



Chequeo funcional de las válvulas de alivio del sistema de presurización acorde al manual de mantenimiento aplicable a la aeronave Boeing 737-300-400 para a la organización de mantenimiento aprobado OMA-DIAF.

Legarda Jumbo, Fabio Alejandro

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología En Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía previa a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica

Mención Motores

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal

Latacunga

2021



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

Certificación

Certifico que la monografía, “CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS VÁLVULAS DE ALIVIO DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO APLICABLE A LA AERONAVE BOEING 737-300-400 PARA LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF.” fue realizado por el señor ***Legarda Jumbo, Fabio Alejandro*** con número de cédula ***1721330205*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, marzo 2021

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal

C.C.:1720240991

Document Information

Analyzed document	Proyecto de titulación _ Fabio Legarda.docx (D98724486)
Submitted	3/18/2021 5:50:00 AM
Submitted by	
Submitter email	falegarda@espe.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	rcbautista.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS EVELYN GUAMANGALLO QUIMBITA.pdf Document TESIS EVELYN GUAMANGALLO QUIMBITA.pdf (D62783706)	 4
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / tesis.docx Document tesis.docx (D42631606) Submitted by: jhosx100pre@gmail.com Receiver: maarellano3.espe@analysis.arkund.com	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS GUAMAN ANGEL.pdf Document TESIS GUAMAN ANGEL.pdf (D47618420) Submitted by: guaman_esteban@yahoo.com Receiver: jvalencia2.espe@analysis.arkund.com	 2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TRABAJO DE TITULACIÓN - KARLA PÉREZ.docx Document TRABAJO DE TITULACIÓN - KARLA PÉREZ.docx (D77684934) Submitted by: jrzurita1@espe.edu.ec Receiver: jrzurita1.espe@analysis.arkund.com	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / NARANJO ROBLES BORIS DANIEL.docx Document NARANJO ROBLES BORIS DANIEL.docx (D78260227) Submitted by: depantoja1@espe.edu.ec Receiver: depantoja1.espe@analysis.arkund.com	 2
W	URL: https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18402/P-2057.pdf?sequence=1 ... Fetched: 7/15/2020 10:28:24 PM	 1
W	URL: https://www.valfonta.com/valvula-alivio-presion/ Fetched: 3/18/2021 5:50:00 AM	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis - Damian Tuarez Flores.pdf Document Tesis - Damian Tuarez Flores.pdf (D60922754) Submitted by: damiantuarez9723@gmail.com	 1



Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

Autoría de responsabilidad

Yo, **Legarda Jumbo, Fabio Alejandro** con número de cédula **1721330205**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS VÁLVULAS DE ALIVIO DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO APLICABLE A LA AERONAVE BOEING 737-300-400 PARA A LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, marzo 2021

Legarda Jumbo, Fabio Alejandro

C.C.: 1721330205



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

Autorización

Yo, **Legarda Jumbo, Fabio Alejandro** con número de cédula **1721330205**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la presente monografía **CHEQUEO FUNCIONAL DE LAS VÁLVULAS DE ALIVIO DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO APLICABLE A LA AERONAVE BOEING 737-300-400 PARA A LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADO OMA-DIAF** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, marzo 2021

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Legarda Jumbo, Fabio Alejandro

C.C.: 1721330205

Dedicatoria

El presente proyecto de titulación va dirigido a mi familia por el apoyo eterno y en especial a mi madre por su amor incondicional de motivarme a superar cada obstáculo.

Fabio Legarda

Agradecimiento

A mi madre por su apoyo incondicional, en ayudarme en todo momento que necesite esa pequeña esperanza de asistencia.

A mi abuelo por sus ánimos de sobresalir en mis estudios.

A mi familia por apoyarme en toda adversidad que se me presentaba en el transcurso de mis estudios y en la vida dando una mano.

A Edwin Jumbo que me brindo un techo cuando tenía que movilizarme.

A Wilmer Jumbo que generosamente me acompañó mi proceso de formación.

A mis amigos con quienes nos apoyamos mutuamente día a día en el transcurso de la carrera y contribuimos hombro con hombro para sobresalir en todo.

A mis profesores con quienes se ha formado un lazo de amistad, agradezco por sus conocimientos que hicieron posible llegar a este punto en mi vida, por sus enseñanzas y paciencia.

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Autoría de responsabilidad	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas	13
Resumen	14
Abstract.....	15
Planteamiento de la investigación	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación e importancia	2
Objetivos.....	3
Objetivo general.	3
Objetivos específicos.....	3
Alcance	3
Marco teórico.....	4
Antecedentes de la investigación	4

Introducción de la aeronave Boeing 737	4
Nacimiento del Boeing 737.....	5
Especificaciones técnicas del Boeing 737	6
Dimensiones y áreas.....	8
Versiones producidas.....	9
Presurización.....	10
Sistema de aire acondicionado.....	11
Distribución.	13
Sistema de control de presurización.	15
Enfriamiento.	16
Control de temperatura.....	16
Válvulas de alivio de presurización	17
Válvula de alivio de seguridad.	18
Válvula de presión y alivio.....	20
Válvulas de ecualización de presión.....	20
Paneles de expulsión o escape.	21
Prueba de válvulas de alivio de presión.....	22
Desarrollo del tema	24
Preliminar	24
Medidas de seguridad.....	24
<i>Equipo de protección personal (EPP)</i>	25
<i>Señaléticas.</i>	25
Herramientas y equipos empleados	26

Ajuste y prueba de la válvula de alivio de seguridad	26
<i>Generalidades de la tarea.</i>	<i>27</i>
<i>Advertencias.....</i>	<i>27</i>
<i>Procedimientos previos a la tarea.....</i>	<i>28</i>
<i>Procedimientos de la tarea.</i>	<i>29</i>
Conclusiones y recomendaciones	36
Conclusiones.....	36
Recomendaciones	37
Glosario.....	38
Abreviaturas	39
Bibliografía.....	40
Anexos	42

Índice de figuras

Figura 1. <i>Boeing 737-4B7</i>	6
Figura 2. <i>Comparativa geométrica de la familia Boeing 737</i>	8
Figura 3. <i>Tabla de altitud en relación con la presión de aire</i>	11
Figura 4. <i>Esquema simplificado del aire acondicionado</i>	12
Figura 5. <i>Distribución de aire en la cabina de control</i>	14
Figura 6. <i>Diferencia de presiones atmosféricas</i>	15
Figura 7. <i>Ubicación de las válvulas de alivio de presurización</i>	18
Figura 8. <i>Esquema de la válvula de alivio de seguridad</i>	19
Figura 9. <i>Válvula de ecualización de presión</i>	21
Figura 10. <i>Localización de los paneles de escape</i>	22
Figura 11. <i>Equipo de vacío para comprobación de válvulas</i>	23
Figura 12. <i>Instalaciones de la DIAF</i>	27
Figura 13. <i>Equipo de comprobación de válvulas de alivio</i>	28
Figura 14. <i>Instalación de la Bomba de vacío</i>	28
Figura 15. <i>Válvulas de alivio de la aeronave</i>	29
Figura 16. <i>Esquema de ubicación de las válvulas de alivio</i>	29
Figura 17. <i>Válvula de alivio de seguridad de la aeronave</i>	30
Figura 18. <i>Instalación del comprobador de válvula al fuselaje</i>	30
Figura 19. <i>Apertura del regulador de aire</i>	31
Figura 20. <i>Instalación del dispositivo de comprobación</i>	31

Figura 21. <i>Comprobador marcando 15.8"Hg</i>	32
Figura 22. <i>Aumento de presión de vacío en el sistema</i>	32
Figura 23. <i>Apertura de válvula de alivio</i>	33
Figura 24. <i>Manómetro con indicación en InHg</i>	33
Figura 25. <i>Equipo de comprobación realizando el chequeo</i>	34
Figura 26. <i>Cierre del regulador de aire</i>	34
Figura 27. <i>Retiro de la válvula comprobadora de presión</i>	35
Figura 28. <i>Equipo neumático de vacío para comprobación de válvulas de alivio.</i>	35

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Especificaciones Boeing 737</i>	7
Tabla 2. <i>Colores de seguridad y significado</i>	26

Resumen

En el presente trabajo se busca alcanzar el conocimiento sobre el buen funcionamiento de las válvulas de alivio de seguridad del sistema de presurización con la finalidad de obtener la información que se requiere para la ejecución de la tarea de mantenimiento o tareas dependientes al sistema. En el capítulo I se encuentra los antecedentes de la comprobación de las válvulas de alivio, el planteamiento del problema, su justificación e importancia, los objetivos y el alcance del trabajo que tiene el chequeo funcional del sistema de presurización, en el capítulo II se presenta la base teórica de la investigación, detallando e indicando la importancia de cada palabra o término aeronáutico involucrado, e importante a considerar en el presente trabajo, el capítulo III se indica el procedimiento a seguir para la ejecución del chequeo operacional, la comprobación de la eficacia de las válvulas y los resultados obtenidos en el trabajo experimental realizado en la organización de mantenimiento aprobada OMA-DIAF y en el capítulo IV se describe las conclusiones obtenidas en la ejecución de la tarea de mantenimiento y las respectivas recomendaciones que derivan de la práctica.

Palabras claves:

- **VÁLVULA DE ALIVIO DE SEGURIDAD**
- **BOEING 737**
- **SISTEMA DE PRESURIZACIÓN**
- **AIRE ACONDICIONADO**

Abstract

In this work we seek to achieve knowledge about the proper operation of the safety relief valves of the pressurization system in order to obtain the information required for the execution of the maintenance task or tasks dependent on the system. In chapter I you will find the antecedents of the verification of the relief valves, the problem statement, its justification and importance, the objectives and the scope of the work that the functional check of the pressurization system has, in chapter II it is presented the theoretical basis of the research, detailing and indicating the importance of each aeronautical word or term involved, and important to consider in this work, chapter III indicates the procedure to follow for the execution of the operational check, the verification of the effectiveness of the valves and the results obtained in the experimental work carried out in the approved maintenance organization OMA-DIAF and in chapter IV the conclusions obtained in the execution of the maintenance task and the respective recommendations derived from practice are described.

Keywords

- **SAFETY RELIEF VALVE**
- **BOEING 737**
- **PRESSURIZATION SYSTEM**
- **AIR CONDITIONING**

CAPÍTULO I

1. Planteamiento de la investigación

1.1. Antecedentes

La ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO APROBADA OMA – DIAF ubicada en la provincia de Cotopaxi, es un organismo de más alto nivel en el Ecuador dedicado al desarrollo aeronáutico, mantenimiento, electrónica, aviónica, ingeniería e investigación aplicada a producción de bienes y servicios aeronáuticos, construcción de elementos necesarios para la industria y provisión de partes y repuestos integrando la más alta calidad con tecnología de punta en todo servicio que brinda.

La organización realiza el mantenimiento y reparación de aeronaves de las diferentes casas fabricantes como son: Lockheed C-130 Hércules, Casa C-295, Gulfstream G-550 y Boeing 737- 200/300/400/500.

Cuenta con un personal altamente calificado con cursos de mejoramiento y actualización en las diferentes ramas del mantenimiento aeronáutico, además la organización cuenta con secciones como son: mantenimiento, pintura, electrónica, NDI, suelda, biblioteca, almacenamiento, planificación y herramientas.

En el campo de la aviación el avance tecnológico en la rama aeronáutica conlleva pasos agigantados por lo cual existen inspecciones y procedimientos en las cuales se determina las operaciones funcionales de la aeronave Boeing 737-300/400 para mantenerlas en condiciones óptimas y aeronavegables, el tiempo que requiere el mantenimiento e inspecciones van desde un corto periodo de trabajo de días hasta prolongados en meses.

1.2. Planteamiento del problema

Las inspecciones de la aeronave Boeing 737-300/400 demanda de alta pericia y conocimientos en sus diferentes sistemas, entre el cual se puede mencionar el sistema de aire acondicionado, mismo que esta operado mediante válvulas de alivio de presurización.

Una inadecuada inspección al sistema de aire acondicionado, puede comprometer los subsistemas de distribución como son: colector principal de distribución, sistema de aire acondicionado de la cabina de control, sistema de aire acondicionado de la cabina de pasajeros, sistema de control de presurización, válvulas de alivio de presurización, calefacción de la cabina de control y pasajeros, calefacción del compartimiento de carga, sistema de enfriamiento, sistema de recirculación, sistema de aire de impacto, sistema de control de temperatura de aire y el sistema de indicación de temperatura.

Al fallar uno de estos sistemas compromete la seguridad de la aeronave, tripulación y pasajeros, provocando algún accidente en el que se involucre la hipoxia la cual dificulta la llegada de oxígeno al cerebro y posteriormente la muerte.

1.3. Justificación e importancia

La inspección del sistema de aire acondicionado de la aeronave Boeing 737 se realiza según el operador y la vida útil del avión, dicha entidad es el que da los intervalos de programa de mantenimiento C1—C4 especificadas en las tarjetas de no rutina y el personal de mantenimiento debe ejecutar.

Las inspecciones tipo C se realizan cada 20 a 24 meses, aunque la regularidad de esta inspección se defino por el fabricante y en otros casos por el operador de la aeronave si lo exige, es riguroso esta revisión porque abarca mayor cantidad de piezas que conforman un sistema, la aeronave requiere permanecer en

tierra hasta completar la revisión; en el caso de encontrar fallas, se procede a ejecutar la respectiva reparación o reemplazo.

La inspección del aire acondicionado es muy importante para la aeronave y personas que se encuentran en su interior, ya que tiene que operar de forma satisfactoria tanto en tierra como en vuelo, logrando un correcto funcionamiento del sistema de control de aire, mismo que abarca desde la distribución hasta la calefacción dando comodidad y adaptación a las personas en grandes altitudes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Realizar la inspección de las válvulas de alivio del sistema de presurización acorde al manual de mantenimiento aplicable a la aeronave Boeing 737-300-400.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información mediante el manejo y procedimientos necesarios para cumplir la tarea de rutina 21-032-21-01 emitida por los documentos de planificación de mantenimiento MPD del fabricante.
- Ejecutar la tarea de mantenimiento 21-32-21 de las válvulas de alivio acorde al manual de la aeronave Boeing 737 – 300/400/500.
- Realizar pruebas de funcionamiento de las válvulas de alivio del sistema de presurización de la aeronave.

1.5. Alcance

La inspección de las válvulas de alivio del sistema de presurización se realizará en la aeronave Boeing 737/300-400, misma que servirá para mantener en condiciones de aeronavegabilidad de mencionado sistema.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Las aeronaves desde su creación han ido evolucionando exponencialmente con el fin de brindar una mayor seguridad para la tripulación, pasajeros en vuelo y transporte de bienes, en este desarrollo se busca mejorar y corregir las vulnerabilidades de la aeronave.

La aviación no ha dejado de ir mejorando continuamente buscando posibles fallas que se puede dar en los diferentes sistemas de la aeronave con el fin de evitar accidentes que pongan en riesgo la integridad de las personas involucradas.

Las inspecciones son actividades de mantenimiento preventivo que toda máquina debe tener con el fin de prolongar la vida útil mecánica del aparato, con estas inspecciones que se realizan en las aeronaves es posible detectar falla o irregularidades del funcionamiento, para lo cual se requiere una labor de corrección.

2.2. Introducción de la aeronave Boeing 737

En 1964 empezó el diseño y en 1967 realizó su primer vuelo, el Boeing 737 es un avión de pasajeros, bimotor a reacción de fuselaje estrecho, de corta a media autonomía, es fabricado por la compañía multinacional estadounidense Boeing, esta aeronave ha logrado fabricarse sin interrupciones logrando más de 10.000 unidades obteniendo un hito en la historia de la aviación.

Este modelo estaba compuesto por el fuselaje y alas del B-727 y con la cola similar a la del 707, tecnología que Boeing reutilizó al máximo para competir con Douglas DC-9 y BAC 1-11 en los vuelos de transporte aéreo de corto alcance, en comparación con el 737-100, el modelo 737-200 se añadió 1.83 metros adicional al fuselaje para ampliar la capacidad de 100 a 130 pasajeros.

Para los años 80 apareció el 737 Classic; conocido como la segunda generación de este modelo y que abarcaba las series -300, -400 y -500. Contaba con nuevos motores Turbo fan CFM-56, “que son un 20 % más eficiente que los JT8D, un ala rediseñada mejorando la aerodinámica, mejoras en la cabina del piloto con la incorporación del sistema de Instrumentación en Vuelo Electrónica (EFIS) y un alcance de velocidad máxima Mach 0,8”. (Emptyleg, s.f.)

Para la serie 300 lanzada en 1984 presentaba 3 metros adicionales de fuselaje en comparación con su predecesor el -200, una mayor capacidad de combustible, mayor peso de despegue, mayor alcance y una aviónica mejorada, tiene una gran similitud del 60% con la variante 200, lo que significó el ahorro de capacitaciones y entrenamientos de la tripulación, permaneció en producción hasta 1999.

En 1986 salió la serie 400 para llenar el espacio tecnológico que existía entre el 737-300 y el 757-200 con el fin de competir ampliamente con el Airbus A320, el cual adicionaba otros 3.45 metros más al fuselaje que el -300 con capacidad para 174 pasajeros, “por lo cual se agregaron dos salidas de emergencia sobre las alas, presentaba una rueda de cola para evitar que el empenaje toque la pista durante los procesos de despegue, su modificación más importante fue la introducción de un tubo de escape para evitar daños en situación de rotación excesiva” (En El Aire, 2019).

2.3. Nacimiento del Boeing 737

En la década de 1960 el ejército de los Estados Unidos era un cliente regular de la compañía Boeing adoptando las más conocidas aeronaves Boeing 707, 727 que poseían un alcance medio y largo, estuvo interesado en el proyecto del 737.

La empresa aspiraba al mercado comercial con dicha aeronave dentro de los vuelos regionales o de corto alcance puesto que tenía un cliente seguro no se

continuaría con el proyecto sin definir contratos con las aerolíneas Lufthansa, Eastern o United.

Lufthansa fue exigente en adquirir el 737 ya que sus estándares y requisitos eran alto por lo que se prolongó las cláusula de contratos en la adquisición de 22 unidades, por parte de United se acordó la fabricación de 44 más con una ligera modificación en el fuselaje, por lo que se inició el proyecto con luz verde. (Javier, 2019)

Tras estos percances en concretar el avance del proyecto de 150 millones de dólares, la empresa opto por reutilizar hasta el 60% de los componentes del 727.

El director del proyecto Crawford Greenewalt apoyaba en el recorrido del avance mientras que el director ejecutivo William Allem no estaba de acuerdo con el programa. (New, 2017)

2.4. Especificaciones técnicas del Boeing 737

Figura 1.

Boeing 737-4B7



Nota. Recuperado de: (jetphotos.com)

El Boeing 737 es un avión comercial de fuselaje estrecho más reconocido del mundo, la demanda por parte de las aerolíneas crece a lo largo de los años por su

viabilidad y simplicidad de su equipo, lo que permite brindar un bajo costo de operación el cual se ofrece a los usuarios; este modelo cuenta con tres generaciones desde su aparición mejorando en las prestaciones y aviónica con el avance de la tecnología y el uso de los mismos.

Tabla 1.

Especificaciones Boeing 737

BOEING 737		
Tipo	Avión comercial de fuselaje estrecho	
Fabricante	Boeing Commercial Airplanes	
Primer vuelo	9 de abril de 1967	
Introducido	10 de febrero de 1968	
Estado	En servicio	
Producción	1964 – actualidad	
N.º construidos	10 559 (a julio de 2019)	
Coste unitario	80,6 -116,6 millones de dólares	
MEDIDAS	Primera	Segunda
	Generación	Generación
	737-200	737-400
Tripulación	2 (piloto y copiloto) y 4 auxiliares de vuelo	
Capacidad de pasajeros	118	168
Longitud	28,6 m	36,5 m
Envergadura	28,3 m	28,9 m
Ancho del fuselaje	3,76 m	
Alto del fuselaje	4,01 m	
Peso vacío	28 120 kg	33 200 kg
Peso máximo de despegue	52 390 kg	68 050 kg
Techo de vuelo	10 700 m	11 300 m
Velocidad crucero	Mach 0,74 (780 km/h)	
Velocidad máxima	Mach 0,82 (876 km/h, 473 nudos)	
Alcance con carga máxima	1860 nmi (3440 km)	2165 nmi (4005 km)

BOEING 737		
Capacidad de combustible	17 860 litros	23 170 litros
Motores (x2)	Pratt & Whitney JT8D-7	CFM International 56-3
Empuje máximo	84,5 kN	98 kN
Empuje a velocidad crucero	17,21 kN	21,92 kN
Longitud del motor	3,20 m	2,36 m

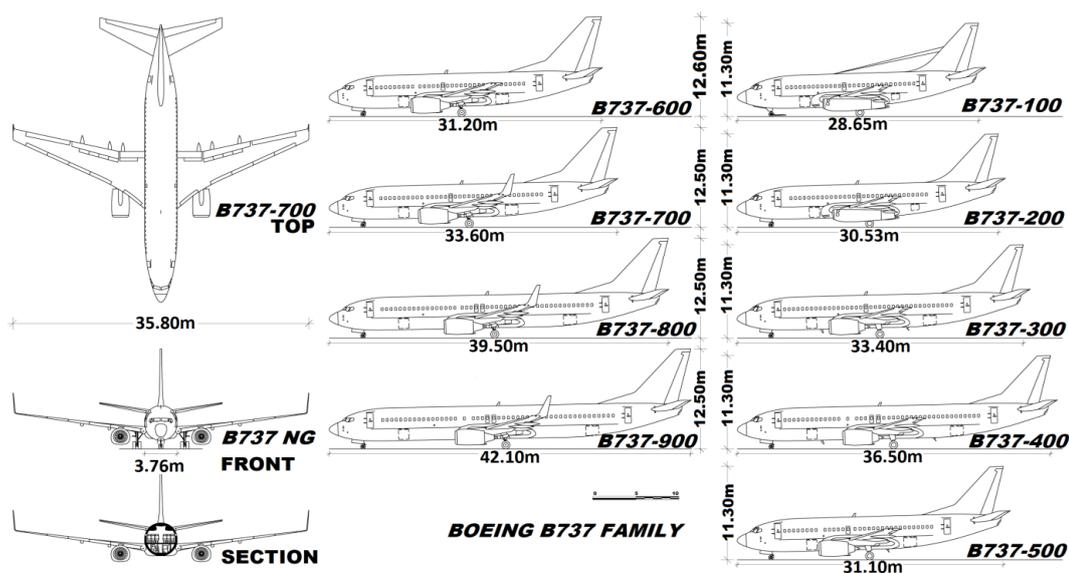
Nota. Tomado de: (Boeing company, 2021)

2.5. Dimensiones y áreas

Dentro de la familia Boeing existe diferentes medidas y áreas de las variantes de la aeronave como se aprecia en la Figura 2, también se debe mencionar que la evolución de la aviónica ha permitido la facilidad de maniobrar o realizar operaciones en tierra, en aeropuertos de baja o alta demanda que existen en las diferentes partes del mundo.

Figura 2.

Comparativa geométrica de la familia Boeing 737



Nota. Especificaciones oficiales de Boeing para la familia 737, Recuperado de:

Boeing Commercial Airplanes

2.6. Versiones producidas

Desde 1968 se ha fabricado diversas versiones de la aeronave la cual se adapta al continuo avance tecnológico y conectividad mundial, la demanda de los usuarios, y lo más importante las medidas de seguridad que progresan y se actualizan continuamente; varias versiones civiles de este avión son:

- **Boeing 737-100.-** Modelo inicial de esta familia, siendo el modelo más pequeño, ingresando en servicio en 1968. Solo 30 fueron pedidos y entregados, debido a que, a petición de las aerolíneas fue mejorada, dando nacimiento a la serie -200.
- **Boeing 737-200.-** Equipado con 2 ventanillas de emergencia, 1 a cada lado del fuselaje a la altura de las alas, diseñado para vuelos de corto y medio alcance pues su autonomía es 4 horas aproximadamente, o a 2.580 km.
(Boeing Company, s.f.)
- **Boeing 737-300.-** Fue entregado 252 pedidos en 1985, y más de mil unidades durante su tiempo de producción. Las series -300 permanecieron en producción hasta 1999.
- **Boeing 737-400.-** Mejorado con un nuevo parabrisas como equipamiento estándar. El prototipo fue presentado el 26 de enero de 1988, y voló por primera vez el 19 de febrero de 1988.
- **Boeing 737-500.-** Último modelo de la línea clásica, además la más pequeña, los -500 fueron ofertados debido a una demanda de los clientes, incorpora las mejoras de las series 737 Classic; permitiendo rutas más largas con menos pasajeros haciéndolo más económico que el 737-300.
- **Boeing 737-600.-** Lanzado en 1999, esta serie ha sufrido ventas débiles. Es el reemplazo directo para el 737-500, para rivalizar con el Airbus A318 y A319.

- **Boeing 737-700.**- Lanzado en 1993, es el reemplazo del 737-300 y competidor directo del A319. Teniendo una versión ER que mejora la estructura y autonomía del mismo.
- **Boeing 737-800.**- Extensión del fuselaje del -700, además el reemplazo directo de la Serie 400.
- **Boeing 737-900.**- Preserva varios aspectos importantes de la serie 800, la versión ER posee un par adicional de puertas de la salida y mejoras que aumentan su capacidad de asientos a 180 pasajeros.
- **Boeing 737 MAX.**- Ofrece un consumo un 16 % menor que las actuales aeronaves de Airbus para competir en el mercado de las nuevas generaciones. (Boeing Company Fact Sheet, 2006)

2.7. Presurización

Es el bombeo activo de aire comprimido en la cabina de una aeronave para garantizar la seguridad y confort de los ocupantes, es necesario cuando un avión alcanza una gran altitud, ya que la presión atmosférica natural es demasiado baja como para suministrar el suficiente oxígeno a los ocupantes. (Ccoyure, 2017, pág. 3)

Se debe tomar en cuenta que a mayores altitudes la presión atmosférica es menor, por lo que según indica Ricardo Ccoyure “Dentro de la aeronave para evitar incomodidad por hipoxia, la altitud de cabina máxima es la presión artificial en la cual se simula 8000 pies (Figura 3); independiente de la altitud real” (Ccoyure, 2017, pág. 5). Es decir, a cierta altitud alcanzada se genera la presión adecuada para la supervivencia de la tripulación y los pasajeros.

Figura 3.

Tabla de altitud en relación con la presión de aire.

	HEIGHT ABOVE SEA LEVEL	AIR PRESSURE PSI	
	50,000 ft	1.69	
	45,000 ft	2.15	
	40,000 ft	2.73	
INCREASED SYMPTOMS OF HYPOXIA	35,000 ft	3.47	
	30,000 ft	4.37	
	25,000 ft	5.46	
	20,000 ft	6.76	
	15,000 ft	8.29	
	10,000 ft	10.10	MAXIMUM PRESSURISED CABIN ALTITUDE
NORMAL HUMAN ACTIVITY	5000 ft	12.23	
	SEA LEVEL	14.496	

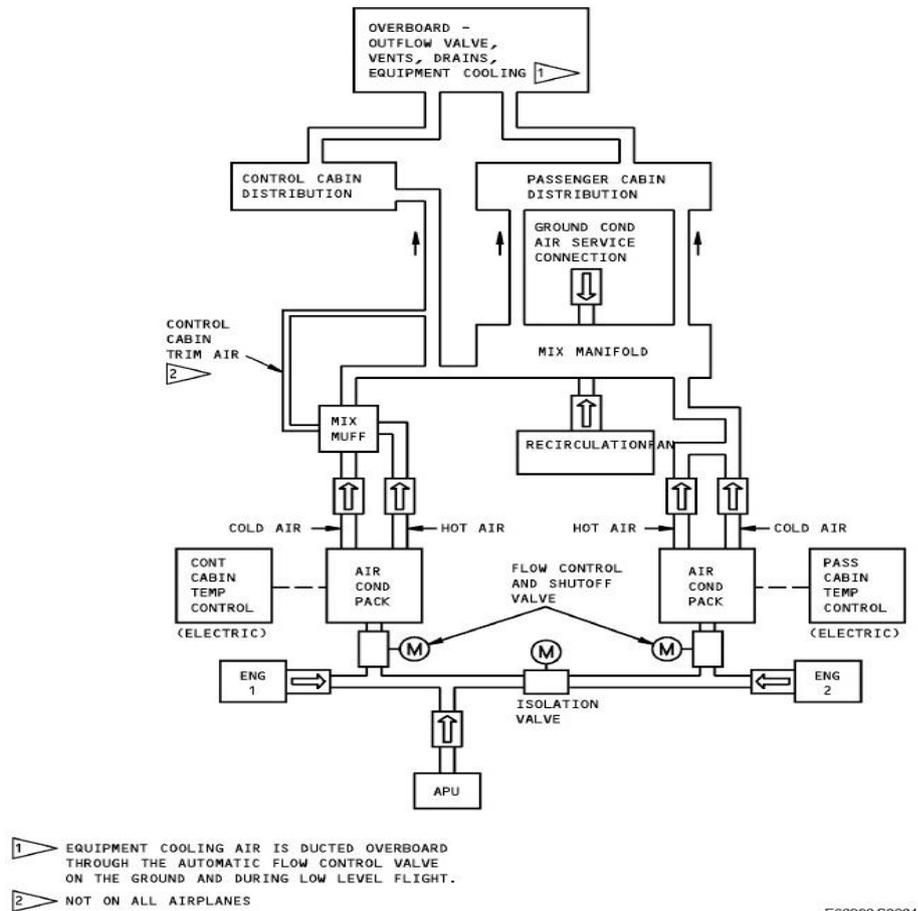
Nota. Tomado de: Escuela profesional ciencias aeronáuticas

2.8. Sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado es parte vital de la aeronave ya que muchos sistemas son dependientes de este, por lo que su mantenimiento es muy riguroso y efectivo; en la Fig. 4 se aprecia el funcionamiento simplificado del sistema de aire acondicionado de la aeronave Boeing 737.

Figura 4.

Esquema simplificado del aire acondicionado



Nota. Tomado de: Manual de mantenimiento Boeing 737- 300/400/500

Obteniendo el flujo de aire por medio de la unidad de potencia auxiliar (APU) y de los motores cuando están en operación, se direcciona el aire a través de los paquetes de aire acondicionado, regulados desde el panel de control de temperatura en cabina, este aire recirculado pasa por el control del colector y es ingresado a las diferentes compartimentos de la aeronave de una manera uniforme gracias a los distribuidores de cabina.

Durante las operaciones en tierra el sistema de aire acondicionado se realiza por planta externa o APU, pero durante en vuelo la aeronave extrae el aire

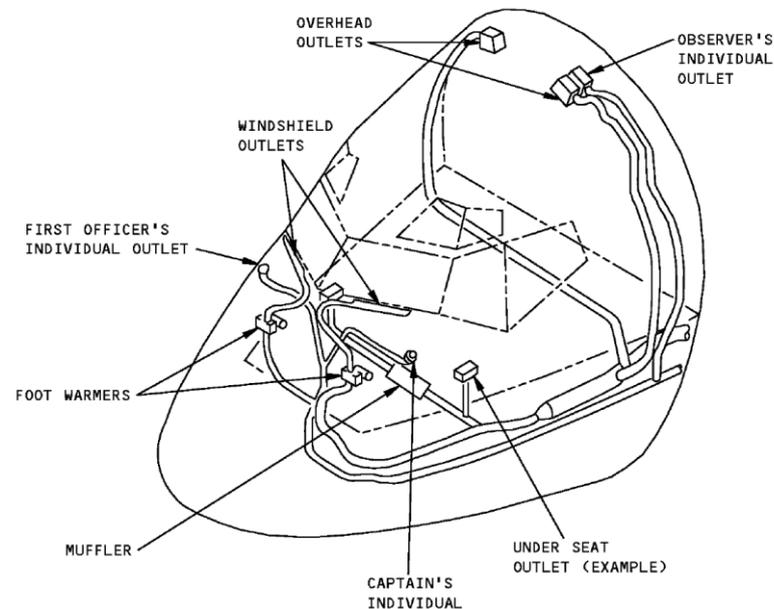
comprimido de los motores para alimentar el sistema de aire acondicionado, el aire que entra a la cabina es proporcionado por los compresores de los motores en vuelo, el cual recorre por el sistema llegando a los kits de presión y aire acondicionado (PACKs), suministrando al aire la temperatura y presión apropiada, finalmente este aire entra a la unidad de mezclado que reutiliza el aire en cabina, denominándose trim air.

El flujo combinado está limitado a un valor menos de lo que entra en la cabina desde el sistema, las válvulas de salida son reguladas para consumir la cantidad de aire necesaria para mantener la presión deseada. El aire acondicionado presenta los siguientes subsistemas como: distribución, control de presurización, refrigeración y control de temperatura.

2.8.1. Distribución.

En la distribución de aire de la aeronave Boeing 737, es simplificado a comparación de otras aeronaves ya que ofrece un esquema de fácil lectura para sus operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo, en las distribuciones se enumera los diferentes conductos que ofrecen aire en la cabina para proporcionar el replazo correcto del componente. Según Aircraft Maintenance Manual (2009) especifica que:

Este sistema envía aire con temperatura controlada por separado, un conducto a la cabina de pasajeros y otro sistema de conductos a la cabina de control. Este conducto de distribución se origina en el colector de mezcla, la rama izquierda y la rama derecha permiten que el aire mezclado fluya ascendente a las paredes saliendo por las rejillas inferiores y salidas en cada ventana permitiendo un flujo equilibrado de aire a la cabina de pasajeros. (Air Conditioning subsystems, pág. 5)

Figura 5.*Distribución de aire en la cabina de control*

Nota. Extraído de: Manual de mantenimiento Boeing 737-300/400/500

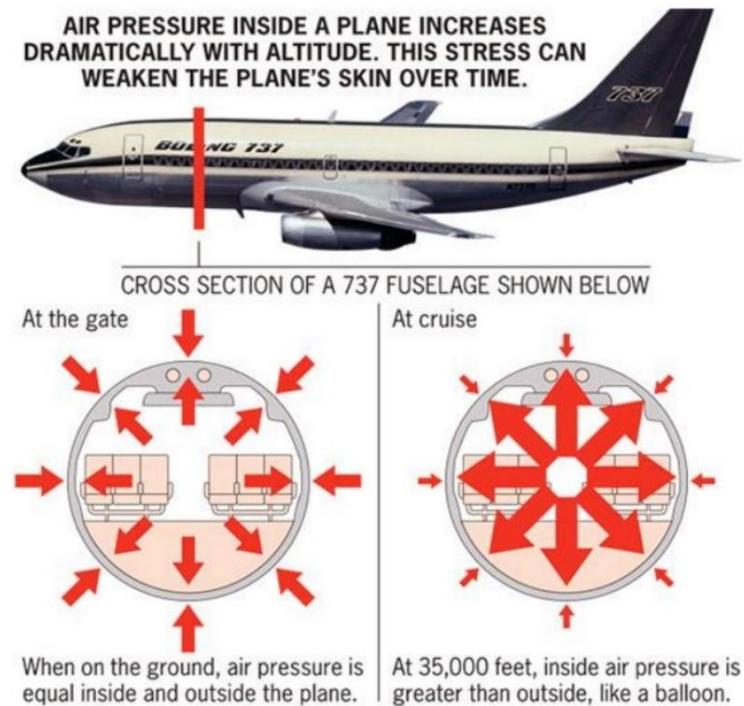
Dentro de la zona 2 de la aeronave, posterior al compartimiento de carga delantero se ubica por separado el sistema de aire acondicionado con su distribución de PACKs izquierdo y derecho, al presentar una falla o cambio del mismo se puede acceder por el compartimiento de carga delantero o por la bahía de tren de aterrizaje, según sea necesario el trabajo requerido para la corrección de la falla.

Por lo que el correcto funcionamiento del conducto de distribución de la cabina de control se separa del conducto de salida del pack izquierdo cerca del distribuidor principal, permitiendo el acondicionamiento al 100% a la cabina (Fig. 5), el aire mezclado fluye a la cabina de control cuando el pack izquierdo se encuentra apagado. (Boeing , 2009, pág. 5)

2.8.2. Sistema de control de presurización.

Figura 6.

Diferencia de presiones atmosféricas



Nota. Tomado de: Escuela profesional ciencias aeronáuticas

El sistema incluye el control de la presurización, válvulas de alivio e indicación de presión y advertencia.

Las válvulas de alivio incluyen dos válvulas de seguridad que evitan la sobre presurización y una válvula de alivio de vacío que evita la presión sea inferior a la del ambiente. Adicionando se instalan válvulas flappers de presión en ambos compartimientos de carga para proporcionar que la presión de estas varíe dentro de los límites con la presión de cabina. (Boeing , 2009, pág. 5)

Para la inspección del sistema en la aeronave es necesario herramientas de medición y de verificación del mismo por lo que según el Aircraft Maintenance Manual (2009):

Se permite la incorporación de indicadores para la supervisión de altitud de cabina, presión diferencial y tasa de cambio de presión, y un sistema de alerta de altitud que suena en cabina cuando se excede los 10.000 pies aproximadamente. (Boeing , 2009, pág. 5)

2.8.3. Enfriamiento.

El enfriamiento del aire de la aeronave es imprescindible para mantener una temperatura óptima y cómoda en la cabina, este sistema depende principalmente del aire de impacto, teniendo en cuenta que el aire proveniente de los motores de la aeronave es de temperaturas altas, si no existiera esta mezcla, los ocupantes estarían expuestos a altas temperaturas.

El sistema funciona con el paso de aire de purga a través de un intercambiador de calor primario y un intercambiador secundario enfría el aire suficiente para manejar el enfriamiento requerido, un sistema de control de modulación de aire de impacto regula automáticamente el suministro de aire refrigerante durante el vuelo para obtener el enfriamiento requerido con un mínimo de arrastre aerodinámico. Un separador de agua elimina el exceso de humedad del aire enfriado, que luego pasa por un inyector de agua rociando el núcleo del intercambiador de calor secundario enfriando el aire de sangrado, en el sistema incluye interruptores térmicos, sensores y válvulas para proporcionar protección automática y advertencia de un mal funcionamiento. (Boeing , 2009, pág. 6)

2.8.4. Control de temperatura.

Es indispensable un control total de la temperatura del ambiente de la cabina con el uso de instrumentos de medición, los que permitirán manejar la temperatura adecuada o correcta para evitar daños dentro de los sistemas y una mayor comodidad de los usuarios y tripulación.

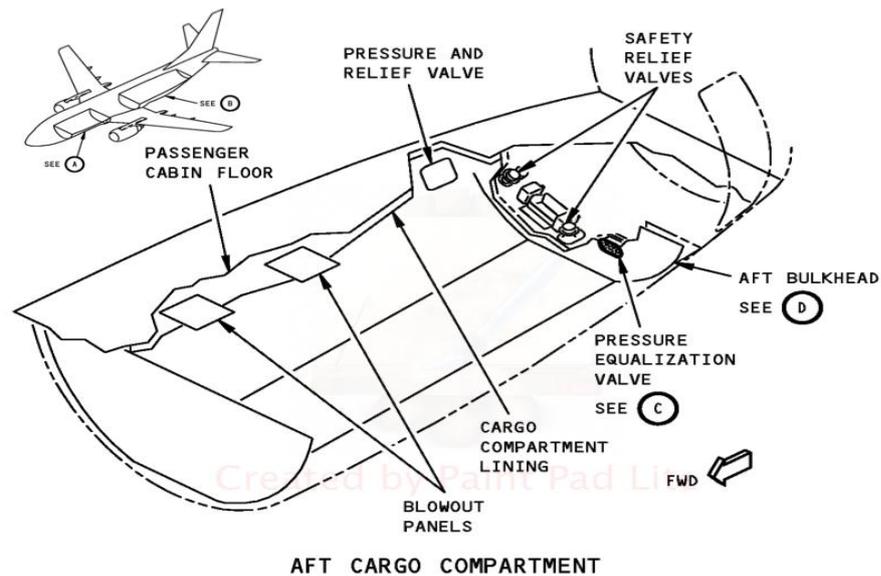
Este funcionamiento comienza con la entrada de aire a los sistemas de distribución se regulan por medio de válvulas de mezcla obteniendo comodidad del aire con la mezcla del aire de purga fría con el aire de mezcla caliente, existe una válvula de mezcla para cada sistema del ciclo del aire, dos juegos de controles en el panel superior ofrecen un control y supervisión automático o manual del sistema. El control izquierdo maneja el suministro de aire a la cabina de control mientras que el paquete derecho controla el suministro a la cabina de pasajeros (Boeing , 2009, pág. 6)

2.9. Válvulas de alivio de presurización

Las válvulas de presurización se instalan en el avión para evitar excesiva diferencia de presión positiva y negativa en el ambiente de la cabina. El sistema poseen cinco paneles de escape y cinco válvulas en las cuales están dos encargadas de alivio de seguridad, dos de la compensación de presión, y la última de alivio y presión; en la figura 7 se puede apreciar los diferentes componentes del sistema.

Figura 7.

Ubicación de las válvulas de alivio de presurización



Nota. Recuperado de: Manual de mantenimiento Boeing 737-300/400/500

2.9.1. Válvula de alivio de seguridad.

Estas válvulas de alivio de seguridad protegen contra el exceso diferencial de presión de la cabina cuando esta supera a la del ambiente, estas dos válvulas de alivio de seguridad trabajan independientemente y todos los otros sistemas evitan que la presión diferencial de cabina a ambiente supere los 8.35 psi. Estas válvulas de alivio de seguridad se instalan debajo del fuselaje aproximadamente en la parte inferior de la puerta de servicio derecha, como se aprecia en la figura 7.

Cada válvula consta de una **válvula de cabezal**, una **cámara de control** y un **control de sensor** operado por un diafragma con resorte para controlar la apertura de la válvula.

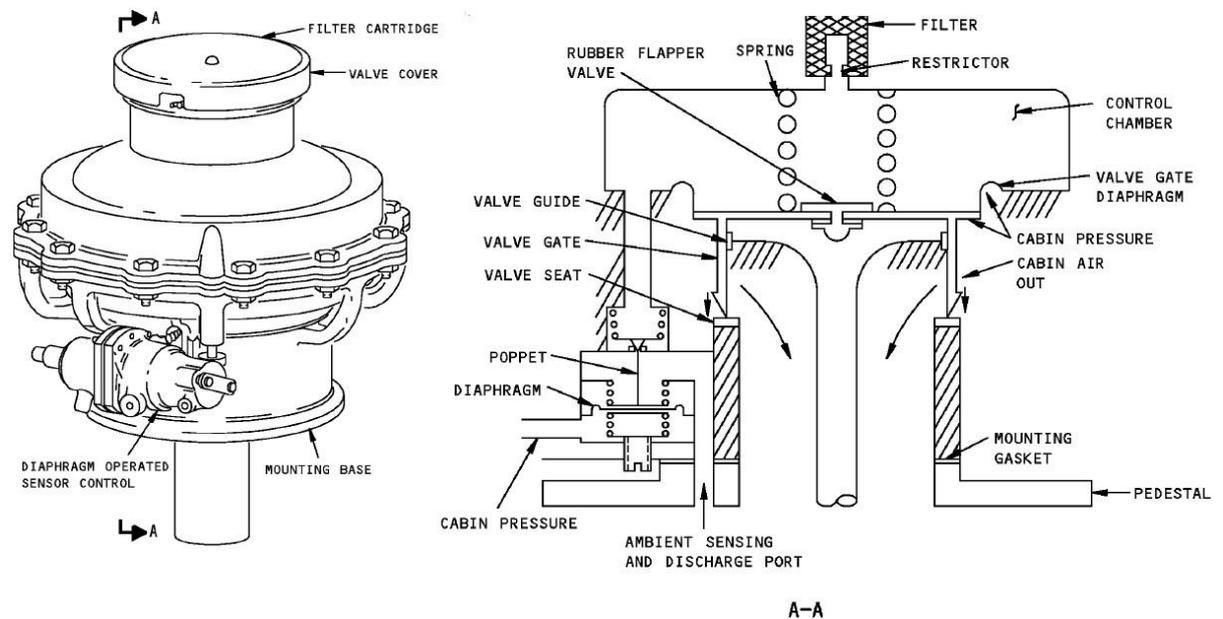
La cámara de control se ventila a la cabina pero tiene un restricto en la ventilación para limitar la entrada de aire a la cabina. También se instala un filtro para evitar la contaminación en la cámara de control. Otro conducto sale al ambiente a través de la válvula de control del sensor operada por un diafragma.

El control de sensor está separado por un diafragma representada en la Figura 8, en un lado detecta la presión de la cabina mientras que el otro extremo detecta la presión ambiente, una presión diferencial de 8.50 psi causara que el cabezal se abra dando paso de la ventilación desde la cámara de control al ambiente, esta ventilación reduce la presión dentro de la cámara.

La compuerta de la válvula, con la presión de la cámara de control en un lado causara que se abra la compuerta a una presión diferencial de aproximadamente 8.50 psi como resultado de la presión de la cabina del otro lado de la compuerta, el control de sensor operado por un diafragma asegura que la presión de cabina a ambiente no exceda los 8.50 psi. (Boeing, 2009)

Figura 8.

Esquema de la válvula de alivio de seguridad.



Nota. Extraído de: Manual de mantenimiento Boeing 737-300/400/500

2.9.2. Válvula de presión y alivio.

La válvula de presión y alivio proporciona protección contra la presión de ambiente cuando esta es más alta a la de cabina, evitando que una presión diferencial negativa se vuelva lo suficientemente grande como para dañar la estructura del avión.

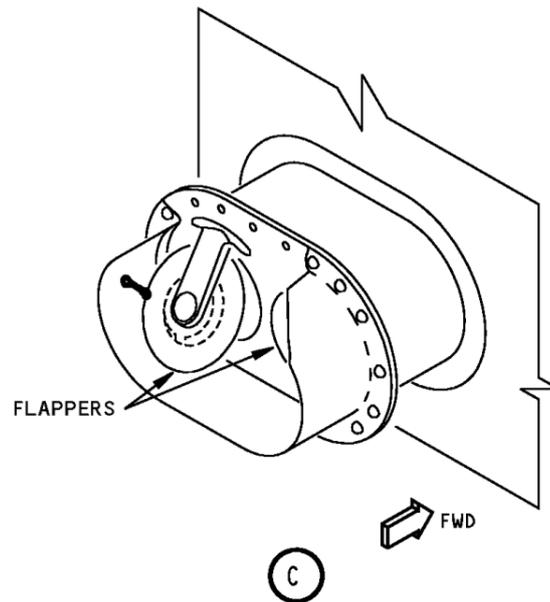
La válvula consiste en una puerta con resorte para que se libere automáticamente de la presión diferencial negativa. Esta válvula se localiza hacia adelante y por encima de la válvula de alivio de seguridad superior como se visualiza en la figura 7.

2.9.3. Válvulas de ecualización de presión.

Una válvula de ecualización de presión en los compartimientos de carga permite que la presión de los mismos y de las cavidades que los rodean varíe aproximadamente con los mismos cambios de presión de cabina, estos compartimientos están aislados del flujo de aire acondicionado normal. Estas válvulas se encuentran en el mamparo de popa de cada compartimiento de carga.

Cada válvula de ecualización de presión contiene dos aletas. Una de ellas se abre hacia fuera del compartimiento de carga mientras que la otra se abre hacia adentro, como vemos en la figura 9.

Se puede acceder a cada válvula desde el compartimiento de carga en donde se encuentran instaladas.

Figura 9.*Válvula de ecualización de presión*

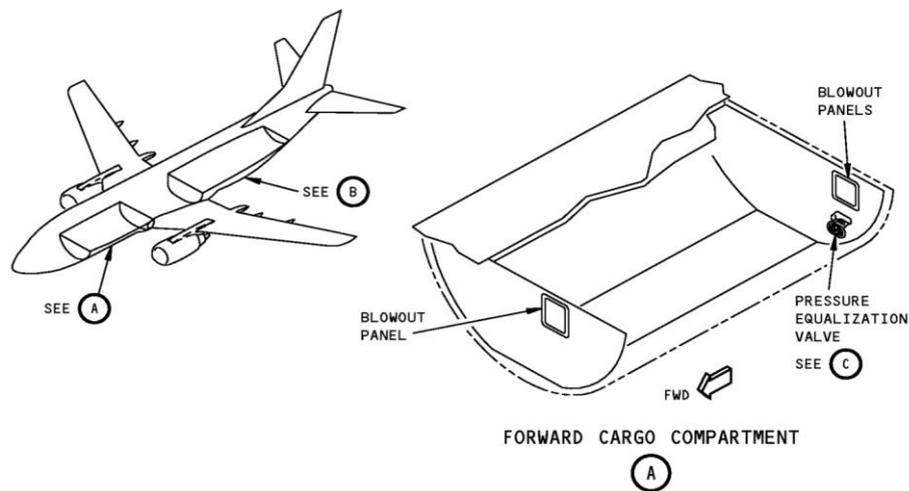
Nota. Recuperado de: Manual de mantenimiento Boeing 737-300/400/500

2.9.4. Paneles de expulsión o escape.

Los paneles de escape se ubican a lo largo de los compartimientos de carga para proteger la estructura respectiva de cambios de presión extremadamente bruscos. En el compartimiento de popa dos paneles de escape se ubican en el revestimiento del techo, un panel adicional se encuentra en el centro del mamparo trasero. En el compartimiento de carga delantero hay un panel de escape en el mamparo delantero y un panel de escape en el mamparo posterior, (Figura 10). (Boeing, 2009)

Figura 10.

Localización de los paneles de escape.



Nota. Recuperado de: Manual de mantenimiento Boeing 737-300/400/500

2.10. Prueba de válvulas de alivio de presión

La válvula de alivio dentro del sistema de presurización de la aeronave es un elemento primordial ya que por este medio se produce la salida del aire comprimido generada en el sistema, y una forma segura de regular la presión a la que se requiere adaptar a la aeronave, estas válvulas entran en acción cuando hay una sobre presurización y se necesita liberar aire para mantener una presión estable en la cabina. Esta válvula se acciona manual o automáticamente de acuerdo a las exigencias de la tripulación o entorno en la que se encuentra.

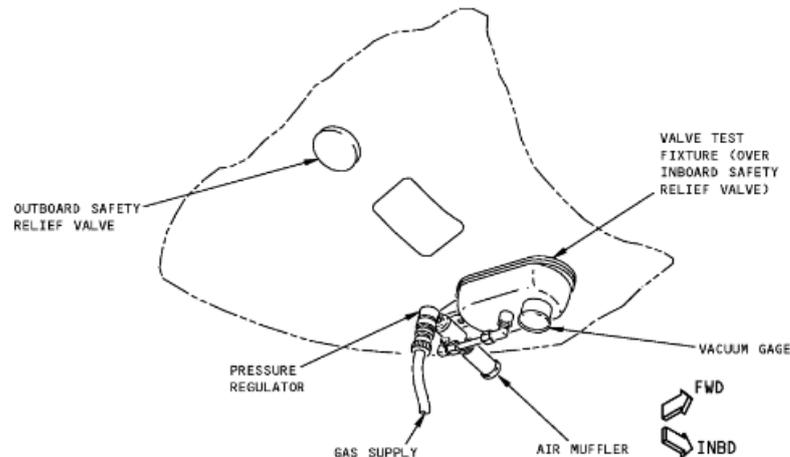
El corrector mantenimiento de esta válvula dentro del sistema es importante para evitar incidentes que comprometan a la aeronave en vuelo, por lo que es imprescindible la revisión continua de sellos y motores eléctricos que permitan el funcionamiento adecuado.

En el mundo de la industria se usa muchos procesos que implica el uso de gases a presión, los sistemas que manipulan estos fluidos se deben proteger de sobrepresiones que podrían causar daños o accidentes. Una

válvula de alivio de presión es un dispositivo que se abre para ventilar o expulsar la presión excedida con el que el sistema trabaja regularmente previniendo daño del mismo sistema y sistemas adyacentes. (Validyne Engineering, s.f.)

Figura 11.

Equipo de vacío para comprobación de válvulas



Nota. Para la aeronave Boeing 737 se utiliza un comprobador neumático de vacío para el chequeo operacional.

Un equipo de vacío se utiliza en aviación para la comprobación de estas válvulas de alivio de presión, se fabrica y se aprueba bajo certificaciones aprobadas por el fabricante de la aeronave, como se ve en la figura 11. Dentro del mantenimiento del Boeing 737, se aplica el equipo de vacío el cual se encuentra certificado para la aplicación dentro de los controles de verificación de las válvulas de presurización abarcadas en el sistema de aire acondicionado.

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del tema

3.1. Preliminar

En el presente capítulo se detalla el procedimiento para el chequeo funcional de las válvulas de presurización del sistema de aire acondicionado de la aeronave Boeing 737-300/400 realizando el proceso de acuerdo al manual de mantenimiento.

También en este capítulo se detallará el proceso y pasos a seguir para realizar un chequeo funcional de las válvulas de presurización de la aeronave Boeing 737-300/400 con la correcta utilización de la documentación y herramientas o equipos a usar, por lo que se sugiere retomar énfasis en el correcto uso de este documento.

3.2. Medidas de seguridad

Desde un principio el hombre ha tenido la necesidad de protegerse ante todo riesgo y percance que sucede durante el trabajo por lo que la seguridad industrial se enfoca en mitigar dichos riesgos y accidentes en un plano preventivo.

Para la realización de trabajos de rutina y de mantenimiento se debe tomar las correctas medidas de seguridad para prevención de futuros accidentes laborales y riesgos que se puedan evitar, salvaguardando la vida del personal involucrado.

Dichas medidas de seguridad se exponen ya sea en el manual de mantenimiento como también en reglamentos internos de la empresa, cada persona está sujeta a estas reglas que desde un comienzo deberá acatar para el buen funcionamiento del organismo ejecutor.

Los errores o falta de aplicación de medidas de seguridad no solo afectan al personal y equipos de trabajo sino que también perjudica la imagen de la empresa

que está encargada del mantenimiento aeronáutico por lo que es necesario inspección y actualización correspondientes al manual de seguridad.

3.2.1. Equipo de protección personal (EPP).

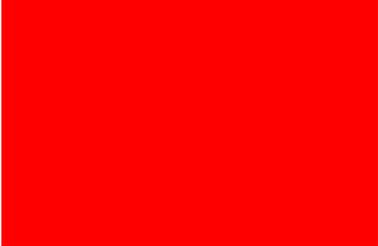
Es el conjunto de insumos necesarios y obligatorios que todo personal de mantenimiento debe portar a la hora de realizar el trabajo designado con la finalidad de salvaguardar el bienestar de la persona portadora.

Entre estos se encuentran lo que corresponde al casco de seguridad que protege de choques o caídas de objetos; el calzado de seguridad protegiendo los pies de ser aplastados o golpeados; guantes de protección para proteger de cortes, pinchazos, riegos químicos o térmicos; las gafas de protección cuidado el bienestar de los ojos; mascarilla de protección, Protectores auditivos, ropa de trabajo u overol y en casos de trabajo en altura el respectivo arnés de seguridad.

3.2.2. Señaléticas.

Son un sistema de comunicación visual resumido en un conjunto de figuras o símbolos con el objetivo de guiar, prevenir u organizar a una persona o conjunto de personas en un espacio compartido en base a las Normas INEN 439 que se encuentran en el Servicio Ecuatoriano de Normalización. A continuación, se presenta el símbolo y color que llevan las señales de seguridad:

Tabla 2.*Colores de seguridad y significado*

COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLOS DE USO
	Alto Prohibición	Señales de parada Signo de prohibición Este color se usa también para prevenir fuego y marcar equipo contra incendios.
	Atención Cuidado, Peligro	Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc)
	Seguridad	Rutas de escape, salidas de emergencias, estación e primeros auxilios.
	Acción obligatoria Información	Obligación de usar equipo de seguridad personal. Localización de teléfono.

Nota. Recuperado de: (NTE INEN 439, 1984)

Las señaléticas presentadas en la ORGANIZACION DE MANTENIMIENTO APROBADA - OMA se encuentran visibles en las entradas, salidas y espacios abiertos o donde requiera la notificación para que el personal de mantenimiento este continuamente en aviso de los peligros o información que se encuentren en el lugar.

3.3. Herramientas y equipos empleados

- Juego de llaves en pulgadas
- Planta motriz externa
- Equipo de vacío
- Equipo de protección personal (EPP)

3.4. Ajuste y prueba de la válvula de alivio de seguridad

Esta tarea abarca una prueba funcional de la válvula de alivio de seguridad utilizando un dispositivo de prueba Hamilton estándar.

La prueba consiste en intervenir en el sistema para disminuir la presión en el puerto externo a la válvula con la finalidad de tener una señal de alta presión en cabina, comprobando así la efectividad y garantizar que el elemento o componente se encuentra en óptimas funciones de operación.

3.4.1. Generalidades de la tarea.

Este procedimiento es una tarea de mantenimiento programado que tiene como finalidad la comprobación de la válvula de alivio de seguridad de la aeronave Boeing 737-300/400 con el accesorio de prueba hamilton standard.

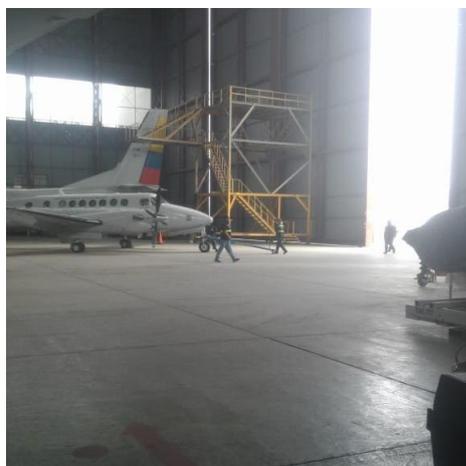
3.4.2. Advertencias.

Sostenga manualmente el conjunto de la cabeza de vacío contra en fuselaje de la aeronave durante la prueba, Si no se sostiene el conjunto correctamente durante la prueba puede caer del fuselaje y causar lesiones al personal o daño al equipo.

Evite el enredo de líneas neumáticas en el área de trabajo por prevención por posibles caídas o tropiezos, dificultando el trabajo o ejecución de la tarea a seguir.

Figura 12.

Instalaciones de la DIAF



Nota. Se requiere mantener un orden y limpieza en el hangar o lugar de trabajo.

3.4.3. Procedimientos previos a la tarea.

a. De acuerdo al manual de mantenimiento de la aeronave se dicta que se debe cerrar el interruptor del comprobador de la válvula de alivio de presión, con este previo procedimiento se evita un accidente, daño al equipo o al trabajador al momento de conectar a la fuente de poder.

Figura 13.

Equipo de comprobación de válvulas de alivio



b. Se conecta la fuente de aire al regulador de presión del comprobador de las válvulas de alivio, se debe asegurar de sostener firmemente las líneas neumáticas para evitar una salida descontrolada del aire al momento de la conexión.

Figura 14.

Instalación de la Bomba de vacío



Nota. Verificar que se haya realizado la conexión neumática correctamente.

3.4.4. Procedimientos de la tarea.

Se realiza la prueba en ambas válvulas de alivio de seguridad para conocer el estado de dichos elementos, el procedimiento es similar en ambas válvulas por lo que se explica y se detalla la comprobación de una.

Figura 15.

Válvulas de alivio de la aeronave

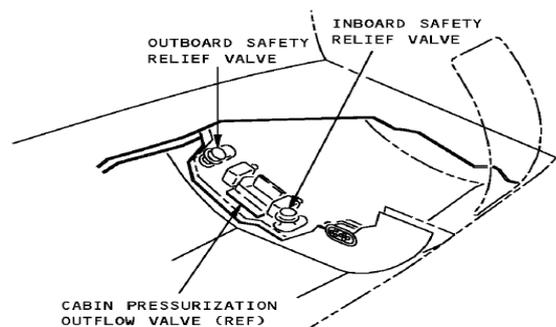


Nota. La aeronave Boeing 737 tiene dos válvulas de alivio en la parte inferior del conjunto de cola.

Verificar que las válvulas sean las correctas con el diagrama especificado en el manual de mantenimiento ya que al realizar la tarea en otro elemento se puede causar daños en la aeronave y en el material o equipo a usar.

Figura 16.

Esquema de ubicación de las válvulas de alivio



Nota. El Boeing 737 tiene las dos válvulas de alivio separados por la válvula de salida de presurización de cabina ubicada en el inferior del conjunto de cola.

- a. Para iniciar el procedimiento del chequeo se debe colocar el comprobador en la válvula de alivio de seguridad en el fuselaje.

Figura 17.

Válvula de alivio de seguridad de la aeronave



- b. Seguido se procede a colocar la ventosa del comprobador de la válvula de alivio delante del tubo deflector en la válvula de alivio de seguridad, y sostener el probador de presión en su posición para evitar saltos o golpes de la línea neumática.

Figura 18.

Instalación del comprobador de válvula al fuselaje



Nota: el accesorio se instala asegurando que la junta de accesorio de prueba no esté en la abertura de la válvula.

Se necesita verificar que se haya realizado las conexiones, por si se encuentra defectuosa una de las juntas o acoples, en caso de presentar dicho problema se deberá reparar o ajustar.

c. Se procede a abrir el regulador de presión de aire del comprobador de válvula de alivio para iniciar el flujo de aire.

Figura 19.

Apertura del regulador de aire



d. Se debe ajustar el regulador de presión de aire para que la indicación en el medidor de vacío aumente 4.5 pulgadas de mercurio (Hg)/minuto, hasta que el indicador de vacío muestre 15.8 pulgadas de mercurio (Hg).

Figura 20.

Instalación del dispositivo de comprobación



e. Cuando el indicador de vacío muestre 15.8 pulgadas de mercurio (Hg), se procede a ajustar el regulador de presión de aire para aumentar el vacío en incrementos de 0.1 pulgadas de mercurio (Hg).

Figura 21.

Comprobador marcando 15.8"Hg



f. Cada 10 segundos se debe aumentar 0.1 pulgadas de mercurio (Hg) en el sistema.

Figura 22.

Aumento de presión de vacío en el sistema



g. Se continúa los aumentos intermitentes de vacío de 0.1 pulgadas de mercurio (Hg) hasta que se abra la válvula; tener precaución en la apertura de la

válvula, ya que esta genera un salto al separarse el comprobador con la superficie del fuselaje.

Figura 23.

Apertura de válvula de alivio



h. Se debe monitorear la indicación en el medidor de vacío cuando se abra la válvula.

Figura 24.

Manómetro con indicación en InHg



i. Asegurarse de que la válvula se abra entre 16.3 a 17.0 pulgadas de mercurio (Hg), mantener el comprobador en su lugar mientras se acerca la lectura a la presión indicada.

Figura 25.

Equipo de comprobación realizando el chequeo



Si el procedimiento falla o no se realiza adecuadamente la instalación del equipo de vacío, se recomienda realizar nuevamente la tarea de mantenimiento siguiendo los pasos indicados.

j. Cuando se haya finalizado la manipulación del equipo se debe cerrar el regulador de presión del comprobador la válvula, verificando que todos los parámetros se encuentran en orden.

Figura 26.

Cierre del regulador de aire



k. Retirar el accesorio de prueba de la válvula de la aeronave, con precaución ante posibles golpes o ralladuras que se podría ocasionar en el fuselaje.

Figura 27.

Retiro de la válvula comprobadora de presión



l. Desconectar la fuente de aire del regulador de presión para su posterior almacenaje.

Figura 28.

Equipo neumático de vacío para comprobación de válvulas de alivio.



CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Tras culminar el presente proyecto de titulación se concluye:

- En la aplicación del chequeo operacional de las válvulas de alivio de la aeronave se utilizó toda la información recopilada del manual del fabricante y el equipo necesario para la ejecución.
- Se requiere seguir las indicaciones que menciona el fabricante en el manual de mantenimiento ya que al utilizar aire a presión se corre el riesgo de lesiones o daños del equipo o personal involucrado.
- La presión diferencial que se requiere para abrir la válvula de alivio es alrededor de 16 a 17 pulgadas de mercurio por lo que el sistema de alivio de la aeronave se encuentra calibrado y en óptimas condiciones para su funcionamiento.

4.2. Recomendaciones

Tras concluir el proyecto de titulación se recomienda:

- Al realizar cualquier trabajo de mantenimiento se recomienda utilizar el adecuado EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL (EPP) dependiendo de la tarea a desempeñarse, en el caso de trabajos en altura se utilizara el adecuado arnés de seguridad.
- Es indispensable la utilización de los manuales de mantenimiento de la aeronave a aplicar ya que el fabricante estipula las medidas a tomar y herramientas a utilizar ya que al no seguir dichas recomendaciones tenemos la posibilidad de averiar la aeronave o herramienta implementada.
- Es esencial en el área de trabajo en el cual se va a desempeñar que se encuentre limpia y ordenada para ejecutar con efectividad las tareas de mantenimiento.
- Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de la herramienta implementada para prolongar su vida útil.

Glosario

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

Aeronavegabilidad: Capacidad de una aeronave para operar en condiciones seguras.

Envergadura: Ancho total de la aeronave e un extrema del ala hacia el otro extremo.

Fuselaje: Estructura principal del avión, se encuentra en el centro en la cual se acoplan las demás partes del avión.

Válvula de alivio: componente de un sistema presurizado le cual está diseñado para aliviar la presión cuando un fluido supera un límite preestablecido evitando la explosión del sistema o equipo.

Presurización: es la acción que se desarrolla para resguardar, en cierto ámbito, las condiciones normales de presión atmosférica, aun cuando en el exterior dicha presión es diferente.

Presión: magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie.

Comprobar: pasar a tener la certeza de la veracidad de una suposición, dato o resultado obtenido anteriormente mediante demostración o pruebas que acreditan como ciertos.

Mantenimiento preventivo: Operaciones de preservación simple y el cambio de partes estándar pequeñas que no involucran operaciones de montaje complejas en concordancia con la parte 43 de las regulaciones de aviación civil.

Abreviaturas

PSI: libras por pulgada cuadrada.

"Hg: Pulgadas de mercurio.

EPP: Equipo de protección personal.

OMA: Organización de mantenimiento Aprobada.

DIAF: Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

AMM: Aircraft Maintenance Manual (Manual de Mantenimiento de la Aeronave).

FAA: Federation Aviation Administration (Administración Federal de aviación).

Bibliografía

- Boeing . (2009). Air Conditioning subsystems. En B. proprietary, *Aircraft Maintenance Manual* (págs. 21-00-00).
- Boeing. (2009). Air Conditioning Description and Operation. En *Aircraft Maintenance Manual* (págs. 21-00-00). Boeing proprietary.
- Boeing. (2009). Pressurization Relief Valves - Descripción an Operation. En B. Proprietary (Ed.), *Aircraft Maintenance Manual* (págs. 21-32-00).
- Boeing. (2009). Pressurization Relief Valves - Safety Relief Valves. En Boeing, & B. proprietary (Ed.), *Aircraft Maintenance Manual* (págs. 21-32-00).
- Boeing company. (11 de 02 de 2021). *About the Boeing 737*. Recuperado el 12 de 02 de 2021, de Boeing: <http://www.boeing.com/commercial/737ng/>
- Boeing Company. (s.f.). *Boeing 737-100/200*. Recuperado el 12 de 02 de 2021, de Airliners.net: <https://www.airliners.net/aircraft-data/boeing-737-100200/91>
- Boeing Company Fact Sheet. (06 de 2006). *The new Boeing 737 900ER*. Recuperado el 14 de 02 de 2021, de WayBackMachine: https://web.archive.org/web/20090106021514/http://www.boeing.com/commercial/737family/media_kit/index.html
- Ccoyure, R. (4 de junio de 2017). *16 sistema de presurización*. Recuperado el 14 de 08 de 2020, de 16 sistema de presurización: <https://es.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/16-sistema-de-presurizacin>
- Emptyleg. (s.f.). *BOEING 737 - 600/700/800/900/900ER*. Retrieved 2020 йил 03- junio from BOEING 737 - 600/700/800/900/900ER: <https://www.emptyleg.com/es/planes/boeing-737---600700800900900er>

En El Aire. (2019 йил 10-Новiembre). *Un vistazo a la historia del avión comercial más famoso del mundo: Boeing 737*. Retrieved 2020 йил 03-junio from Un vistazo a la historia del avión comercial más famoso del mundo: Boeing 737: <http://enelaire.mx/un-vistazo-a-la-historia-del-avion-comercial-mas-famoso-del-mundo-boeing-737/>

Federal Aviation Administration. (27 de Febrero de 2009). *Chapter 2: Birth of FAA*. Recuperado el 3 de Junio de 2020, de Federal aviation admistration: https://www.faa.gov/about/history/historical_perspective/media/historical_perspective_ch2.pdf

Javier. (09 de abril de 2019). *BuckerBook Blog*. Recuperado el 29 de 07 de 2020, de La historia del Boeing 737 – El avión más vendido del mundo: <https://www.buckerbook.es/blog/la-historia-del-boeing-737-el-avion-mas-vendido-del-mundo/>

New, J. (10 de Abril de 2017). *Jet New*. Recuperado el 29 de 07 de 2020, de Historia de los 50 años del Boeing 737: <https://jetnews.com.mx/ve-la-historia-de-los-50-anos-del-boeing-737/>

NTE INEN 439. (1984). *Buzon Normas INEN*. Recuperado el 14 de 08 de 2020, de Servicio Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/439.pdf>

Validyne Engineering. (s.f.). *Prueba de válvula de alivio de presión ASME*. Recuperado el 12 de 02 de 2021, de Validyne Engineering: <https://www.validyne.com/blog/asme-pressure-relief-valve-testing/>

Anexos