

Banco de prueba de inyectores para los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C

BRE. Hernández Rueda Jener Andres¹⁵
DS. Gómez Lugo John Henry¹⁶
DS. Gutiérrez Nieto David Octavio¹⁷

DS. Díaz Gaviria Jhon Harby¹⁸
DS. Casallas Moreno Edwin Alexander¹⁹

ABSTRACT

The test bench of injectors for GARRET TPE331-10R-513C and PT6A-25C, with its design and construction will permit to increase the readiness and operability of the different aircraft. It will be required a small funds. This small budget will permit a great advantage to the Air Force

KEY WORDS

Aircraft – airworthiness – harness, breaker, cantilever

RESUMEN

El banco de prueba de inyectores para los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, con su diseño y construcción, permitirá incrementar el grado de alistamiento y operatividad de las aeronaves con una mínima inversión de capital, que por el contrario, le otorgara un cuantioso beneficio a la institución

PALABRAS CLAVES: Aeronave, Aeronavegabilidad, Aleación, Arnés, Aspersión, Beaker, Cantilever, Combustible, Combustión, Manual, MEDEVAC, Overhaul

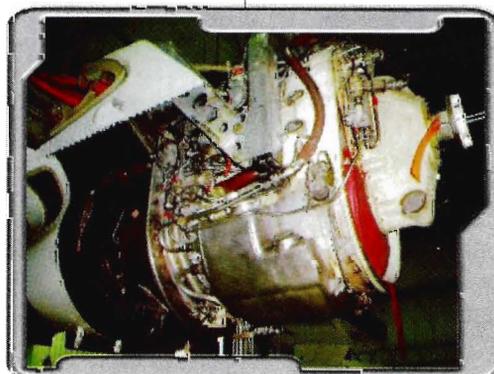
INTRODUCCIÓN

La FUERZA AÉREA COLOMBIANA en su desarrollo, ha incorporado diferentes tipos de aeronaves con el objetivo de suplir las actuales necesidades del país, referentes a mantener el control del espacio aéreo colombiano y a la garantización de la

seguridad y soberanía nacional, mediante la implementación de tecnología de punta que certifique la operatividad de las aeronaves. Por ello, la capacitación y profesionalismo del futuro personal de suboficiales es necesaria para el desarrollo de procesos y procedimientos que cumplan con un alto nivel de confiabilidad y calidad.

La ESCUELA DE SUBOFICIALES “CT. ANDRES MARIA DIAZ DÍAZ” en su misión de formar y capacitar a futuros tecnólogos en el área tecnológica, trata de incorporar e integrar la práctica con la fundamentación teórica en las diferentes aplicaciones utilizadas durante el periodo de formación en materias técnicas, para que con excelencia y eficiencia sean capaces de generar ideas que innoven y tecnifiquen los medios hasta ahora utilizados en los procesos de mantenimiento, como lo es el

banco de prueba de



MOTOR GARRETT TPE331

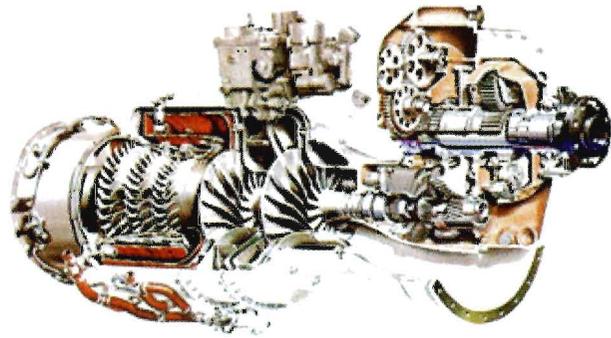
15. Brigadier Curso 80. Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico.
16. Distinguido Curso 80. Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico.
17. Distinguido Curso 80. Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico.
18. Distinguido Curso 80. Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico.
19. Distinguido Curso 80. Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico.

inyectores para los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, el cual con su diseño y construcción, permitirá incrementar el grado de alistamiento y operatividad de las aeronaves con una mínima inversión de capital, que por el contrario, le otorgara un cuantioso beneficio a la institución.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eficiencia de los procesos del taller de motores de aeronaves de ala fija, depende del profesionalismo y capacitación de cada uno de los técnicos y operarios que buscan suplir las necesidades operativas mediante la manipulación y minucioso mantenimiento de cada una de las piezas de los motores a reacción que conforman la planta motriz de las aeronaves de la FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Por ello, para el alistamiento y operación de dichas aeronaves, es necesaria la aplicación de tecnología de punta que permita que dichos procesos sean manejados con un alto nivel de calidad que garantice el cumplimiento de la misión institucional, basada en defender y mantener el control y la soberanía del espacio aéreo colombiano.

Gran variedad de aeronaves de la FUERZA AEREA COLOMBIANA cuentan con el funcionamiento y excelente operación de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, en los cuales es necesario realizar pruebas exhaustivas de componentes, entre los cuales se encuentran los inyectores, siendo piezas clave en el proceso de inyección y combustión de dichas plantas motrices. Actualmente, en el proceso de mantenimiento realizado a los inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, en el taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2) respectivamente, se realiza la inspección de características de aspersión y calidad de flujo de combustible en los inyectores, a través de métodos empíricos en bancos y materiales carentes de tecnología y de una garantía de calidad en el desarrollo del proceso. Por ello, la FUERZA AEREA COLOMBIANA opta por pagar por la realización de este proceso a enti-



dades privadas, ya que actualmente no existe dentro de la fuerza un banco que tenga las características técnicas y tecnológicas que suplan las necesidades del proceso de prueba de los inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C.

Es así, como se ve la necesidad de implementar un proceso técnico mediante la creación de un banco para prueba de inyectores, que permita calcular el ángulo de aspersión y la calidad del flujo de combustible necesario para el correcto funcionamiento de los motores, y de esta manera cumplir con un nivel de mantenimiento con calidad.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, el desarrollo de tecnología de punta demanda la implementación y modernización de los procesos aplicados para el mantenimiento de las aeronaves de la FUERZA AEREA COLOMBIANA, elevando el nivel de calidad, que compruebe con procedimientos adecuados, lo establecido en los manuales técnicos.

Con la construcción e implementación del banco de prueba de inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, se realizara el trabajo de manera más organizada y técnica a manos de los mismos operarios de la fuerza, generando un ahorro de tiempo en el alistamiento de las aeronaves, y de costos innecesariamente invertidos en entidades privadas.

Fabricando el banco de prueba de inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y

PT6A-25C, se ganara un ahorro económico para la fuerza, debido a que contaría con un banco de prueba de inyectores propio, haciendo redundante la inversión en mantenimiento de mano de obra ajena a la institución. Además de esto, la versatilidad de dicho banco, permitiría realizar un debido proceso de inspección a los inyectores de los motores ya relacionados, supliendo dos necesidades con una sola herramienta.

Para nosotros, es de vital importancia aplicar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica, para incentivarlos a desarrollar, nuestras capacidades intelectuales y a la vez el aporte en profundización de contenidos y practica para el futuro desempeño profesional, y de una u otra forma, colaborar para aumentar el nivel investigativo y tecnológico de la ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRES MARIA DIAZ DÍAZ" y así apoyar el cumplimiento de la misión institucional, desde el punto de vista de la operatividad de las aeronaves de la FUERZA AEREA COLOMBIANA.

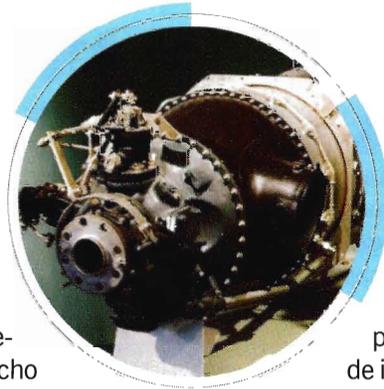
OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Optimizar los procesos técnicos de mantenimiento en el taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2), mediante el diseño y la construcción de un banco versátil para la inspección de inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C,

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar y construir un banco de prueba que permita el mantenimiento favorable de los inyectores.
2. Elaborar los planos estructurales referentes al circuito hidráulico y eléctrico de los componentes del banco de prueba.
3. Realizar un estudio tecnológico que determi-



MOTOR PT6A-25C

ne los materiales y medidas de construcción del banco de prueba.

4. Elaborar los manuales de operación, mantenimiento y de seguridad industrial, correspondientes al banco de prueba de inyectores.

5. Realizar pruebas para establecer el respectivo comportamiento y funcionamiento del banco de prueba.

DISEÑO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada en el presente proyecto es de tipo aplicado, ya que comprueba y afronta el aprendizaje teórico adquirido en la ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRÉS MARIA DÍAZ DÍAZ" y el COMANDO AEREO DE MANTENIMIENTO (CAMAN), con el contexto del problema y la necesidad existente en el taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2) que realiza el mantenimiento y la inspección de los inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, buscando el progreso teórico-practico y la innovación de instrumentos de trabajo mediante el diseño y la fabricación de herramientas que permitan agilizar, optimizar y tecnicificar los procesos de mantenimiento, aumentando el nivel de calidad de dichos procedimientos con seguridad, eficacia y eficiencia.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para emprender la búsqueda del objetivo principal del presente proyecto, fue necesaria la aplicación del método de observación que guiado por el personal de operarios del taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2) y el COMANDO AEREO DEMANTENIMIENTO (CAMAN), permitió la visualización y ejecución de una alternativa que resolviera los inconvenientes presentados en la inspección de los inyectores de las aeronaves CASA C-212 y TUCANO T-27. Posteriormente,

se efectuó la aplicación de los conocimientos teórico-prácticos adquiridos y requeridos en este campo, para hacer uso del método científico que permitiera el diseño y sucesiva fabricación del banco de prueba para inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, sometiéndolo a pruebas de funcionamiento, que afianzaran la aplicabilidad de dicho banco dentro de los procesos de mantenimiento de las aeronaves anteriormente descritas.

SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Recolección de la información. El desarrollo del presente proyecto, hizo que fuera necesario recurrir a diferentes fuentes de información, dentro de las cuales se pueden citar las más importantes y primordiales, como lo fue la ofrecida por los señores jefes de los talleres de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2), COMANDO AEREO DE TRANSPORTE MILITAR (CATAM) y el COMANDO AEREO DE MANTENIMIENTO (CAMAN) respectivamente, así como también la de todo el personal de operarios civiles y militares anexos a estas dependencias, quienes día tras día realizan tareas de mantenimiento a las aeronaves CASA C-212 y TUCANO T-27 enfrentando la problemática en la inspección de los inyectores de las plantas motrices ya mencionadas. Así mismo, se utilizaron fuentes secundarias de información tales como manuales de mantenimiento, manuales de herramientas, catálogos de partes y ordenes técnicas, todos aplicables a los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C.

Análisis de la información. A través de un estudio exploratorio o de campo, utilizando un método de indagación y cuestionamiento como lo es la entrevista, se logró visualizar y al mismo tiempo determinar el problema actual, la viabilidad del proyecto, y su posterior aplicación a los procesos de mantenimiento de los inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C de las aeronaves CASA C-212 y TUCANO T-27 en el taller de motores del

COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2).

Entrevista. Para adquirir una apreciación de la aplicabilidad del banco de prueba de inyectores para motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C en el taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2) y el COMANDO AEREO DE MANTENIMIENTO (CAMAN), la presente entrevista tuvo como único fin, interpretar y conocer el punto de vista del personal de operarios que labora a diario en los talleres de motores, respecto a la necesidad presente en los procesos de mantenimiento de dichas plantas motrices, obteniendo una respuesta satisfactoria y clara a las actuales limitaciones que con la implementación del banco, se cubrirían totalmente, cumpliendo con el objetivo de detallar su funcionalidad y alto nivel de eficiencia.

A continuación se relacionan los diferentes interrogantes y cuestionamientos que se le realizaron al personal de operarios, teniendo en cuenta la problemática a solucionar:

1. *¿Qué inconvenientes presenta la institución, y más específicamente el taller de motores del CACOM 2, al realizar estas pruebas de inspección de inyectores?*
2. *¿Piensa que la implementación del banco de prueba de inyectores aumentara la capacidad de mantenimiento del taller?*
3. *¿Cree usted que con la construcción e implementación del banco de prueba de inyectores se podrá agilizar el alistamiento de las aeronaves y así mismo, los procesos de mantenimiento de las mismas?*
4. *¿La implementación de este banco de prueba de inyectores será un agente contribuidor que buscare el beneficio de la institución?*



CASA C-212

5. *¿Qué opina acerca del diseño del banco de prueba de inyectores?*

6. *¿Cuál es el aporte más significativo del banco de prueba de inyectores al taller de motores y a la institución?*

7. *¿Es necesaria la construcción del banco de prueba de inyectores para su implementación en el taller de motores, y en general, toda la institución?*

Conclusiones de la entrevista. Una vez realizada la entrevista al cuerpo de jefes de taller, operarios y demás personal orgánico perteneciente al COMANDO AÉREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2), COMANDO AÉREO DE MANTENIMIENTO (CAMAN) y COMANDO AÉREO DE TRANSPORTE MILITAR (CATAM), se definen las siguientes conclusiones:

1. El retraso en el proceso de trámite con empresas privadas para realizar la correcta inspección y prueba de los inyectores, es el principal inconveniente que tiene la institución, además del elevado costo que representa para la misma, saldar este procedimiento con dichas entidades.

2. Con la implementación del banco, el taller estará en la capacidad de realizar de forma autónoma la prueba de los inyectores, sin depender de entidades particulares ni factores externos.

3. La ejecución del proceso de inspección de inyectores con el banco de prueba, aumentara la capacidad y calidad de mantenimiento del taller de motores, permitiendo agilidad y eficiencia en el alistamiento de las aeronaves.

4. La inversión económica dirigida hacia el diseño y construcción del banco de prueba de inyec-

tores será considerable, sin embargo, contribuirá a que dicha inspección se realice de forma independiente dentro de la institución, y así mismo, sea innecesaria la adquisición de mano de obra privada.

5. El diseño del banco de prueba, se ajusta a las normas de seguridad industrial y minimización de factores de riesgo que pueda tener el operario al realizar los procedimientos, dando mayor comodidad, ergonomía, facilidad de desplazamiento y operación.

6. El aporte más significativo hacia la institución y específicamente el dirigido al taller de motores, es la solución al problema de agilización en el proceso de alistamiento de las aeronaves referente a la aplicación de un mantenimiento reducido en costos y con un alto nivel de calidad.

7. La construcción del banco de prueba de inyectores es de vital importancia, ya que aumenta la capacidad de mantenimiento del taller, implementando este proceso de mantenimiento aeronáutico al interior de la institución para disminuir de forma notoria el alto nivel de costos a los que esta sometida la misma.

ESTUDIO TECNOLÓGICO

Tras la necesidad de cumplir los procesos de prueba del ángulo de aspersión de combustible y flujo de combustible inyectado por el arnés de inyectores de los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, se tomo la decisión de instalar en el banco un sistema hidráulico básico consistente en una bomba hidráulica, un tanque o deposito, un filtro, un manómetro, una llave de paso y líneas de flujo, que permitiera impulsar el fluido escogido para realizar las pruebas (en este caso alcohol isopropílico debido a sus cualidades de limpieza, volatilidad, densidad y gran disponibilidad, utilizadas para simular combustible JP-4 dentro del sistema, ya que este es el utilizado normalmente por la FAC para dichos motores), a una presión contenida en un rango de 80-100 PSI, habilitando un funcionamiento basado en presio-



TUCANO T-27

nes hidráulicas llevadas a través de líneas de alta presión al manómetro y a los inyectores sometidos a la prueba, dando cumplimiento a las exigencias de los respectivos manuales de mantenimiento en materia de inspección de inyectores.

Debido a lo anterior, se diseñó un visualizador transparente en forma de cubo construido en vidrio destinado a realizar la prueba del ángulo de aspersión de combustible de los inyectores, el cual permite visualizar perfectamente la inspección para posteriormente determinar el estado del inyector debido al posible hallazgo de taponamientos en la cabeza del mismo, y evaluar detenidamente la calidad de dicho ángulo en materia de pulverización y esparcimiento del fluido al interior del compresor.

Por lo contrario, para el proceso de prueba del flujo de combustible inyectado por el arnés de cada uno de los motores en mención, se implementó un conjunto de cinco vasos de precipitado con una capacidad volumétrica de 800 mL cada uno, suficientes para realizar la prueba de una manera confiable y eficaz al momento de observar de manera comparativa entre los cinco visualizadores, la cantidad de fluido inyectado por unidad de volumen en un determinado tiempo.

Por otra parte, solucionando una necesidad ergonómica en materia de transporte del banco, se implementaron cuatro ruedas de poliuretano de 3 pulgadas cada una, ubicadas en las esquinas de la parte inferior de la estructura externa del banco, con el propósito de garantizar un amplio, rápido y útil índice de maniobrabilidad del mismo en cualquier momento. Sin embargo, debido a que el banco debe encontrarse en una posición estática y estable al momento de su operación, se determinó que dos de las ruedas en mención, más exactamente las dos ubicadas en la parte inferior trasera, tuvieran acoplado un freno cada una, con el propósito que al ser accionado permita que la estructura del banco en su totalidad permanezca inmóvil cuando esta sien-

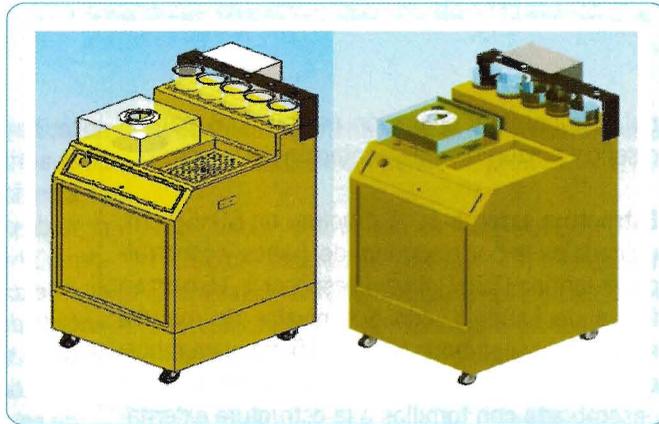


Figura 22. Diseño final del banco de prueba de inyectores.

do operado. Lo anterior con el objetivo de evitar accidentes y contratiempos reflejados tanto en el recurso humano como en la máquina.

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES PARA MOTORES GARRETT TPE331-10R-513C Y PT6A-25C.

Estructura externa. Debido a los anteriores requerimientos a los cuales debe corresponder el banco, se entiende que es necesaria la implementación de un sistema hidráulico que permita simular la presión de combustible requerida por los inyectores dentro del motor, y así mismo, permitir su control y manejo según los criterios y exigencias necesarias para lograr los resultados esperados del procedimiento de prueba. Por ello, se hizo necesaria la construcción de la estructura externa del banco en lamina Cold Rolled, un material derivado del acero con índice de maleabilidad escaso que presenta resistencia a fuerzas de vibración ocasionadas por el funcionamiento de dicho sistema hidráulico, y al peso de los materiales e instrumentos que debe soportar. Además, en este tipo de lámina es mínima la posibilidad de contraer corrosión u oxidación que, ya sea por las condiciones sanitarias del taller de trabajo, la intensidad en los procesos de inspección o por factores ambientales, llegan a alterar su apariencia y ocasionar destrucción o deformación del mismo.

Dicha estructura externa se divide principalmente en tres partes, con el propósito de cumplir las exigencias en materia de resistencia del mate-

rial, ergonomía y operación establecidas para el diseño y póstuma implementación del banco:

Estructura externa-1. Estructura de 60x60 cm, ubicada en la parte superior del banco y construida en lamina Cold Rolled de espesor 1,15 mm en forma de bandeja, con dos niveles de manera escalonada separados entre si 15 cm, y un reborde perimetral de 2 cm, a través del cual es ensamblada con tornillos a la estructura externa-2 para permitir su fácil remoción o ajuste en un momento determinado (según exigencias de mantenimiento y revisión necesarias para el banco). Consta de las siguientes secciones:

• **Sección A.** Esta sección esta comprendida por el segundo nivel de la bandeja a una altura de 15 cm con respecto al primero, en el cual hay cinco orificios con un diámetro de 10 cm cada uno que tienen como función servir de abrazadera y soporte a los vasos de precipitado que van insertados allí para ser utilizados en la realización de la prueba de flujo de combustible.

• **Sección B.** Esta sección esta ubicada en el costado izquierdo del primer nivel de la bandeja, en la cual existe un orificio de 20 cm de diámetro que tiene como propósito dejar pasar la luz de la lámpara que se encuentra debajo del visualizador en forma de cubo, para que en el momento de realizar el proceso de prueba del ángulo de aspersión del inyector, dicho ángulo se pueda observar clara y detalladamente. Además de ello, hay otro agujero el cual sirve de sifón al visualizador y permite realizar el proceso de retorno del alcohol isopropilico utilizado en la prueba hacia el depósito hidráulico. Este tiene un diámetro de 5 cm y esta localizado en la parte superior izquierda del orificio descrito anteriormente. Por otra par-

te, hay una serie de agujeros ubicados en forma cuadrilátera, los cuales permiten el paso de unos tornillos para la sujeción del visualizador o cámara de pruebas ubicada sobre la bandeja.

• **Sección C.** Esta sección esta ubicada en el costado derecho del primer nivel de la bandeja. Consta de un cajón de 34x24x8 cm destinado como área de lavado de los inyectores antes y después de ser realizada la prueba. También esta provisto de un sifón de 5 cm de diámetro que realiza el retorno, desde allí hasta el depósito hidráulico, del fluido utilizado y vertido en esa zona para evitar que cause incomodidad y desperdicios en el área de trabajo.

• **Sección D.** La totalidad de esta sección esta conformada por un rejilla de 34x24x2 cm que, debido a su ubicación al interior del área de lavado o sección C, tiene un patrón de 200 orificios que en su mayoría son de un diámetro comprendido entre un rango de 5-7 mm que dan forma a una malla que cumple la función de filtro dentro de dicha zona, y no permite el paso de impurezas ni elementos ajenos al sistema hidráulico a través del sifón.

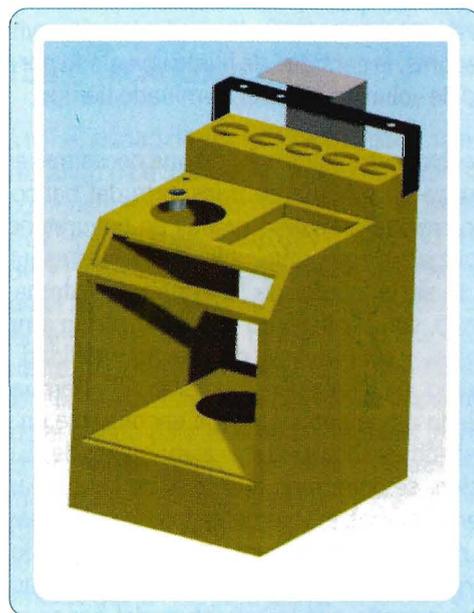


Figura 23. Estructura externa. Explosión.

Estructura externa-2. Estructura construida en lamina Cold Rolled de espesor 0,85 mm de 70x60x105 cm a la cual va ensamblada la estructura externa-1 y -3, por lo cual es hueca tanto en la parte inferior como en la parte superior. Sin embargo, a la altura de 90 cm pierde la uniformidad ya que presenta una sección sobresaliente en la parte superior trasera a imitación de un escalón de 20x60x15 cm en el cual descansa la estructura externa-1. Al interior de dicho escalón, a 3 cm de la superficie, existen dos rieles fijos desde la pared de la estructura a lo largo de ella 60 cm hasta el otro lado, los cuales tienen como objetivo servir de soporte a los vasos de precipitado que van introducidos en el segundo nivel de la estructura externa-1.

La estructura externa-2, posee una puerta de inspección ubicada en la parte trasera, que al ser accionada con una cerradura a través de una llave, permite al operario revisar y verificar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico para efectos de remoción, cambio y mantenimiento de componentes del mismo.

Además de ello, esta conformada por dos tapas de inspección. La primera, esta ubicada en la inclinación superior frontal que presenta el banco, mide 54x14 cm y en ella van ensamblados los instrumentos de medición y control de presión del sistema hidráulico, tales como lo son el manómetro y la válvula reguladora. La segunda tapa, esta localizada en la parte frontal del banco debajo de la primera, mide 54x67 cm y cumple únicamente funciones de inspección y verificación del sistema.

Estructura externa-3. Estructura construida en lamina Cold Rolled de espesor 1,15 mm, con forma cúbica de 70x60x25 cm, la cual va ensamblada en la parte inferior de la estructura externa-2. Este armazón carece de cara inferior debido a que en su interior se encuentra alojado el depósito o tanque hidráulico. Sin embargo, posee rieles en dos lados de su estructura para permitir la ubicación de cuatro ruedas de 3 pulgadas una en cada uno de sus extremos, de tal manera que exista una rueda en cada esquina de

la estructura para habilitar el movimiento y capacidad de traslado del banco de prueba.

Tras haber culminado la construcción de la estructura externa en su totalidad, es necesaria la aplicación de una base sellante a todas las piezas elaboradas en lamina Cold Rolled, con el objetivo de facilitar el proceso de pintado del banco y para que con el transcurso del tiempo, dicha pintura no se vaya a "descascarar" y se pierda la armonía del banco. La pintura utilizada para este proceso, es pintura a base de esmalte, ya que debido a sus propiedades adherentes, es de fácil aplicación en superficies metálicas; por otro lado, su tono amarillo se debe al significado de prevención que tiene este color en la industria, ya que el presente banco de prueba de inyectores es una maquina que trabaja con fluidos volátiles e inflamables, por lo cual es necesario guardar cierto grado de precaución al efectuar procesos de operación y traslado, teniendo en cuenta las normas y medidas existentes para la realización de procedimientos en un taller.

Cámara de pruebas. Debido a la necesidad de realizar uno de los procesos mas importantes como lo es la inspección del ángulo de aspersión de combustible producido por los inyectores, se opto por la construcción de un visualizador de forma cúbica, el cual estaría compuesto por seis caras en vidrio de espesor 5 mm para que fuese resistente a la intensidad de los trabajos realizados sobres si con los discos de acero. Este visualizador, permite que el desarrollo del proceso de inspección de los inyectores se pueda observar detenidamente para así constatar y determinar irregularidades explícitas a simple vista.

Dicha cámara de pruebas, posee ocho orificios de 8 mm de diámetro cada uno, ubicados en la cara inferior con el propósito de permitir el paso de ocho pernos que fijen el visualizador de cristal a la estructura externa-1. Así mismo, esta cara inferior tiene en su esquina superior izquierda, un orificio de 5 cm de diámetro que permite el retorno del fluido contenido en el interior de la caja de vidrio, hacia el reservorio. La cara superior posee cuatro agujeros de 8 mm de

diámetro que cumplen el mismo propósito de los orificios de igual diámetro que tiene la cara inferior, sin embargo, estos son para habilitar el ajuste del disco inferior sobre la caja de vidrio. Además de ello, la cara superior esta provista en el centro, de un orificio de 9 cm de diámetro que permite la realización del proceso de inspección de los inyectores mencionados.

Discos de acero. Con el propósito de diseñar una pieza lo suficientemente fuerte y segura que sostenga con firmeza el inyector sometido a la inspección de ángulo de aspersión de combustible en el interior de la cámara de pruebas, se planteo un bosquejo que cumpliera con dichas características, para así dar cumplimiento a la materialización de los siguientes discos:

Disco inferior. Pieza construida en acero 1045 de espesor 3 mm. Posee un diámetro exterior de 14 cm y uno interior de 8 cm. Además de ofrecer rigidez, su estructura permite ser ensamblada en la cara superior de la cámara de pruebas a través de cuatro agujeros de 5 mm de diámetro ubicados entre si con intervalos de 90° a una distancia entre centros de 6 cm con relación al eje del disco.

Igualmente tiene cuatro orificios mas, los cuales conservan el mismo diámetro y, que ubicados entre si con intervalos de 90° a una distancia entre centros de 50 cm con relación al eje del disco, permiten el respectivo encaje de cuatro pernos que cumplen la función de asegurar y al mismo tiempo dejar en flote el disco superior-1 o -2 según sea el caso, para así habilitar libremente su giro.

Disco superior-1. Pieza construida en acero 1045 de espesor 3 mm. Posee un diámetro exterior de 10 cm y uno interior de 8 cm, aunque este ultimo es parcial, ya que tiene una cuerda de 6,5 cm sobre la cual tiene dos laminas de 11x35 mm ubicadas perpendicularmente y separadas entre si a 34 mm, las cuales tienen dos orificios de 5 mm de diámetro cada uno. Dicha pieza es un disco flotante que permite el ensamble de un inyector del motor PT6A-25C para ser sometido

a la prueba de inspección del ángulo de aspersión de combustible.



Disco superior-2. Pieza construida en acero 1045 de espesor 3 mm. Además de tener un diámetro exterior de 10 cm y uno interior de 2,5 cm, posee dos orificios de 5 mm de diámetro cada uno los cuales están ubicados en un intervalo de 180° a una distancia entre centros de 17,5 mm con respecto al eje del disco. Dicha pieza es un disco flotante que permite el ensamble de un inyector del motor GARRETT TPE331-10R-513C para ser sometido a la prueba de inspección del ángulo de aspersión de combustible.

Lampara. Con el objetivo de garantizar que el desarrollo del proceso de inspección del ángulo de aspersión de combustible de los inyectores fuera lo menos dudoso posible, y que al contrario ofreciera al operario la capacidad de evaluar a simple vista las condiciones del fluido, se implemento en el interior del banco de prueba de inyectores una lámpara eléctrica de 110V la cual cumple la función de irradiar y dirigir luz hacia la cámara de pruebas, cumpliendo con el propósito de hacer lo mas visible posible el ángulo de aspersión del inyector que se este inspeccionando.

• **Sistema hidráulico.** El sistema hidráulico del presente banco de prueba de inyectores para motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C se diseño en base a los requerimientos de los manuales de mantenimiento de las aeronaves CASA C-212 y TUCANO T-27, los cuales especifican las características que



deben tenerse en cuenta en el proceso de prueba de los inyectores para así obtener resultados veraces y rigurosos. Dicho sistema hidráulico está compuesto principalmente por una bomba electro-hidráulica de 0,5 HP con una capacidad de 200 PSI, capaz de suplir las necesidades de cumplimiento del banco el cual necesita presión entre un rango de 60-80 PSI para la correcta inspección de los inyectores. Además de la bomba, forma un circuito hidráulico cerrado en el cual se relacionan los elementos básicos de un sistema hidráulico convencional, como lo son en su respectivo orden de conexión al interior del banco:

- **Válvula de pie.** Permite a la bomba electro-hidráulica la absorción de alcohol isopropílico desde el reservorio, para así cargar el sistema. Sin embargo, su propósito principal es mantener cargado dicho sistema aun cuando la bomba no se encuentre en funcionamiento. Esto lo realiza a través de un seguro de paso que tiene implantado en su interior y con el objetivo de que la bomba no se vaya a sobrecargar o a quemar en su defecto, debido a la equivocada absorción de aire en vez de fluido, en este caso alcohol isopropílico.

- **Llave de bola.** Cumple la función de graduar el paso de alcohol isopropílico proveniente directamente de la bomba electro-hidráulica.

- **Manómetro.** Su objetivo es ofrecer al operario una lectura veraz de la presión a la cual se está sometiendo el sistema, la cual depende directamente de la llave de bola descrita anteriormente.

- **Líneas o mangueras.** Interconectan entre sí los diferentes instrumentos y/o elementos que componen el sistema hidráulico para

garantizar dentro de sí, el movimiento del fluido sometido a presión, para pueda ofrecer y cumplir las características exigidas.

CONCLUSIONES

El taller de motores del COMANDO AEREO DE COMBATE N° 2 (CACOM 2), será dotado con el banco de prueba de inyectores para motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C, el cual ha sido diseñado y elaborado mediante estudios técnicos, con materiales y componentes de la más alta calidad, bajo la supervisión de asesores y especialistas en construcción de bancos especiales. Por ello, el banco de prueba de inyectores, como resultado del trabajo realizado durante varios meses de investigación y construcción, reflejara su importancia y calidad de implementación, en el desarrollo de los procedimientos de overhull y los procesos de mantenimiento de las aeronaves CASA C-212 y TUCANO T-27.

El banco de prueba de inyectores para los motores GARRETT TPE331-10R-513C y PT6A-25C cumplirá rigurosamente el propósito para el cual fue diseñado, de una manera eficiente que ofrecerá un alto margen de seguridad al operario, para así dar cumplimiento al proceso de mantenimiento de dichos componentes de una manera confiable. Además de esto, le reducirá considerablemente los costos a la institución, teniendo en cuenta el ahorro, en términos de tiempo, que se obtendrá con la implementación de dicho banco para realizar la inspección y prueba de los inyectores, cumpliendo directamente con la necesidad de disminuir el periodo que la aeronave debe cumplir en el hangar para



desempeñar el debido mantenimiento de la misma; y aumentando la capacidad operativa de la aeronave, para que influya formidablemente en el desarrollo y cumplimiento de la misión institucional.

Finalmente, se puede deducir que el proceso de inspección de inyectores a través de la implementación de dicho banco de prueba, cumple con los objetivos anteriormente propuestos en el planteamiento del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- AERONAUTICA CIVIL. Reglamentos aeronáuticos de Colombia. Parte IV.
- COMANDO FUERZA AEREA COLOMBIANA. Directiva permanente N° 69. 2005.
- CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 30 de 1992. Organización del servicio publico de la educación superior. 11 p.----- . Ley 115 de 1994. Ley general de educación. 1 p.
- CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991. 1, 11, 12, 13 p.
- ESCUELA DE SUBOFICIALES "CT. ANDRES MARIA DIAZ DÍAZ". Reglamento académico. Tercera edición 2005. Madrid, Cundinamarca.
- FUERZA AEREA COLOMBIANA. Manual Mantenimiento FAC. MM-1-01. 3, 4, 5 p.
----- . Manual de Seguridad Industrial FAC 3-13 publico. Segunda edición. Primera parte. Capitulo I- Sección A. 1 p.----- . Manual de Seguridad Industrial FAC 3-13 publico. Segunda edición. Primera parte. Capitulo III-Sección C. 17, 21, 36, 37, 38, 42 p.
----- . Segunda parte. Capitulo II-Sección B. 128, 129 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogota D.C., ICONTEC NTC 1486.
- MICROSOFT CORPORATION 1993-2004. Biblioteca de consulta Microsoft Encarta 2005.
- MICROSOFT INTERNET EXPLORER.
www.fac.mil.co
www.saorbats.com.ar. Artículos. Transportes Colombia.
es.wikipedia.org. CASA C-212.
www.cacom2.mil.co
www.sc.ehu.es
www.telcom.es. CASA.
www.satena.com
www.uamerica.edu.co
www.infoacero.cl
www.ferrasa.com
www.filtercouncil.org
fluidos.eia.edu.co/hidraulica
PRATT & WHITNEY CANADA. Maintenance Manual PT6A-25C.
REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición.