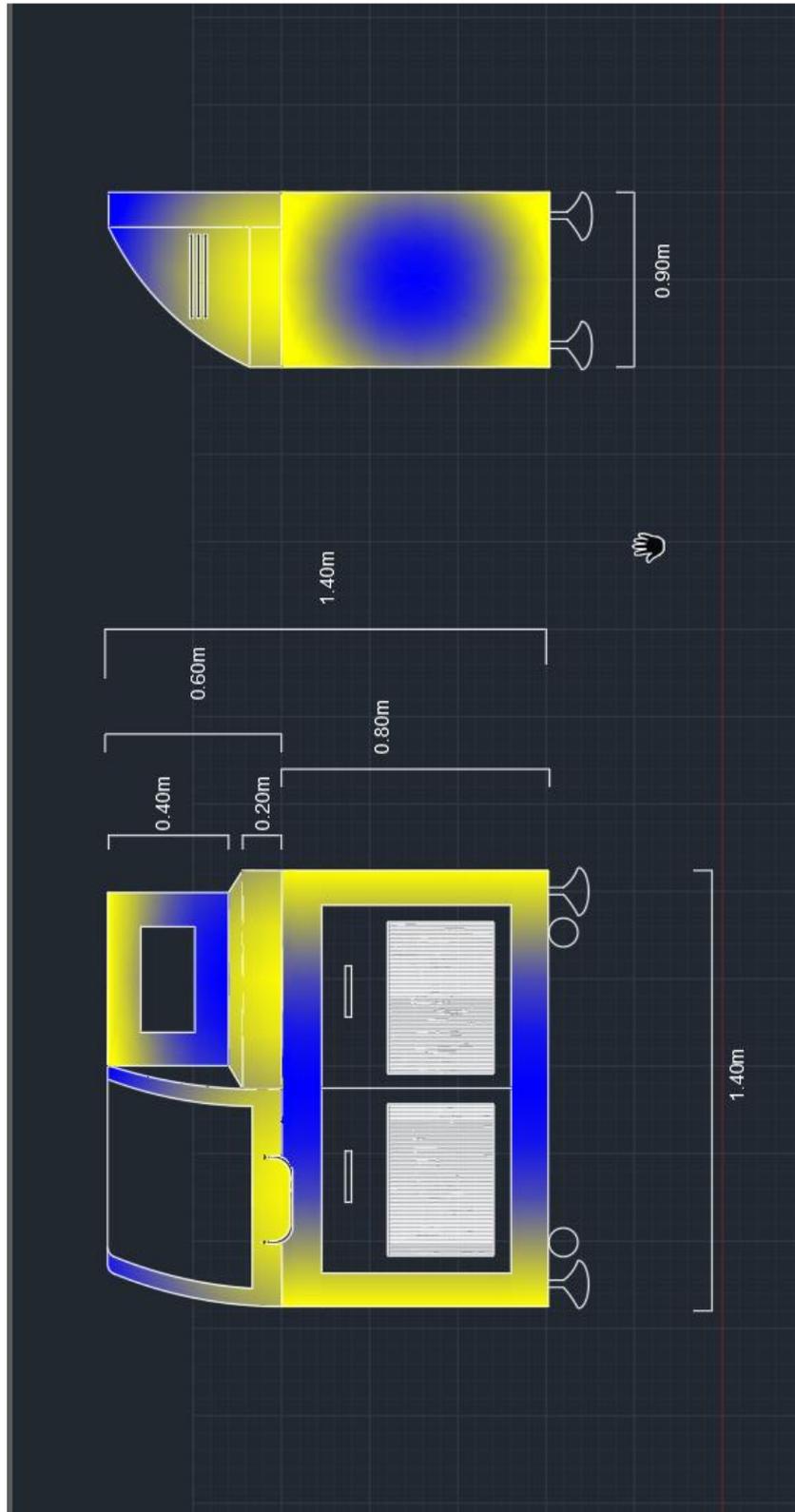
ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Diseño del banco de pruebas en AutoCAD.
- ANEXO B.** Manual de mantenimiento del motor Roll Royce Viper- presiones de comprobación para los inyectores.
- ANEXO C.** Service Instruction del motor continental- presiones de comprobación para los inyectores.
- ANEXO D.** Simulación de Solid Word del cálculo de espesor de las paredes para los reservorios de combustible.
- ANEXO E.** Diseño de los reservorios en AutoCAD.
- ANEXO F.** Diagrama CETOP del sistema funcional del banco de pruebas.
- ANEXO G.** Normas INEN 439 para el diseño de señaléticas de seguridad.
- ANEXO H.** Procedimiento de comprobación de los inyectores.
- ANEXO I.** Manual de seguridad del banco de pruebas para lavado de inyectores.
- ANEXO J.** Manual de mantenimiento para el banco de lavado de inyectores.
- ANEXO K.** Manual de operación para el banco de pruebas de lavado de inyectores.

ANEXO A

DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS EN AUTOCAD.



ANEXO B

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR ROLL ROYCE VIPER PRESIONES DE COMPROBACIÓN PARA LOS INYECTORES.

Raytheon Aircraft

125 AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

- (1) Make sure that the airplane is on level ground
- (2) Refuel or defuel until both fuel tank contents indicators read 1,000 lb (454 kg) (Refer to Chapter 12, SERVICING - FUEL).
- (3) Disconnect the fuel feed pipe from the relevant system engine and connect adapter, complete with gauge, to pipe.
- (4) Connect flow rig inlet hose to adapter and route flow rig outlet hose into the filler neck of the tank (of the system under test). Bond rig and hoses to airplane.
- (5) Open the low pressure valve, in the system under test.
- (6) Energize d.c. busbars (Refer to Chapter 24, ELECTRICAL POWER - GENERAL).
- (7) Switch the booster pumps and operate the fuel control valve as indicated for the relevant system, in Table 501, to obtain minimum flows and pressures (Table 501). Make sure an air free flow is obtained before recording results.

Fuel flow and pressure
Table 501

System under test	Pump	Cross feed valve	Left-hand LP valve (cock)	Right-hand LP valve (cock)	Flow			Pressure	
					US gal/hr.	Imp. gal/hr.	L/hr	psi	kg. sq cm.
Left hand	LH - ON	SHUT	OPEN	SHUT	600	500	2273	12.5	0.8789
	RH - ON	OPEN	OPEN	SHUT	600	500	2273	12.3	0.8691
Right hand	RH - ON	SHUT	SHUT	OPEN	600	500	2273	12.5	0.8789
	LH - ON	OPEN	SHUT	OPEN	600	500	2273	12.3	0.8691

- (8) Switch OFF booster pump, disconnect and remove all test equipment.
 - (9) Connect and lock engine fuel feed pipe. Do a leak check of the engine fuel feed pipe connection.
 - (10) Purge engine fuel system of air (Allied Signal Light Maintenance Manual Report No. 72-02-15), Chapter 72, GENERAL SERVICING).
 - (11) De-energize the d.c. busbars (Refer to Chapter 24, ELECTRICAL POWER - GENERAL).
- B. Bleed and flow test fuel feed system without the use of a flow rig.**

WARNING: THE OPEN CONTAINER, FLOW RIG AND ALL HOSES MUST BE BONDED TO THE AIRPLANE.

WARNING: MAKE SURE THE RELEVANT REFUELLING AND DEFUELLING PRECAUTIONS ARE OBEYED DURING THIS TEST.

NOTE: This test details the bleeding and fuel flow tests necessary on completion of any work which entailed a major breakdown of a system

Equipment/Material	Part/Item No.
Adapter	25YTS303R and fuel hose
Pressure gauge	20psi max; 0-50 psi máx.
Open fuel container	Local supply
Stop watch	Local supply

- (1) Make sure that the airplane is on level ground.
- (2) Refuel or defuel until both fuel tank contents indicators read 1,000 lb (454 kg) (Chapter 12, SERVICING - FUEL).
- (3) Disconnect the fuel feed pipe from the relevant system engine and connect adapter, complete with gauge, to pipe. Direct adapter hose into open container, bond container to airplane. Open adapter control valve.
- (4) Open the low pressure valve, in the system under test, make sure opposite system's low pressure valve is closed.
- (5) Energize the d.c. busbars (Chapter 24, ELECTRICAL POWER - GENERAL)
- (6) Switch ON the opposite fuel feed system booster pump and open the cross-feed valve. After approximately 15 seconds switch booster pump of system under test to ON.
- (7) When an airfree flow of fuel is obtained from adapter hose outlet, close the cross-feed valve and switch OFF the opposite system's booster pump. Adjust control valve on adapter until gauge reads appropriate pressure as shown in Table 501, switch OFF booster pump of system under test.
- (8) Empty fuel container. Switch booster pump of system under test to ON. Make sure the rate of flow is in accordance with that given in Table 501. Switch OFF booster pump.
- (9) Open cross-feed valve, select opposite system booster pump ON, adjust control valve on adapter until gauge reads appropriate pressure as shown in Table 501. Switch OFF booster pump.
- (10) Empty fuel container. Switch ON opposite system's booster pump. Make sure the rate of flow is in accordance with that given in Table 501. Switch OFF booster pumps. Close low pressure and cross-feed valves.
- (11) Disconnect and remove all test equipment.
- (12) Connect and lock engine fuel feed pipe. Do a check of the engine fuel feed pipe for leaks.
- (13) Purge engine fuel system of air (Allied Signal Light Maintenance Manual Report No. 72-02-15). Chapter 72, GENERAL SERVICING).

ANEXO C

SERVICE INSTRUCTION DEL MOTOR CONTINENTAL- PRESIONES DE COMPROBACIÓN PARA LOS INYECTORES.

862 Oliver Street
Williamsport, PA. 17701 U.S.A.
Tel. 570-323-6181
Fax. 570-327-7101
www.lycoming.com

SERVICE INSTRUCTION

DATE: September 23, 2008

Service Instruction No. 1275C
(Supersedes Service Instruction No. 1275B)
Engineering Aspects are
FAA DER Approved

SUBJECT: Cleaning Fuel Injector Nozzles

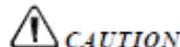
MODELS AFFECTED: Precision Airmotive RS and RSA Fuel Injectors installed on Lycoming aircraft engines.

TIME OF COMPLIANCE: At overhaul and as engine conditions require.

Fuel nozzles can become clogged with a type of varnish from old fuel or from precipitate particles that are almost invisible to the naked eye. This condition may be indicated by rough engine operation, uneven idle, a cold cylinder, or an unusually high fuel flow indication on the gauge. Complete the following steps, in the order given, to remove, clean, and replace the fuel nozzles.

Cleaning Instructions

- Step 1. Examine the nozzle lines for damage or wear. If the nozzle lines are worn or damaged, replace the lines by unscrewing the lines from the flow divider.
- Step 2. Remove the nozzle assembly from the individual fuel lines using a wrench.
- Step 3. Insert a plug into the open end of each line to prevent dirt, dust, or other contaminants from entering the fuel lines.
- Step 4. Remove the nozzles from the cylinders and disassemble.



Never use a sharp tool such as a wire or pin to clean out a nozzle. Damage to the inlet and outlet fuel restrictors could result which would change the fuel flow.

Do not immerse packing rings, at any time, into the cleaning fluid. The rings may swell.

- Step 5. Clean the nozzles using one of the following approved cleaning liquids for the specified length of time:

Hoppes No. 9 Gun Cleaning Solvent

- 5a. Soak the nozzles in Hoppes No. 9 Gun Cleaning Solvent for 20 minutes.
- 5b. Rinse the nozzles with Stoddard solvent and blow dry with compressed air.

OR



General Aviation
Manufacturers Association

ISSUED			REVISED			PAGE NO.	REVISION
MO	DAY	YEAR	MO	DAY	YEAR	1 of 6	C
06	15	73	09	23	08		

©2008 by Lycoming "All Rights Reserved"
Lycoming Engines, a division of AVCO Corporation, a wholly owned subsidiary of Textron Inc.

NOTE 1

The gauge for measuring the fuel inlet pressure must be at the same level as the nozzle.

NOTE 2

Test limits for each nozzle.*

P/N	Flow (lb/hr)	Fluid	Specific Gravity, Temperature & Pressure
LW-14540	57.5-59.5	Naptha	.734 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18265	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2010	.732-.734 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18265	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2150	.765-.775 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18853	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2010	.732-.734 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18853	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2150	.765-.775 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18854	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2010	.732-.734 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18854	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2150	.765-.775 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18855	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2010	.732-.734 @ 70°-80°F @ 12 psi
LW-18855	32+/-2%	Calibrating Fluid Per PES-2150	.765-.775 @ 70°-80°F @ 12 psi

* - For P/N LW-18265, LW-18853, LW-18854, and LW-18855, use a calibrating fluid per PES-2010 or PES-2150.

Step 8. Test the fuel flow of the nozzle assemblies using the above test limits.

Step 9. In addition, air test nozzle assemblies P/N LW-18265, LW-18853, LW-18854, and LW-18855 as shown in Figure 1. If a nozzle assembly does not meet the requirements of Figure 1, recycle the assembly through the cleaning cycle and retest before rejecting the assembly.

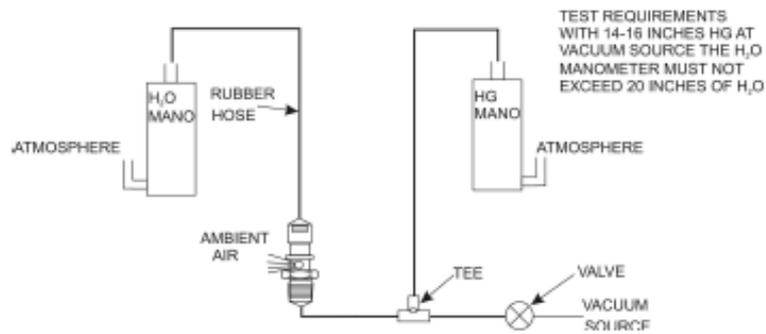


Figure 1. Air Testing Nozzle Assemblies

ISSUED			REVISED			PAGE NO	REVISION	S.I. 1275
MO	DAY	YEAR	MO	DAY	YEAR			
06	15	73	09	23	08	3 of 6	C	

ANEXO D

SIMULACIÓN DE SOLID WORD DEL CÁLCULO DE ESPESOR DE LAS PAREDES PARA LOS RESERVORIOS DE COMBUSTIBLE.



TABLE 16
Model (A6) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Total Deformation

Time (s)	Minimum (m)	Maximum (m)	Average (m)
1.	0.	2.2723e-002	1.55e-002

FIGURE 3
Model (A6) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Total Deformation > Image

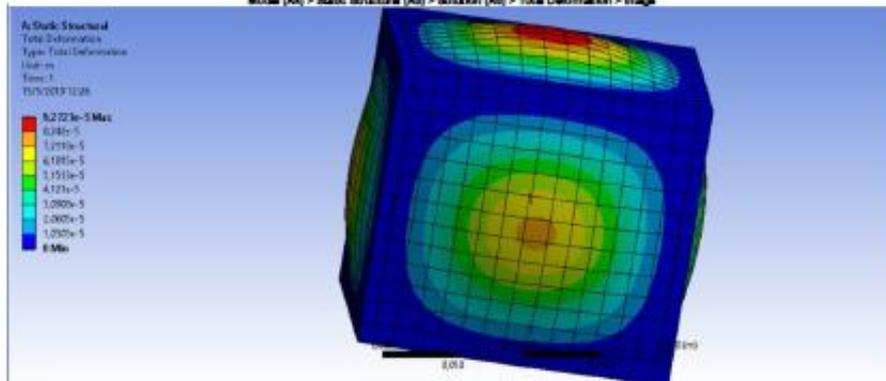


FIGURE 4
Model (A6) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Elastic Strain

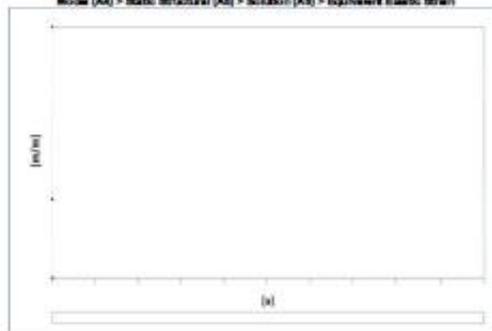


TABLE 17
Model (A6) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Elastic Strain

Time (s)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Average (mm)
1.	1.7491e-008	3.2755e-004	1.7381e-004

FIGURE 5
Model (A6) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Elastic Strain > Image

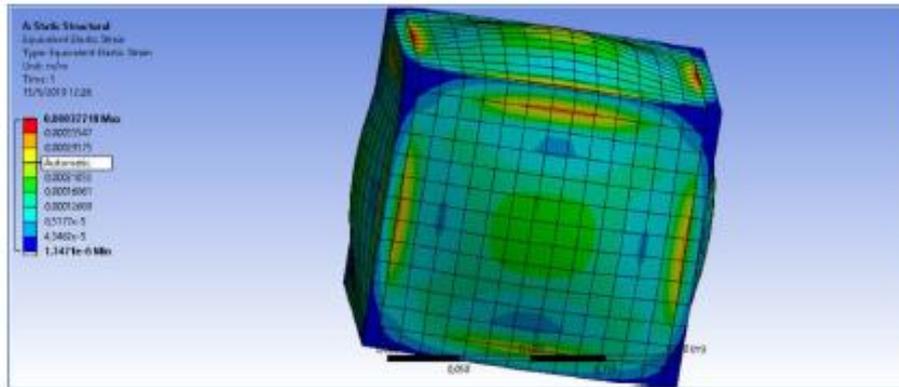


FIGURE 6
Model (A4) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Stress



TABLE 16
Model (A4) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Stress

Time (s)	Minimum (Pa)	Maximum (Pa)	Average (Pa)
1	2.211e+005	7.5436e+007	1.990e+007

FIGURE 7
Model (A4) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Equivalent Stress > Image

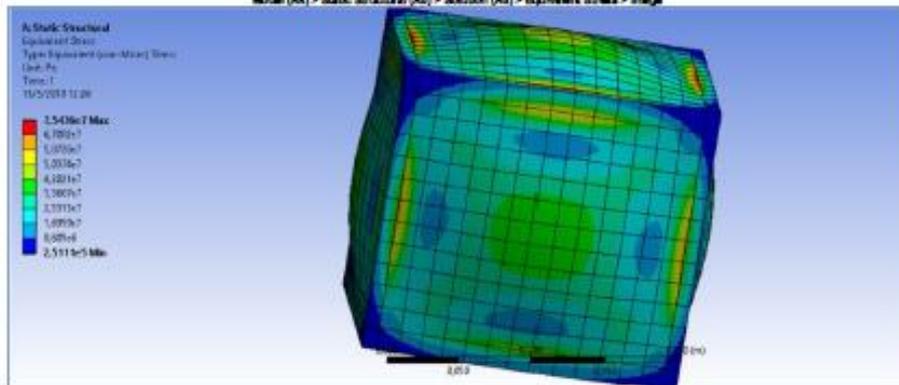
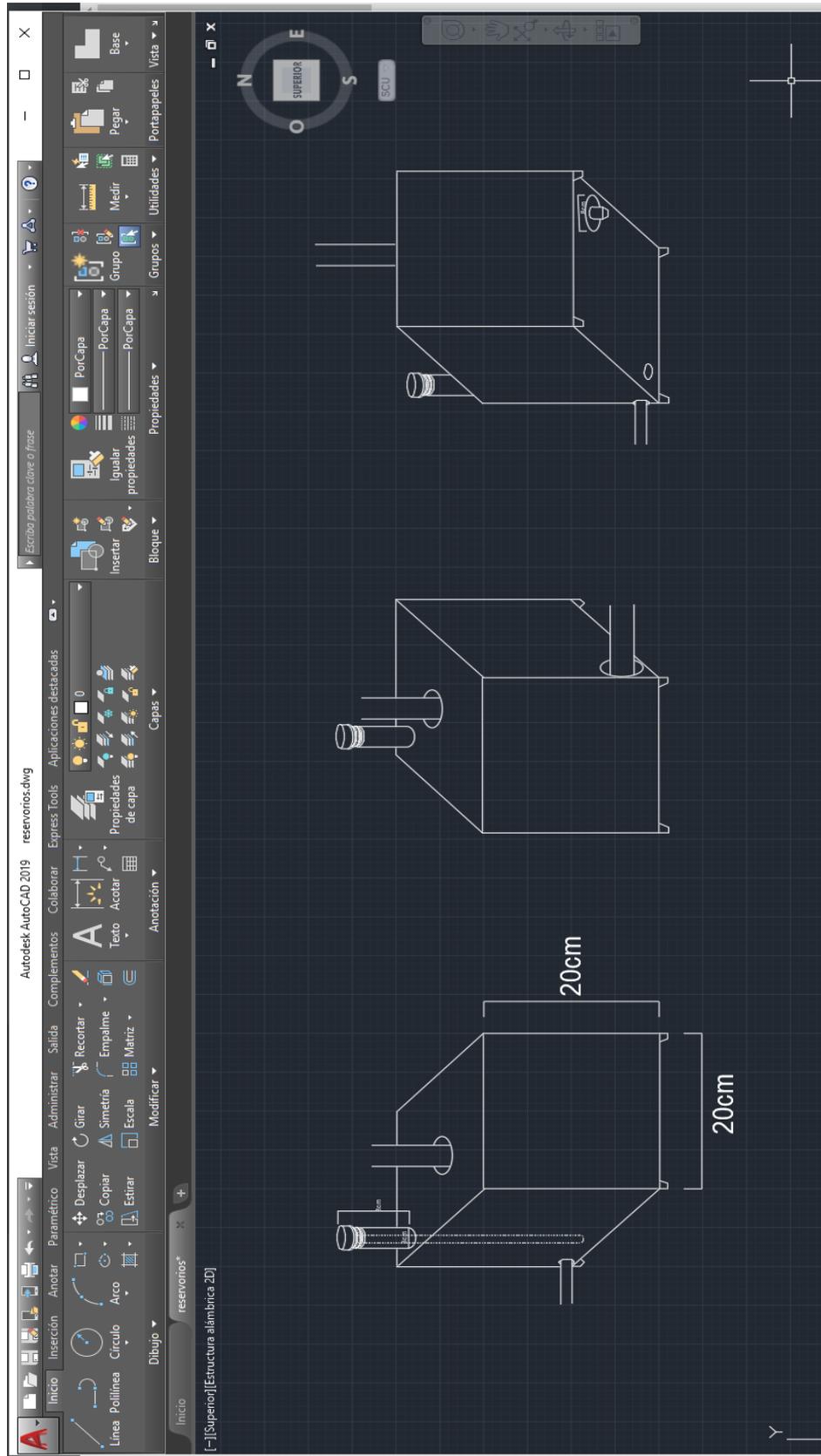


FIGURE 8
Model (A4) > Static Structural (AS) > Solution (AS) > Strain Energy

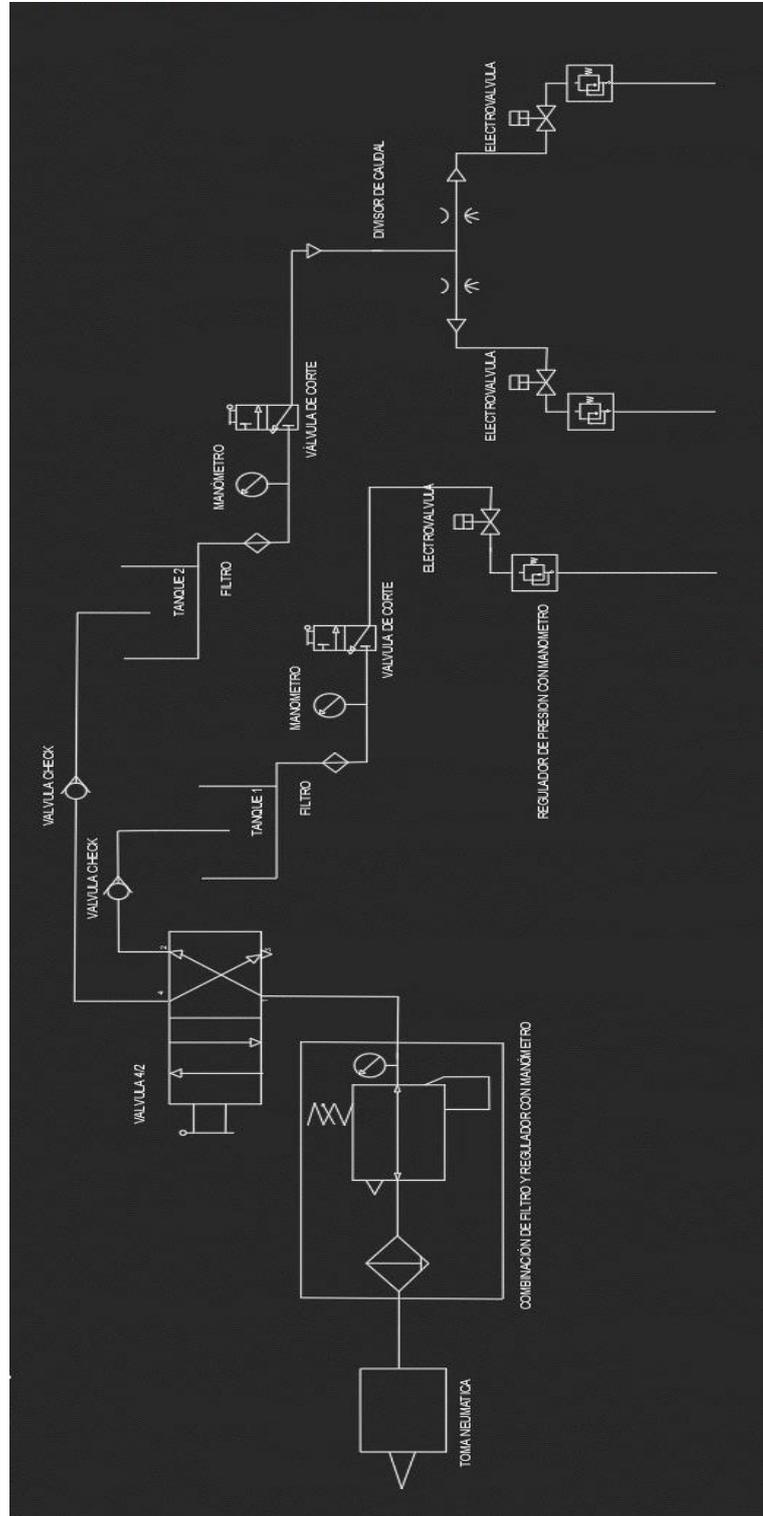
ANEXO E

DISEÑO DE LOS RESERVORIOS EN AUTOCAD.



ANEXO F

DIAGRAMA CETOP DEL SISTEMA FUNCIONAL DEL BANCO DE PRUEBAS.



ANEXO G

NORMAS INEN 439 PARA EL DISEÑO DE SEÑALÉTICAS DE SEGURIDAD.

NTE INEN 439

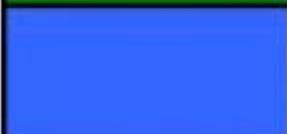
1984-12

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Colores de seguridad

5.1.1 La Tabla 1 establece los tres colores de seguridad, el color auxiliar, sus respectivos significados y da ejemplos del uso correcto de los mismos.

TABLA 1. Colores de seguridad y significado

COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLOS DE USO
	Alto Prohibición	Señal de parada Signos de prohibición Este color se usa también para prevenir fuego y para marcar equipo contra incendio y su localización.
	Atención Cuidado, peligro	Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc.) Advertencia de obstáculos.
	Seguridad	Rutas de escape, salidas de emergencia, estación de primeros auxilios.
	Acción obligada *) Información	Obligación de usar equipos de seguridad personal. Localización de teléfono.
*) El color azul se considera color de seguridad sólo cuando se utiliza en conjunto con un círculo.		

5.2 Colores de contraste

5.2.1 Si se requiere un color de contraste, éste debe ser blanco o negro, según se indica en la Tabla 2.

TABLA 2. Colores de contraste

Color de seguridad	Color de contraste
rojo	blanco
amarillo	negro
verde	blanco
azul	blanco

5.2.2 El color de contraste para negro es blanco y viceversa.

(Continúa)

5.3 Señales de seguridad

5.3.1 La Tabla 3 establece las formas geométricas y sus significados para las señales de seguridad. Aplicaciones ver en el Anexo B.

5.4 Señales auxiliares

5.4.1 Las señales auxiliares deben ser rectangulares. El color de fondo será blanco con texto en color negro. En forma alternativa, se puede usar como color de fondo, el color de seguridad de la señal principal, con texto en color de contraste correspondiente.

5.4.2 Los tamaños de las señales auxiliares deben estar de acuerdo a los tamaños para rótulos rectangulares, cuyas dimensiones se establecen en la Norma INEN 878. Ejemplos de textos se detallan en el anexo C.

5.4.3 Los textos deberán escribirse en idioma español.

5.5 Diseño de los símbolos

5.5.1 El diseño de los símbolos debe ser tan simple como sea posible y deben omitirse detalles no esenciales para la comprensión del mensaje de seguridad. El Anexo D presenta los símbolos normalizados internacionalmente, los cuales deberán aplicarse sin modificación alguna en la señal de seguridad respectiva.

5.6 Distancia de observación

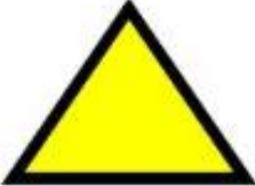
5.6.1 La relación entre la distancia (l) desde la cual la señal puede ser identificada y el área mínima (A) de la señal, está dada por:

$$A = \frac{l^2}{2\,000}$$

La fórmula se aplica a distancias menores a 50 m .

(Continúa)

TABLA 3. Señales de seguridad

Señales y significado	Descripción
	<p>Fondo blanco círculo y barra inclinada rojos. El símbolo de seguridad será negro, colocado en el centro de la señal, pero no debe sobreponerse a la barra inclinada roja. La banda de color blanco periférica es opcional. Se recomienda que el color rojo cubra por lo menos el 35% del área de la señal. Aplicaciones ver en Anexo B.</p>
	<p>Fondo azul. El símbolo de seguridad o el texto serán blancos y colocados en el centro de la señal, la franja blanca periférica es opcional. El color azul debe cubrir por lo menos el 50% del área de la señal. Los símbolos usados en las señales de obligación presentados en el Anexo B establecen tipos generales de protección. En caso de necesidad, debe indicarse el nivel de protección requerido, mediante palabras y números en una señal auxiliar usada conjuntamente con la señal de seguridad.</p>
	<p>Fondo amarillo. Franja triangular negra. El símbolo de seguridad será negro y estará colocado en el centro de la señal, la franja periférica amarilla es opcional. El color amarillo debe cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.</p>
	<p>Fondo verde. Símbolo o texto de seguridad en blanco y colocada en el centro de la señal. La forma de la señal debe ser un cuadrado o rectángulo de tamaño adecuado para alojar el símbolo y/o texto de seguridad. El fondo verde debe cubrir por lo menos un 50% del área de la señal. La franja blanca periférica es opcional.</p>

(Continúa)

ANEXO H

PROCEDIMIENTO DE COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES.

B. Leakage Test of Fuel Manifold Adapters (Ref. Fig. [210](#))

CAUTION: USE EXTREME CARE WHEN HANDLING FUEL NOZZLE ASSEMBLIES SINCE EVEN FINGERPRINTS ON THE ORIFICE MAY PRODUCE POOR SPRAY PATTERN. CLEAN, LINT FREE COTTON GLOVES OR SURGICAL GLOVES SHOULD BE WORN AT ALL TIMES WHEN HANDLING PARTS.

- (1) Loosen screws (8, 6 and 4) of test fixture (2) and remove pivot block (7).
- (2) Insert plugs of pivot block (7) into ports in the nozzle assembly. Make sure the preformed packings are not pinched during nozzle installation.
- (3) With plugs fully inserted into adapter ports, hold parts firmly and tighten pivot screw (8).
- (4) Blank off nozzle orifice:
 - (a) Turn setscrew (4) until it just makes contact with rear of adapter behind nozzle.
 - (b) Turn torque screw (6) until plastic pad (5) seats on nozzle face.
 - (c) Tighten setscrew (4) and screw (6), simultaneously, to make sure that plastic pad (5) closes nozzle orifice without distortion of adapter.
 - (d) Tighten locknut on setscrew (4).
- (5) When inlet manifold adapter and nozzle assembly (9) with attached flow divider (10) are to be tested, do the following additional steps:
 - (a) Blank off elbow on flow divider (10) with caps (11). Tighten caps 40 to 45 lb.in. (Ref. View A).
 - (b) If elbows are not installed, blank off ports in flow divider (10) with plugs (12, PWC30530) (Ref. View B).
- (6) Check for external leaks between nozzle and adapter using one of the following methods:
 - (a) Method A: Connect hose assembly (1) to a supply of clean, dry compressed air or nitrogen and apply 200 psig to test fixture (2). Check for leaks using leak check fluid ([PWC05-007](#)) or by immersing in solvent ([PWC11-02Z](#)) or ([PWC11-031](#)). No leaks are permitted.
 - (b) Method B: Fill the hose assembly (1) with the fuel ([PWC01-001](#)) or calibrating fluid ([PWC03-002](#)). Apply 500 psig of compressed air or nitrogen to the hose assembly (1) to pressurize the fuel. Hold the hose assembly (1) vertical and examine the fuel nozzle for leakage. No leaks are permitted.
- (7) Reduce pressure to fixture (2) to zero, disconnect hose assembly (1), and remove adapter assembly from fixture.

NOTE: If one or more unacceptable nozzle (s) is/are found, it is highly recommended that the hot section be inspected for damage by a direct visual inspection or borescope inspection.

C. Functional Test of Fuel Manifold Adapters with Test Rig (PWC30506) (Ref. Figs. [209](#) and [211](#))

CAUTION: USE EXTREME CARE WHEN HANDLING FUEL NOZZLE ASSEMBLIES SINCE EVEN FINGERPRINTS ON THE ORIFICE MAY PRODUCE POOR SPRAY PATTERN. CLEAN, LINT FREE GLOVES SHOULD BE WORN AT ALL TIMES WHEN HANDLING PARTS.

NOTE: Although cleaning is recommended, nozzles can be reinstalled without cleaning provided that function test is within limits.

ANEXO I

MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS PARA LAVADO DE INYECTORES.

UGT-ESPE	MANUAL DE SEGURIDAD	Código: LMP-EQ-020
	SEGURIDAD PARA LA CORRECTA OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EL LAVADO DE INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER	Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Pérez Stephanie	Fecha: Agosto 2019
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	

1. OBJETIVO:

Documentar los procesos de seguridad, para evitar cualquier tipo de error en el momento de la operación y prevenir fallos en el funcionamiento del Banco de Pruebas para el lavado de inyectores.

2. ALCANCE:

Obtener un correcto funcionamiento del sistema del Banco de Pruebas de lavado de inyectores priorizando su uso adecuado y responsable evitando daños en el equipo y a su operador.

3. PROCEDIMIENTOS:

El operador que lleve a cabo una comprobación de inyectores debe tomar las precauciones correspondientes y respetar las advertencias señaladas en el Banco de Pruebas para Lavado de Inyectores.

4. ADVERTENCIAS

1. El Banco de Pruebas para el lavado de inyectores trabaja con elementos que, si no se operan con responsabilidad, pueden ser altamente peligrosos ocasionando riesgo de fuego Clase B y Clase C, ya que se utiliza combustible y componentes electrónicos, por lo que el uso de extintor de Co2 es obligatorio durante la operación del equipo.
2. En la operación del Banco de Pruebas para el lavado de inyectores tomar en cuenta todos los pasos descritos en el manual de operación para prevenir cualquier tipo de error y evitar algún fallo en el desempeño del equipo.
3. Si se detecta algún fallo en el sistema en la operación del Banco de Pruebas accione el Botón de paro de Emergencia ubicado en la caja de Control.

5. NORMAS DE SEGURIDAD

- Mantener el Banco para el Lavado de inyectores de al día en sus inspecciones indicadas en el Manual de Mantenimiento.
- El operador del Banco de Pruebas debe tener las precauciones debidas para evitar accidentes.



Fig 1 Normativa de Seguridad para el Operador.

- Tener a mano un extintor de Co2 al momento de operar el Banco de Pruebas del Lavado de Inyectores..



Figura 2 Extintor de Co2

Firma de responsabilidad:

ANEXO J

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DE LAVADO DE INYECTORES

UGT-ESPE	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Código: LMP-EQ-020
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EL LAVADO DE INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER	Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Stephanie Pérez	Fecha: Agosto 2019
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	

1. OBJETIVO:

Realiza el mantenimiento del banco de pruebas para lavado de inyectores mediante una serie de tareas para evitar fallas en su funcionamiento.

2. ALCANCE:

Evitar daños, fallas y mal funcionamiento del sistema funcional del banco para lavado de inyectores

3. PROCEDIMIENTOS:

MANTENIMIENTO SEMESTRAL

- Realizar la limpieza de los reservorios de combustible siguiendo los siguientes pasos:
 1. Drene el combustible existente en los reservorios retirando el tapón grande ubicado en la parte inferior del reservorio.
 2. Remueva las cañerías de suministro de presión neumática.
 3. Remueva las cañerías de salida de combustible hacia los filtros.
 4. Con ayuda de un guante introduzca la mano por el orificio del tapón de drenado limpiando las paredes internas.
 5. Coloque la cañería de suministro de presión, coloque el tapón de drenaje de combustible y ajuste. Llene el reservorio con combustible ½ de su capacidad.
 6. Permita que el combustible fluya por la cañería de salida de combustible hacia el filtro. Cuando todo el combustible haya sido expulsado del reservorio conecte la cañería hacia el filtro y ajuste los tapones.
- Verifique el estado del teflón en los tapones de los reservorios, ante mala condición, reemplace.
- Remplace los filtros de combustible
- Revise la condición de los manómetros, de ser necesario mande a calibración

Firma de responsabilidad:

ANEXO K

**MANUAL DE OPERACIÓN PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE
LAVADO DE INYECTORES**



ESPE

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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TEMA: “COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS
MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER
PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTION DE
TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
BANCO DE PRUEBAS”.**



AUTOR: PÉREZ MARTÍNEZ STEPHANIE MISHHELL

DIRECTOR: ING. RODRIGO C. BAUTISTA Z.

LATACUNGA-2019

	MANUAL DE OPERACIÓN	PAG: 1 DE 13
	“COMPROBACIÓN DE LOS INYECTORES DE LOS MOTORES CONTINENTAL O200 Y ROLL ROYCE VIPER PERTECIENTES A LA UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS”.	CÓDIGO: LMP- EQ-020
	ELABORADO POR: PÉREZ STEPHANIE	REVISIÓN: 001
	APROBADO POR: ING. RODRIGO BAUTISTA	FECHA: Agosto 2019

1. OBJETIVO

Proporcionar a los operadores del Banco de Pruebas, una guía para el uso correcto del equipo, a través de un conjunto de pasos ordenados que permitan el funcionamiento y puesta en marcha del sistema funcional para llevar a cabo la comprobación de los inyectores del motor Continental O200 y Roll Royce Viper.

2. ALCANCE

El Presente documento tiene como objetivo proveer la información necesaria al operador para poner en marcha el sistema funcional del Banco de Pruebas para el lavado de inyectores y poder llevar a cabo la comprobación de los inyectores.

3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- Manual de operación (ESPE)
- Banco de Pruebas
- Compresor
- Inyectores
- Combustible (AVGAS – JP-1)
- Llave de Tubo
- EPPs

4. PROCEDIMIENTO

Para poder poner en marcha el sistema funcional del Banco de Pruebas y realizar la comprobación de los inyectores se deben realizar los siguientes pasos:

4.1 CHECK LIST PREVIA A LA PRESURIZACIÓN DEL SISTEMA

1. Coloque el Banco de Pruebas en un ambiente abierto.
2. Drene el filtro de la Unidad de Mantenimiento.
3. Palanca de la Válvula Neumática – Posición Neutra.
4. Reservorios – Abastecidos de Combustible.
5. Válvulas de Bola manual de Corte – Cerradas.
6. Posiciones de los accionamientos de los Actuadores en la caja de control – Neutra.
7. Conexiones de las Cañerías – Instaladas correctamente.
8. Reservorio de residuo de combustible- Vacío.

4.2 ABASTECER LOS RESERVORIOS CON COMBUSTIBLE

1. Remueva el tapón de abastecimiento de combustible del reservorio.
2. Llene el reservorio con combustible ya sea AVGAS o JP-1 hasta la señal de MAX indicado en el barilla medidora, con ayuda de un embudo para evitar derrames.
3. Coloque el tapón en el orificio de abastecimiento y ajuste con ayuda de una llave de tubo.

4.3 PRESURIZAR EL SISTEMA.

1. Conecte el compresor a la toma de corriente, posteriormente conecte la toma neumática del compresor a la toma en la entrada de la unidad de mantenimiento (filtro - regulador).
2. Coloque el Circuit Brake de la caja en control en posición ON

3. Verifique que la presión indicada en el manómetro de la Unidad de Mantenimiento sea de 100psi Max.



Figura 1 Unidad de Mantenimiento

4.4 COMPROBACIÓN DEL INYECTOR MOTOR CONTINENTAL O200

1. Coloque el inyector en el acople N°1 ubicado en la sección de la cabina de observación. Ajusta con una llave.

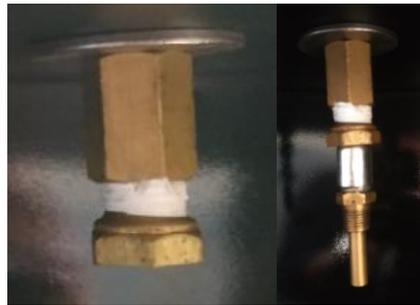


Figura 2 Acople para el inyector del motor Continental O200

2. Coloque la palanca de la válvula neumática en la posición "RESERVORIO N° 1" permitiendo el paso del aire presurizando el Reservorio que contiene el combustible de AVGAS.



Figura 3 Válvula Neumática en posición "RESERVORIO N°1"

3. Verifique que el Manómetro “RESERVORIO N°1” llegue a la Presión de 100psi.



Figura 4 Manómetro Reservorio N°1

4. Observe que el Manómetro “PRESIÓN N°1 AVGAS” llegue a la presión de 12 psi.



Figura 5 Manómetro de Presión N°1 a 12psi

5. Coloque el accionamiento “ACTUADOR 1” en la caja de control en posición “ABIERTO”. Espere la activación del actuador. Cuando el actuador se haya abierto, regrese la posición a neutra.



Figura 6 Accionamiento en posición ABIERTO y NEUTRO

6. Coloque la Válvula de bola manual en posición “ABIERTO”



Figura 7 Válvula de Bola Manual Abierta

7. Observe la pulverización del Inyector verificando su correcto funcionamiento.

NOTA: observe el patrón de pulverización ACEPTABLE Y NO ACEPTABLE de acuerdo al ítem 5.

8. Finalizada la comprobación del inyector coloque el accionamiento “ACTUADOR 1” en posición “CERRADO”. Y regrese a neutro.



Figura 8 Accionamiento en posición CERRADO y NEUTRO

9. Coloque la Válvula de bola manual en posición “CERRADO”



Figura 9 Válvula de Bola manual Cerrada

4.5 COMPROBACIÓN DEL INYECTOR MOTOR ROLL ROYCE VIPER – PRESIÓN MÍNIMA.

1. Coloque el inyector en el acople N°2 ubicado en la sección de la cabina de observación.



Figura 10 Acoples para los Inyectores del motor Roll Royce Viper

2. Coloque la palanca de la válvula neumática en la posición “Reservorio N°2” permitiendo el paso de aire presurizando el Reservorio que contiene el combustible JP-1.



Figura 11 Válvula Neumática en posición "RESERVORIO N°2"

3. Verifique que manómetro “RESERVORIO N°2” llegue a la Presión de 100psi.



Figura 12 Manómetro Reservorio N°2

4. Coloque la Válvula Distribuidora de Bola en Posición 20psi.



Figura 13 Válvula de distribución en posición 20psi

5. Observe que el Manómetro “PRESIÓN N°2 MIN (JP-1)” llegue a la presión de 20 psi.



Figura 14 Manómetro de Presión N°2 Min a 20psi

6. Coloque el accionamiento “ACTUADOR 2” en la caja de control en posición “ABIERTO”. Espere la activación del actuador. Cuando el actuador se haya abierto, regrese la posición a neutra.



Figura 15 Accionamiento en posición ABIERTO y NEUTRO

7. Coloque la Válvula de bola manual en posición “ABIERTO”.



Figura 16 Válvula de Bola Manual Abierta

8. Observe la pulverización del Inyector verificando su correcto funcionamiento.

NOTA: observe el patrón de pulverización ACEPTABLE Y NO ACEPTABLE de acuerdo al ítem 5.

9. Finalizada la comprobación del inyector coloque el accionamiento “ACTUADOR 2” en posición “CERRADO” y regrese a neutro.



Figura 17 Accionamiento en posición CERRADO y NEUTRO

10. Coloque la Válvula de Bola manual en posición “CERRADO”.



Figura 18 Válvula de Bola Manual Cerrada

4.6 COMPROBACIÓN DEL INYECTOR MOTOR ROLL ROYCE VIPER – PRESIÓN MÁXIMA.

1. Coloque la Válvula distribuidora de Bola en posición 50psi.

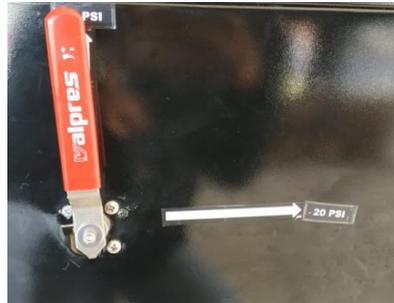


Figura 19 Válvula de distribución en posición 50psi

2. Observe que el Manómetro “PRESIÓN N°3 MAX JP-1” llegue a la presión de 50 psi.



Figura 20 Manómetro de Presión N°3 Max a 50psi

3. Coloque el accionamiento “ACTUADOR 3” en la caja de control en posición “ABIERTO”. Espere la activación del actuador. Cuando el actuador se haya abierto, regrese la posición a neutra.



Figura 21 Accionamiento en posición ABIERTO y NEUTRO

4. Coloque la Válvula de bola manual en posición “ABIERTO”.



Figura 22 Válvula de Bola Manual Abierta

5. Observe la pulverización del Inyector verificando su correcto funcionamiento.

NOTA: observe el patrón de pulverización ACEPTABLE Y NO ACEPTABLE de acuerdo al ítem 5.

6. Finalizada la comprobación del inyector coloque el accionamiento “ACTUADOR 3” en posición “CERRADO” y regrese a neutro.



Figura 23 Accionamiento en posición CERRADO y NEUTRO

7. Coloque la Válvula de Bola manual en posición “CERRADO”



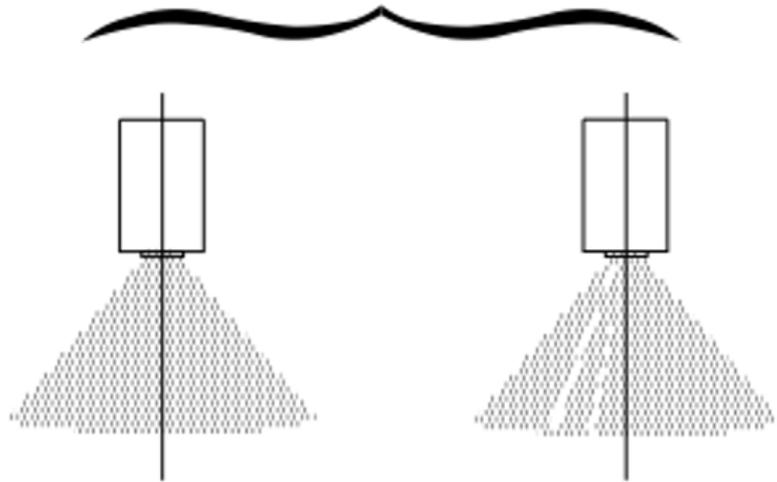
Figura 24 Válvula de Bola Manual Cerrada

4.7 CHECK LIST POSTERIOR A LA PRESURIZACIÓN DEL SISTEMA.

1. Circuit Brake en la caja de control - OFF
2. Remueva la conexión neumática del compresor de la toma de unidad de combustible.
3. Drene el filtro de la Unidad de Mantenimiento.
4. Palanca de la Válvula Neumática – Posición Neutra.
5. Válvulas de Bola manual de Corte – Cerradas.
6. Posiciones de las Válvulas de los Actuadores en la caja de control – Neutra.
7. Reservorio de Residuo de Combustible - Drenado.
8. Cabina de Observación – Limpiar con guaípe.

5. PATRÓN DE PULVERIZACIÓN PARA LOS INYECTORES

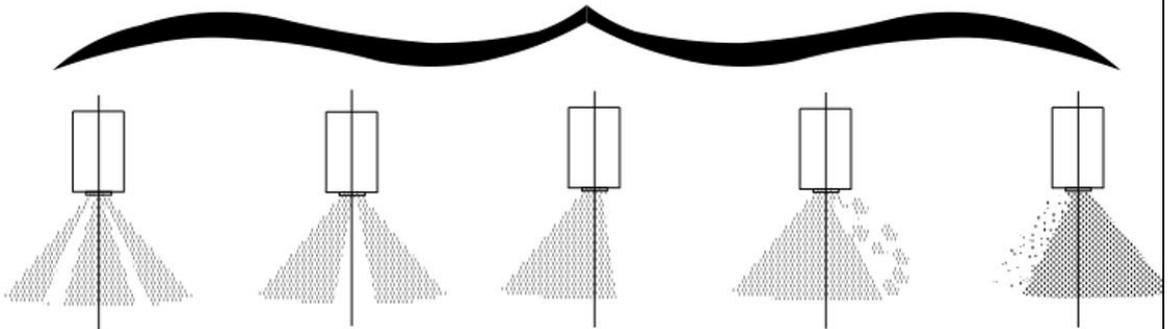
ACEPTABLE



**BUENA CALIDAD DE
PULVERIZACIÓN
UNIFORME**

**RAYAS DE LUZ
(20%) MAX**

NO ACEPTABLE



**UNA O MAS
RAYAS**

**UNO O MÁS
VACIOS**

OBLICUIDAD

GOTEO

SPITTING

RECOMENDACIONES.

- Use los EPPs correspondientes.
- No exceda la presión sugerida para el funcionamiento del banco de pruebas.
- Conecte y desconecte con cuidado las conexiones neumáticas y eléctricas del banco de pruebas

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Stephanie Mishell Pérez Martínez

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 23 de Marzo de 1997

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 172529550-3

TELÉFONOS: 0979031335

CORREO ELECTRÓNICO: stefania151896@yahoo.es

DIRECCIÓN: Quito Coop. Jaime Roldós Aguilera



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta "Manuel Abad"

SECUNDARIA: Colegio Nacional "Andrés Bello"

SUPERIOR: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachillerato en Ciencias

EXPERIENCIA LABORAL O PRÁCTICAS PRE-PROFESIONALES

EMPRESA: Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE (160 H)

EMPRESA: Tame Amazonía – Puyo - Shell (160H)

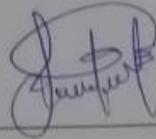
EMPRESA: Tame Amazonía – Puyo – Shell (200)

EMPRESA: Ala de Combate N°23 Manta (200 H)

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

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

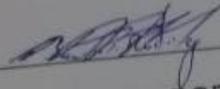
DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA EL AUTOR



STEPHANIE MISHELL PÉREZ MARTÍNEZ

C.C. 172529550-3

DIRECTOR DE CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA



ING. BAUTISTA ZURITA RODRIGO CRISTOBAL

C.C. 172024099-1