



Implementación de la Unidad Hidráulica en el banco de comprobación de circuitos hidráulicos perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Implementation of the Hydraulic Unit in the hydraulic circuit verification bench belonging to the University of the Armed Forces ESPE

Implementação da Unidade Hidráulica na bancada de verificação do circuito hidráulico pertencente à Universidade das Forças Armadas ESPE

Juan Serafín Cruz Villacís ^I
juancruz@uti.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3811-5765>

Esteban Andrés Arévalo Rodríguez ^{II}
eaarevalo1@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4565-3406>

Cesar Orlando Romero Caiza ^{III}
titarromero@hotmail.es
<https://orcid.org/0000-0002-7886-2386>

Bryan Andrés Heredia Muñoz ^{IV}
bheredia2@indoamerica.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7391-7758>

Rodrigo Cristóbal Bautista Zurita ^V
rcbautista@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2941-6096>

Inca Yajamín Gabriel Sebastián ^{VI}
gsinca@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2309-6901>

Correspondencia: juancruz@uti.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 15 de julio de 2022

- I. Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica INDOAMERICA Departamento de Ingeniería industrial, Ambato, Ecuador
- II. Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Latacunga, Ecuador.
- III. Tecnólogo Superior en Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi Latacunga, Ecuador.
- IV. Tecnólogo en Seguridad e Higiene del Trabajo, Instituto Tecnológico Superior Vicente León, Latacunga, Ecuador.
- V. Magíster en Sistemas de Control y Automatización Industrial, Ingeniero Industrial, Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Latacunga, Ecuador
- VI. Ingeniero en Electromecánica, Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Latacunga, Ecuador.

Resumen

Los sistemas hidráulicos de las aeronaves son importantes debido a que permiten aplicar, multiplicar y transmitir las fuerzas desde un sistema hacia otro, mediante un fluido incomprensible. El sistema hidráulico es un sistema crítico en todas las aeronaves debido a que en aeronaves de aviación mayor son utilizados para accionar los trenes de aterrizaje, flaps, superficies de control, frenos y dirección, mientras que en aeronaves de aviación menor solo son utilizados para el sistema de frenado. Al energizar la aeronave se debe verificar que el sistema hidráulico tenga la presión de 3000 PSI. Por esta razón se desarrolla un banco de comprobación de los sistemas hidráulicos para la realización de prácticas de mantenimiento de los componentes para posteriormente entrelazarse con los diferentes sistemas que compone la aeronave para cumplir con la función de entrenamiento para el personal técnico aeronáutico durante las fases de operación en tierra y en vuelo.

Palabras Clave: Sistema Hidráulico; Comprobación, Presión; Entrenamiento, FluidSim.

Abstract

Aircraft hydraulic systems are important because they allow forces to be applied, multiplied and transmitted from one system to another, by means of an incomprehensible fluid. The hydraulic system is a critical system in all aircraft because in larger aircraft they are used to actuate the landing gear, flaps, control surfaces, brakes and steering, while in smaller aircraft they are only used for break system. When powering up the aircraft it must be verified that the hydraulic system has a pressure of 3000 PSI. For this reason, a hydraulic systems test bench is developed to carry out component maintenance practices to subsequently intertwine with the different systems that make up the aircraft to fulfill the training function for aeronautical technical personnel during the phases of maintenance. operation on the ground and in flight.

Keywords: Hydraulic system; Check, Pressure; Training, FluidSim.

Resumo

Os sistemas hidráulicos de aeronaves são importantes porque permitem que forças sejam aplicadas, multiplicadas e transmitidas de um sistema para outro, por meio de um fluido incomprensível. O sistema hidráulico é um sistema crítico em todas as aeronaves, pois em aeronaves maiores são utilizados para acionar o trem de pouso, flaps, superfícies de controle, freios e direção, enquanto

em aeronaves menores são utilizados apenas para sistema de freio. Ao ligar a aeronave deve-se verificar se o sistema hidráulico tem pressão de 3000 PSI. Por isso, é desenvolvida uma bancada de testes de sistemas hidráulicos para realizar práticas de manutenção de componentes para posteriormente se entrelaçar com os diferentes sistemas que compõem a aeronave para cumprir a função de treinamento de pessoal técnico aeronáutico durante as fases de manutenção. voar.

Palavras-chave: Sistema hidráulico; Verificação, Pressão; Treinamento, FluidSim.

Introducción

Generalidades

El diseño de los sistemas de las aeronaves consiste en la integración compleja de varias tecnologías que conforman los equipos utilizados para poder cumplir con el vuelo de una aeronave. Un equipo que es parte del sistema cumple un aspecto importante de una aeronave y el diseño se define como la forma general en que que los sistemas se ensamblan dentro de la aeronave. Un diseño convencional de un esquema básico es el sistema de combustible el cual convierte la energía química en energía mecánica para el funcionamiento de los motores. La mayor parte de esta energía se gasta como potencia de propulsión o empuje para impulsar la aeronave. El resto se transmite y se convierte en cuatro formas principales de potencia no propulsora. (Barker, 2018) (Ashish, 2019).

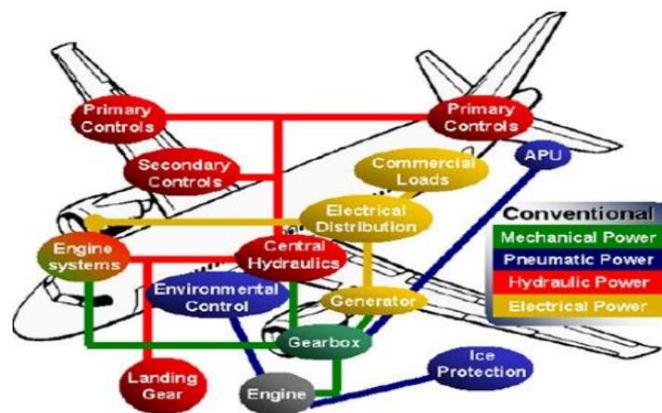


Figura 1. Distribución de los sistemas en la aeronave

El aire se purga del compresor de alta presión del motor, esta energía neumática se se utiliza para alimentar el Sistema de Control Ambiental (ECS) y suministrar aire caliente al Sistema de Protección de Hielo del Ala (WIPS), la caja de accesorios transfiere la energía mecánica de los motores a las bombas hidráulicas centrales, bombas locales para el motor, otros subsistemas de

accionamiento mecánico, y al generador eléctrico principal. La bomba hidráulica central transfiere la energía hidráulica a los sistemas de accionamiento para los controles de vuelo, al tren de aterrizaje para el despliegue retracción y frenado, al accionamiento del sistema de reversa de los motores, y también a sistemas auxiliares. (Lombardo, 1988).

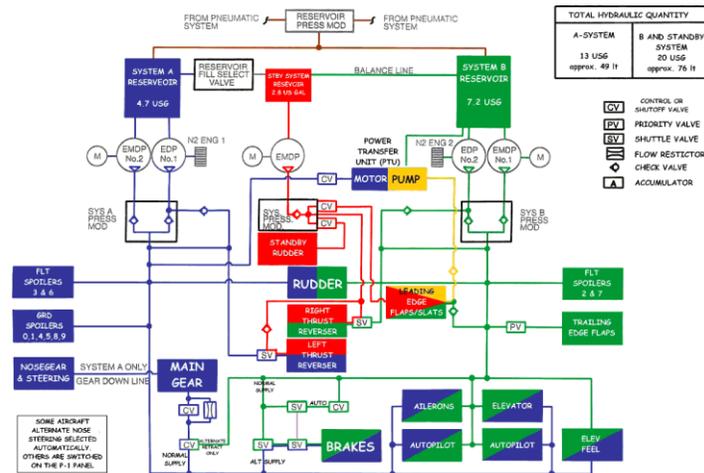


Figura 2. Gráfico esquemático del sistema hidráulico

Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico de las aeronaves funciona según el básico principio de la ley de Pascal y la conservación de la energía. Este principio permite transmitir la fuerza de un punto a otro punto del sistema. Esto, provoca el desplazamiento de diferentes sistemas pequeños dentro de un sistema extenso. Sin embargo, utilizando este principio, los sistemas hidráulicos de las aeronaves presurizan el fluido para exigir el movimiento en componentes específicos de la aeronave de una posición a otra. Además, basándose en este principio de funcionamiento, el sistema hidráulico ayuda al piloto a operar la aeronave durante el vuelo. (Jeppesen, 2018) (Tucker, 2012).

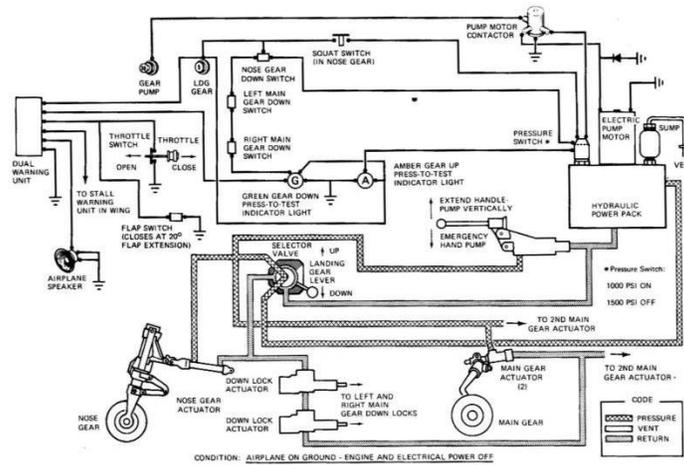


Figura 3. Sistema Hidráulico aeronave Cessna 172R

Componentes básicos del Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico de las aeronaves es complejo pero las partes esenciales de este sistema son: el depósito, las bombas, las válvulas, los filtros, el actuador, entre otros. (Neese, 1984).

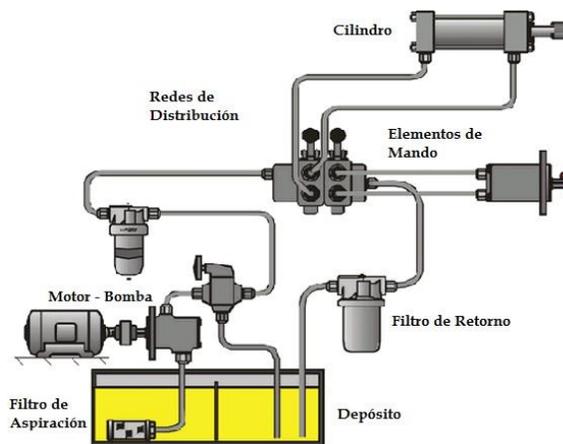


Figura 4. Sistema Hidráulico básico

Reservorio

El reservorio (depósito) es un tanque en el que se almacena el suministro adecuado de fluido para el funcionamiento del sistema. El fluido es direccionado desde el depósito hasta la bomba, donde es impulsado a través del sistema y finalmente devuelto al depósito. El depósito no sólo suministra las cantidades necesarias para el funcionamiento del sistema, sino que también repone el fluido perdido por las fugas que se puedan presentar. Además, el depósito sirve como depósito para el

exceso de fluido expulsado del sistema por la expansión térmica (el aumento del volumen del fluido causado por los cambios de temperatura). (EASA, 2016) (Boeing, 2018)



Figura 5. Reservorio no presurizado

Bomba

Lo principal de cualquier sistema hidráulico es la bomba que convierte la energía mecánica en energía hidráulica. La fuente de energía mecánica puede ser un motor eléctrico, o por fuerza del operador. Las bombas accionadas por la fuerza humana se llaman bombas manuales. Se utilizan en caso de emergencia como respaldo de las bombas eléctricas de potencia y para las comprobaciones en tierra del sistema hidráulico. La bomba manual de doble acción produce un flujo de fluido de doble acción. (John, 1994) (Shaoping Wang, 2016).

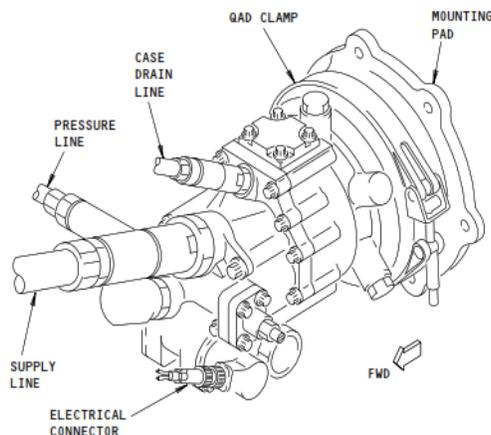


Figura 6. Bomba del sistema hidráulico

Válvulas de control de flujo

Las válvulas de control de flujo controlan la velocidad y la dirección del fluido en el sistema hidráulico. Aquellas permiten el funcionamiento de varios componentes cuando lo requiera, además de la velocidad a la que el componente funciona y en su debida secuencia. (Academy, 2008) (Administration, 2009).



Figura 7. Válvulas de control flujo

Válvulas de control de presión

Estas sirven para que el funcionamiento sea seguro y eficaz para la transmisión de fluidos hacia los componentes de los sistemas de potencia y equipos relacionados, estos requieren un medio para controlar la presión a fin de no tener sobrepresión en el sistema lo cual causaría las fallas o mal funcionamiento. (Dingle, 2013) (Domingo, 2018).

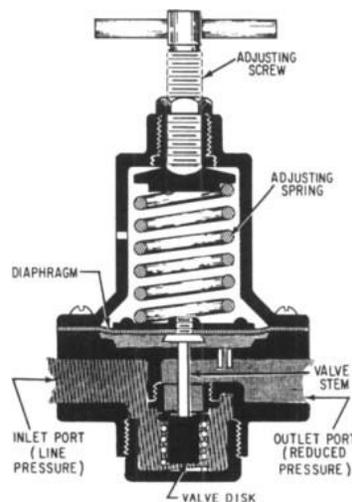


Figura 8. Válvulas de control de presión

Actuadores

Un cilindro de accionamiento es aquel que transforma la energía en forma de presión por el fluido y es transformado en fuerza mecánica o de acción para realizar un trabajo. Se utiliza para impartir un movimiento lineal al componentes o mecanismo móvil. Un actuador de accionamiento común consta de una carcasa uno o más pistones y vástagos. La carcasa del actuador contiene un orificio pulido en el que opera el pistón, y uno o más puertos a través de los cuales el fluido entra y sale del orificio. El pistón y el vástago forman un conjunto. El pistón se mueve hacia delante y hacia atrás y un vástago acoplado se desplaza dentro y fuera de la carcasa del cilindro a través de una abertura en un extremo de la carcasa del cilindro. (Drake, 2015) (Moir, 2008).

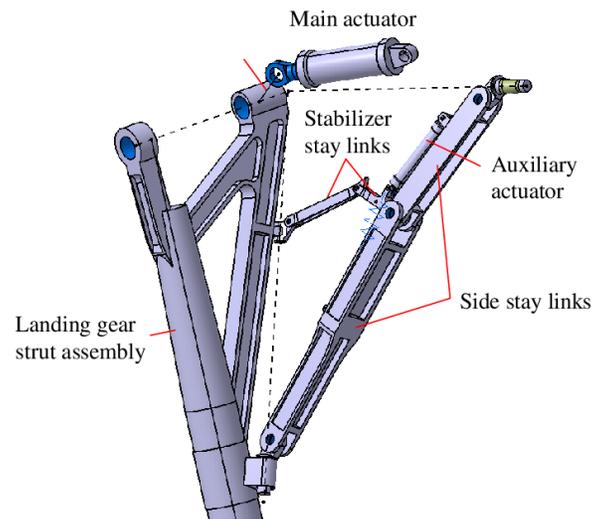


Figura 9. Actuador

Motor Eléctrico

Es una máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica en energía mecánica o de movimiento por medio de interacciones electromagnéticas, también cabe mencionar que algunas motores son reversibles pueden transformar la energía mecánica en energía eléctrica debido a que estos funcionan como generadores. (Boieng, 2015)

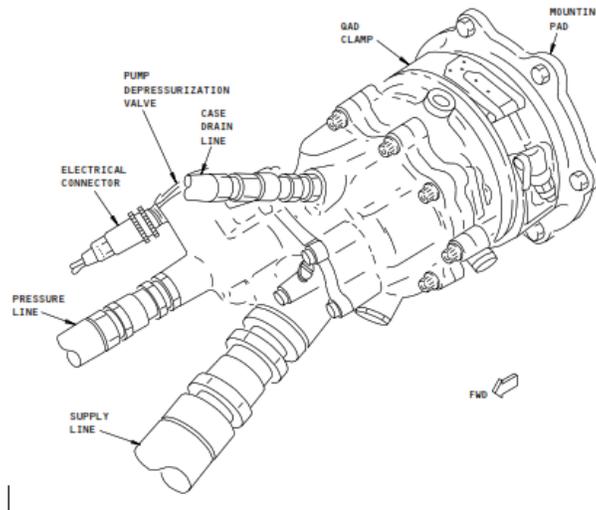


Figura 10. Motor

Filtro

Los filtros hidráulicos son el componente principal del sistema de filtración de una máquina con sistemas hidráulicos, de lubricación o de engrase. Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico. (Duque , 2018).

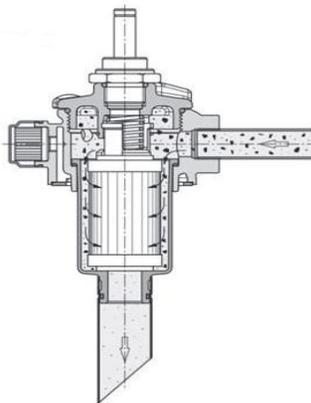


Figura 11. Filtro

Fluido

Fluidos hidráulicos son grupos de líquidos compuestos de diferentes tipos de sustancias químicas y grados de viscosidad. Por lo general se usa en transmisiones automáticas de automóviles, frenos y servodirección; vehículos para levantar cargas; tractores; niveladoras; maquinaria industrial y aeronaves para la activación de sus sistemas. (Pedroza Gonzalez , 2018).



Figura 12. Fluido hidráulico

Mantenimiento

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un componente o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas, administrativas correspondientes y de acuerdo a la documentación técnica emitida por el fabricante. (Boucly, 2018).



Figura 13. Tipos de mantenimiento

Proceso de manufactura

La soldadura es el proceso de manufactura mediante el cual se puede unir dos o más partes, mediante el aporte del calor y presiones localizadas; este se lleva a cabo con o sin material de aporte, las uniones se llevan a cabo con la fusión del calor, presión o solo con presión, cabe mencionar que el material de aporte puede ser de la misma o diferente composición del material base. (Díaz, 2015).

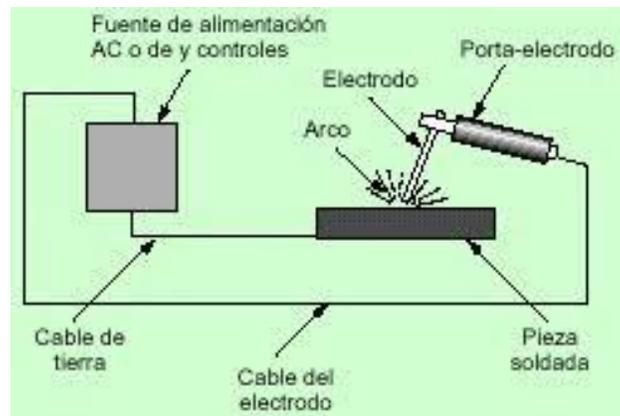


Figura 14. Soldadura por arco eléctrico

Electrodos

El electrodo (varilla) de soldar al contrario del alambre que es utilizado en la soldadura autógena, es un conductor eléctrico utilizado para realizar contacto con una parte no metálica, debe ser del similar al del material base si el material base es de acero al carbono el material de aporte debe ser de las mismas características este contexto es aplicado en las sueldas estructurales y misma composición química es aplicada en aceros aleados. (Cano, 2014).

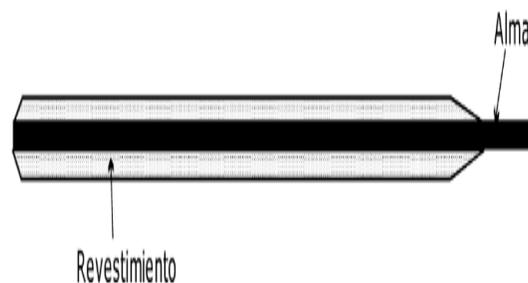


Figura 15. Partes del electrodo

Designación de los electrodos

De acuerdo a la Norma AWS, ASME y ASTM indica las características para los electrodos revestidos las cuales incluyen propiedades mecánicas, físicas, químicas, así como sus dimensiones y su porcentaje de aleación. (Martos, 2017).

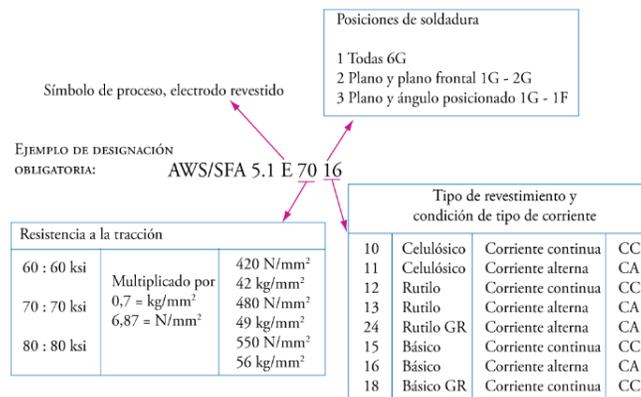


Figura 16. Designación de los electrodos

Banco hidráulico

El banco hidráulico es parte de un sistema de equipos y elementos necesarios para realizar prácticas en los principales temas tratados dentro de la parte teórica relacionados con la hidráulica. (Calzerotto, 2010) (O'Brien, 2003).

El banco Hidráulico se usa para facilitar la ejecución de experimentos simples en la hidráulica, comparando la parte teórica con la experimentación real realizada en los laboratorios; demuestra la disposición de una unidad simple en la cual una pequeña bomba centrífuga abastece de fluido; desde un tanque hacia un sistema básico o complejo de hidráulica. (Echeverría, 2015).



Figura 17. Banco de comprobación de circuitos hidráulicos

Materiales y Métodos

El banco de comprobación de circuitos hidráulicos incluye la unidad hidráulica, motor, bomba, válvula de alivio, válvula reguladora de caudal, filtro de succión, manómetros y actuadores, entre otros. (Boieng, 2015) (System, 2013).

Depósito hidráulico

El reservorio hidráulico está instalado en el banco hidráulico el cual almacena el fluido que ayudará al funcionamiento, actuación de los mecanismos también recibe el aceite que retorna y permite comprobar a cada uno de los elementos. Para realizar el reservorio es recomendable utilizar una lámina de acero inoxidable, además consta de un indicador de cantidad, filtro de succión y los elementos de activación como es la bomba y válvulas. (FluidSim, 2007).

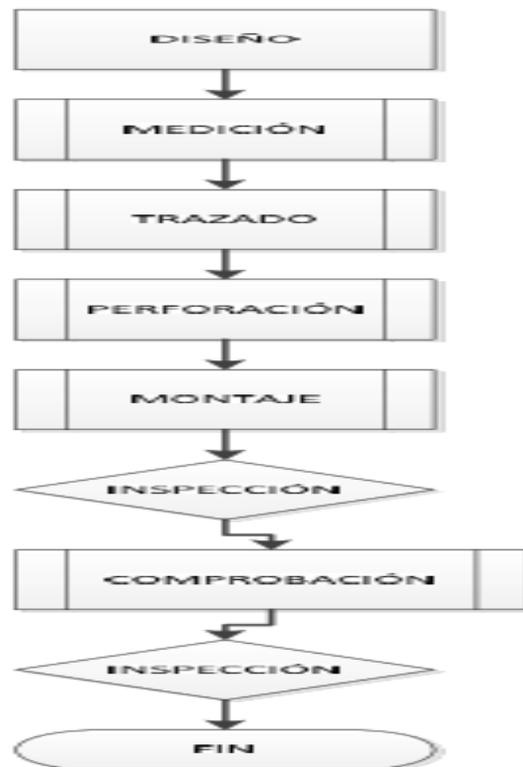


Figura 18. Proceso de implementación de la unidad eléctrica

El diseño del reservorio hidráulico está diseñado en solidworks, mismos que permiten manipular el hardware de manera directa y obtener un comportamiento de los elementos similar al de una aeronave real. (SolidWorks, 2020) (FluidSim, 2007).

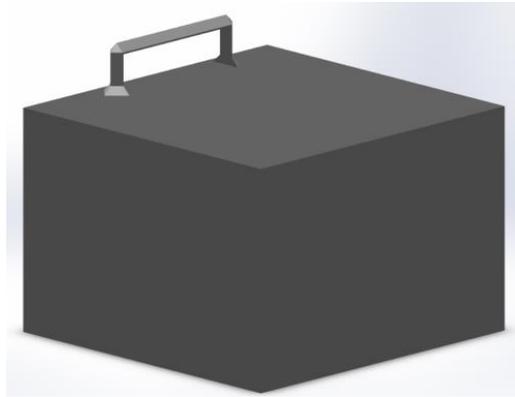


Figura 19. Reservorio unidad hidráulica

Conexión de componentes al reservorio

Preparado el reservorio se procede a la conexión de los elementos a la unidad hidráulica, la instalación del motor se realiza mediante la unión de cuatro componentes de sujeción para mantenerlo firme al momento de su funcionamiento, además el motor enviará la presión necesaria para que pueda simular el funcionamiento de los diferentes circuitos hidráulicos de acuerdo a cada requerimiento del manual del fabricante. (Wing, 2012) (Singh, 2017).



Figura 20. Unidad Hidráulica

Instalación de manómetros y válvulas en el banco de comprobación

Para la instalación de las válvulas, debido a la cantidad de conectores que se deben acoplar de los diferentes actuadores que forman parte del sistema hidráulico es indispensable utilizar acoles rápidos, los cuales permiten expandir el número de entradas de estos elementos. (Zhang, 2018).



Figura 21. Banco hidráulico

FluidSim

Toda la configuración del software para la simulación de los circuitos hidráulicos antes de simular en el banco de comprobación se realizó en el programa FluidSim, mismo que ofrece a este banco la experiencia de simular los circuitos que hidráulicos y entender el funcionamiento de cada uno de sus componentes. (FluidSim, 2007).



Figura 22. Interacción del Software FluidSim

Resultados y Discusión

Un entorno de desarrollo para el sistema hidráulico de la aeronave que permita verificar el funcionamiento del sistema puede ser eficaz, diferentes modelos realizan la simulación del sistema hidráulico y la verificación de los diferentes niveles de presión, diferentes tipos de diseño del principio del sistema hidráulico de la aeronave, las características del flujo de carga, la presión de

la bomba, el control carga, la lógica del control hidráulico, entre otras características. La fiabilidad es muy importante para el sistema hidráulico de la aeronave, por lo que se utiliza ampliamente en el diseño del sistema, con el fin de garantizar la fiabilidad de la aeronave. El uso de los bancos hidráulicos ha permitido validar el sistema que cumpla con los requisitos de diseño. (Khalil, 2020) (Totten, 2012).

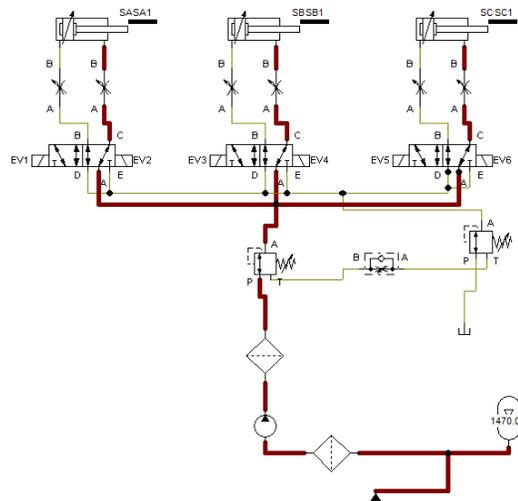


Figura 23. Simulación FluidSim

Conclusiones

- La unidad hidráulica está diseñado y adaptado en el banco de comprobación de circuitos hidráulicos para lograr una operación muy cercana a la realidad del funcionamiento de los circuitos hidráulicos de las aeronaves de tal forma, que los profesionales aeronáuticos se familiarizan en la práctica con respecto a procedimientos de funcionamiento de los sistemas, tanto, normal como anormal (fallas de presión, bombas, válvulas); logrando mejorar las capacidades teóricas, e incrementar la experticia en temas de seguridad operacional de las aeronaves en tierra y vuelo.
- El banco de comprobación de sistemas hidráulicos fortalece la formación de profesionales aeronáuticos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, fortaleciendo las competencias teóricas a través de la práctica. En tal sentido, con la implementación de la unidad hidráulica asta alineado estrictamente a la operación del manual de mantenimiento

cuyo procedimiento se aplica a las aeronaves equipadas con estos sistemas y que operan en las diferentes empresas de Aviación del país.

Referencias

1. Academy, O. A. (2008). Aircraft Knowledge 3. England: KHL Printing Co. Pte Ltd.
2. Administration, F. A. (2009). Advance Avionics Handbook. (U. D. Transportation, Ed.) Washington, DC: United States Government Printing Office.
3. Arduino. (2021). Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de Arduino: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>
4. Arduino. (2021). Recuperado el 20 de Diciembre de 2022, de Arduino DOCS: <https://docs.arduino.cc/static/5cc03ae8b580d9f4aab2bcd20e7c12a0/A000067-datasheet.pdf>
5. Ashish, S. (2019). Sistema Hidráulico. India: Jee Press.
6. Barker, S. (2018). Aircraft as a System of System. Georgia: SAE International.
7. Boeing. (2018). Aircraft Boeing 737/200. Estado Unidos: Boeing Company.
8. Boieng. (2015). 737 Aircraft Maintenance Training Manual (Anual ed.). Seatle, WA, USA: Boeing Commercial Airplanes Group.
9. Boucly, F. (2018). Gestión de Mantenimiento. Chile.
10. Calzerotto, R. (2010). Handbook of hydraulic fluid technology. London : CRCpress.
11. Cano, P. (2014). Manual de Soldadura por arco eléctrico. Cano pina: Ceysa.
12. Díaz, P. (2015). Procesos de soldadura. Mexico : Grupo Éxodo.
13. Dingle, L. (2013). Aircraft Engineering Principles. New York: Routledge - Francis Group.
14. Domingo, R. (2018). Aviation Maintenance Technician Handbook—Airframe. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation.
15. Drake, R. (2015). Hydraulic Systems. Georgia: Academic Press.
16. Duque , G. (2018). Filtros Hidráulicos. Montreal.
17. Durham, W. (2013). Aircraft Flight Dynamics and Control. Virginia: Library of Congress.
18. EASA. (2016). Aircraft Structures and Systems. Gatwick: EASA.
19. Echeverría. (2015). Banco Hidráulico. Quito.

20. FluidSim. (2007). FluidSim. Obtenido de https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/723058_fl_sim_p42_es_offset.pdf
21. Harry Kinninson, T. S. (2013). Aircraft Maintenance Management. McGraw-Hill.
22. Ian Moir, A. S. (2013). Civil Avionics System (Second Edition ed.). (J. C. Peter Belobaba, Ed.) West Sussex, UK: Library of Congress Catalog in Publication Data.
23. Jeppesen. (2018). Aircraft Hydraulic System. Idaho: Jeppesen.
24. John, G. (1994). Basic Hydraulic Systems and components. Virginia: US Army Aviation Logistics School.
25. Khalil, M. (2020). Modeling and Simulation for Application Engineers. Cairo: COMPUDRAULIC LLC.
26. Lee, T. W. (2013). Aerospace Propulsion. Arizona: Library of Congress.
27. Lombardo, D. (1988). Understanding Your Airplane. Génova: Flying Series tab books.
28. Martos, C. (2017). Soldadura con electrodos revestidos. Cano pina SL.
29. Moir, I. (2008). Subsystems Aircrafts. Oxford: Aerospace Professional.
30. Neese, W. (1984). Aircraft Hydraulic Systems. Ridge: R.E Krieger Pub. Co.
31. O'Brien, W. J. (2003). Hydraulic and flight control system. Virginia: McDonell Aircraft Co.
32. Organization, I. C. (2015). Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices (Fourth Edition ed.). Montréal, Quebec, Canada: Secretary General.
33. Pedroza Gonzalez , E. (2018). Hidráulica Básica. México: Instituto Mexicano de Tecnología.
34. Shaoping Wang, M. T. (2016). Commercial Aircraft Hydraulic Systems. Beihang: Elsevier.
35. Singh, H. (2017). Pneumatic and hydarulic systems. Bangalore: Foremen Training Institute.
36. SolidWorks. (2020). SolidWorks. Obtenido de https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf
37. System, I. H. (2013). Joji Parambanth . Bangalore: Fluidsys Training Centre Pvt Ltd.
38. Totten, G. E. (2012). Handbook of Hydraulic Fluid Technology. Sao Leopoldo,,: CRC Press.
39. Tucker, B. (2012). Aircraft Fluid Power Systems. Georgia: Endeavor Books.

40. Wing, C. (2012). *Hidraulics Manual*. Kentucky: TSD Training.
41. Wyatt, D. (2014). *Aircraft Flight Instruments and Guidance Systems: Principles, Operations and Maintenance* (1er edición ed.). Routledge.
42. Zhang, Q. (2018). *Basics of Hydraulic Systems*. Illinois: CRC Press.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).