

# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LAS BOQUILLAS DE INYECCION DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES PW 100 y PT6**

Arnold Escobar\*

N. Villanueva, E. Pérez\*\*

TE. Hernández\*\*\*

## **RESUMEN:**

Debido a los altos costos en las infraestructuras requeridas en la industria aeronáutica, se ha procurado reducir los costos y aumentar su productividad, desarrollando así programas de mejoramiento continuo, tales como investigación, con el fin de lograr soluciones mas eficientes a dichas problemáticas. El proyecto en este artículo describe el diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores, que pretende mejorar la rentabilidad al realizar el mantenimiento de las boquillas de inyección de combustible al interior de las propias organizaciones de mantenimiento, o por lo menos dentro del país, en lugar de enviarlas a talleres de mantenimiento en el exterior, los cuales prestan sus servicios a elevados costos y demorada entrega. Si los resultados son favorables, se podría iniciar una nueva época de la Industria Aeronáutica de un mayor desarrollo tecnológico y, como consecuencia, una mejor rentabilidad económica en el proceso de mantenimiento.

Palabras clave: banco de pruebas, inyectores de combustible, mantenimiento, costos.

## **ABSTRACT:**

*Due to the high cost of its infrastructure, the aeronautical industry is looking for ways to reduce costs and increase productivity through research programs. This article describes the process of creating a test machine to allow companies to do their own fuel injector maintenance, or at least have access to this process in their own country, instead of sending the injectors to shops in other countries, which results in higher costs and takes longer. If the results are positive, the aeronautical industry will have lower costs and generate technological development.*

## **INTRODUCCION**

La constante evolución en las políticas comerciales aeronáuticas obliga a las compañías a desarrollar estrategias que les permita ser competitivas para poder sobrevivir

\*Instituto Militar Aeronáutico (FAC), Universidad de San Buenaventura, Bogotá

\*\*Grupo de Investigación GIMOC- U. de San Buenaventura, Categoría B COLCIENCIAS

\*\*\*Grupo Técnico del Comando Aéreo de Mantenimiento CAMAN

en las operaciones aéreas. La industria aeronáutica Colombiana no es ajena a estas políticas, y por tal motivo los departamentos de mantenimiento se ven en la necesidad de darle prioridad a las investigaciones y desarrollos que tengan como finalidad el mejoramiento de las dependencias a través de investigaciones y proyectos enfocados en Ingeniería Aeronáutica.

En la actualidad la industria aeronáutica colombiana, tanto militar como comercial, no cuenta con un banco de pruebas para boquillas de inyección de combustible. Esta tarea tiene que ser realizada en el exterior, debido a que en Colombia los talleres de mantenimiento no poseen los equipos necesarios para este propósito. Además de ser realmente altos los costos de dichos servicios, también hay muchas demoras en el envío de los elementos inspeccionados, produciendo ciertos retrasos para las compañías aeronáuticas.

Las boquillas de combustible necesitan servicios de mantenimiento constantemente, aproximadamente cada 1500 horas según recomienda el manual de mantenimiento del motor PW 100, y PT6. Este motor opera en flotas como ATR 42, ATR 72, DASH 8, Focker 50/60, ATP, J61, CL215T/CL415, y CASA, entre otros, aviones muy usuales en las aerolíneas colombianas. Pero el servicio de mantenimiento de las boquillas de combustible de los motores se realiza solo en talleres de mantenimiento certificados, como por ejemplo Niacc Technology Inc, ubicada en Fresno, California, que es la compañía donde Avianca envía sus boquillas. La inspección para el mantenimiento consta de una inspección visual del flujo de combustible a través de los inyectores y una inspección de las posibles fugas de la canti-

dad de spray de la inyección y de la uniformidad cónica de aspersion de las boquillas de inyección. Los anteriores parámetros, que se encuentran en el Component Maintenance Manual (CMM)<sup>13</sup> de cada aeronave, deben cumplir con lo estipulado por el fabricante para su correcto funcionamiento.

Con el fin de desarrollar nueva tecnología nacional y mejorar la rentabilidad económica de la industria aeronáutica colombiana, se buscó diseñar y construir un banco de pruebas para inyectores, que pretende ofrecer la opción de poder realizar el mantenimiento de las boquillas de inyección de combustible en las propias organizaciones de mantenimiento, o por lo menos dentro del país en lugar de enviarlas a talleres de mantenimiento en el exterior. Los beneficios del proyecto son:

- Reducción en los costos de mantenimiento y operación de las compañías.
- Aumento en el tiempo útil de operación de las aeronaves.
- Amplitud de los servicios prestados a terceros gracias al banco.
- Aumento del número de ciclos de cada over-haul.

## **METODOLOGÍA**

Primero, para el diseño detallado del banco de pruebas para boquillas de combustible, se plantearon tres alternativas, buscando principalmente la óptima y precisa prueba e inspección para las boquillas de combustible, además de ergonomía y buen desempeño en la operación y bajos costos en el

<sup>13</sup> Pratt and Whitney Canada, Manual de mantenimiento de componentes de las series del motor PW100.AAS, PT6

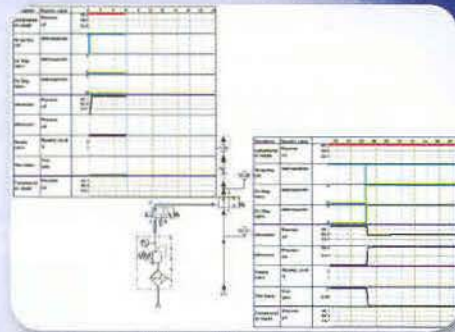
mantenimiento y capacitación para la operación del banco. Después de analizar las tres opciones, se escogió la alternativa más viable.

$$\frac{d\mu}{d\varepsilon} = - \frac{\frac{1}{2\sqrt{\frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{A^2}{1-\varepsilon}}} \left\{ -\frac{2\varepsilon}{\varepsilon^4} + \frac{A^2}{(1-\varepsilon)^2} \right\}}{\frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{A^2}{1-\varepsilon}} = 0$$

*Ecuación para inyectores. A partir de esta ecuación se calculan las dimensiones ideales del inyector.*

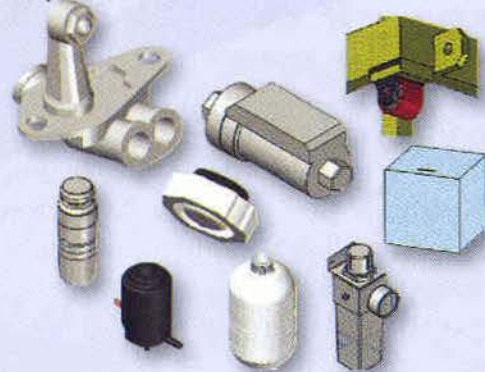
Una vez seleccionado el diseño, se realizó un modelo matemático básico para este tipo de inyector para poder entender sus parámetros físicos. El fenómeno consiste en que al aumentar A se incrementa la rotación del flujo a la salida del inyector, creciendo cada vez más la velocidad de rotación utorb en comparación con la velocidad de entrada v1 y, por consiguiente, la intensidad del remolino en el inyector. Por eso crece el diámetro del remolino, disminuyendo el área de la sección del flujo; además, una parte cada vez mayor de la energía disponible H se utiliza en generar la velocidad de rotación del combustible líquido. Cumpliendo con estos parámetros se puede validar el banco de inyectores bajo el modelo matemático anteriormente mostrado. Las ecuaciones expresadas, así como sus variables, definen simplemente el comportamiento del inyector respecto a su viscosidad, gasto de combustible y el número Reynolds.

Una vez definidos los parámetros físicos del inyector, se realizó un análisis detallado de los componentes requeridos para conformar el banco de pruebas, como por ejemplo, componentes hidráulicos, neumáticos, etc. Posteriormente se realizó el circuito hidroneumático y especialmente el sistema de flujo de combustible por medio del software Fluidsim, con el fin de comprobar los parámetros de operación, simulando el funcionamiento de los componentes seleccionados y el comportamiento del fluido (combustible).



*Simulación, análisis combustible a través del sistema*

Finalmente, se elaboró el plano en detalle de cada componente con el fin de identificarlo y dejarlo instaurado, para que el operador en el momento de realizar el mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, tenga información más exacta y así pueda llegar a estipular causas o posibles deterioros de componentes u otras posibles fallas que se presenten.



*Componentes Banco de pruebas para boquillas de inyección de Combustible.aeronáutico*

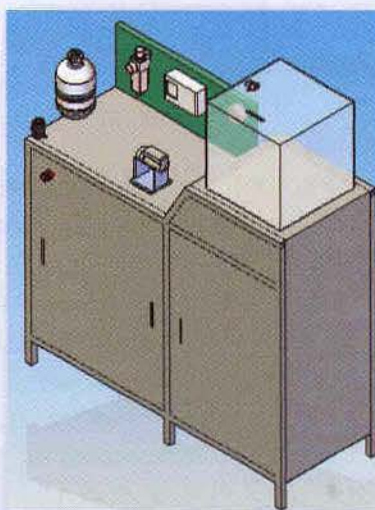


*Inyector de PT6*

Para documentar el trabajo realizado se elaboraron los manuales: de Operación, intentando velar por el correcto funcionamiento del banco de pruebas; de Seguridad Industrial, para proteger a las personas que se encuentran involucradas directa o indirectamente con el banco de pruebas para las boquillas de combustible; y de Mantenimiento y Entrenamiento, con el fin de asegurar una larga vida útil del banco de pruebas,

El banco de pruebas para boquillas de combustible construido es un equipo innovador, resultado de un esfuerzo por generar independencia y evolución de la aviación colombiana. Para realizar este proyecto se hizo un estudio económico muy profundo, basado en datos reales suministrados por AVIANCA de inspecciones realizadas por Pratt and Whitney Canadá. En el análisis y evaluación financiera del proyecto puede verse claramente una disminución notoria en costos y tiempo de

mantenimiento de la aerolínea. Además, la Fuerza Aérea Colombiana ha estimado que este banco de pruebas solucionaría un problema de inspección y mantenimiento de los inyectores de los motores turbo eje y turbo hélice.



Banco de Pruebas para Inyectores

Con el diseño detallado del banco de pruebas para inyectores de combustible a través de un circuito hidroneumático, se logra eliminar el contacto de distintos operarios en un mecanismo, mejorando de esta manera la rapidez de la producción, y por supuesto su seguridad y calidad de trabajo.

En conclusión, la ejecución del estudio, análisis y evaluación financiera del proyecto, conlleva a una de las justificaciones primordiales de la realización del banco de pruebas para boquillas de combustible de las series del motor PW 100 y PT6, debido a que la reducción de costos de mantenimiento y tiempo son significativas, aproximadamente un 70% por debajo de la inspección instaurada.

## BIBLIOGRAFÍA

- CARVAJAL, Lizardo. Metodología de la investigación: Curso General Aplicado. Edición cuarta. España, p.82.
- DOROSHKO, Sergey. Construction and strength of aircraft engines. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2006. p. 352.
- ESCOBAR, Arnold. Metodología de diseño para turborreactores de bajo flujo másico. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2005. p. 228.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Quinta actualización. Bogotá: 2006. Manual Part Number 3013240. Canada: 2000.
- Manual Fuel Manifold adapter. Canada: 2000.
- OÑATE, Esteban. Energía hidráulica, España: 1992, p. 201.
- PRATT and WHITNEY. Customer Training Manual. Canada: 1999. Cap. 11.
- PRATT and WHITNEY. Maintenance manual Turbo prop Gas Turbine Engine, Model PW 100
- PRATT and WHITNEY. Control Maintenance Manual (CMM) with Illustrated Part List (IPL)
- VILORIA, Roldan José. Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada. España: 1995. p. 241.