



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
“MOTORES”**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA
QUE MUESTRE LA RETRACCIÓN Y EXTENSIÓN DEL TREN
DE ATERRIZAJE DEL EMBRAER 170/190 MEDIANTE EL
ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: ORTEGA ZEAS RONALD YORDANO

DIRECTOR: ING. BAUTISTA RODRIGO

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES
CERTIFICACIÓN

Ing. Rodrigo Bautista

CERTIFICA

Que el trabajo titulado, “Construcción de una maqueta didáctica que muestre la retracción y extensión del tren de aterrizaje del Embraer 170/190 mediante el accionamiento neumático para la Unidad de Gestión de Tecnologías.” Realizado por ORTEGA ZEAS RONALD YORDANO con C.I. 0704390533 ha sido revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de acrobat (PDF). Autoriza a ORTEGA ZEAS RONALD YORDANO que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Ing. Rodrigo Bautista

Latacunga, Mayo 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES
DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, ORTEGA ZEAS RONALD YORDANO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado **DENOMINADO “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE MUESTRE LA RETRACCIÓN Y EXTENSIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL EMBRAER 170/190 MEDIANTE EL ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.”** Ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de este proyecto de grado en mención.

Ortega Zeas Ronald Yordano

0704390533

AUTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Mayo 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES
AUTORIZACIÓN**

Yo, Ortega Zeas Ronald Yordano

AUTORIZO A:

La Unidad de Gestión de Tecnologías sustentada en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual y física de la institución el trabajo **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE MUESTRE LA RETRACCIÓN Y EXTENSIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL EMBRAER 170/190 MEDIANTE EL ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Ortega Zeas Ronald Yordano

0704390533

AUTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Mayo 2015

DEDICATORIA

Siempre me he sentido maravillado por la linda familia que tengo, se han preocupado de mí desde el momento en que llegué a este mundo, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida. Muchos años después, sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro exitosamente conseguido, mi proyecto de grado.

Quiero agradecerles por todo, no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y lo bien que me siento por tener una familia tan asombrosa, en especial a mi querida madre Rosa Estela Zeas Bermeo que no había día en el cual no desistía por tratar de ayudarme y estar pendiente siempre de mí, gracias por no solo ayudarme en gran manera a concluir el desarrollo de esta tesis sino por todos los bonitos momentos que pasé en el proceso.

Ronald Yordano Ortega Zeas

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a mis padres por su ayuda económica y moralmente, consejos y sobre todo abastecerme con todo lo necesario para culminar mi periodo lectivo.

También a mis familiares y amigos por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora, en especial a mi tía Elva Ortega que con su amor de madre me ha guiado y ha inculcado en este lugar desconocido ofreciendo lo más valioso para seguir adelante disciplina y amor, como no reconocer también por todo el apoyo que me brinda mi primo Diego Paredes portándose como un hermano mayor causando así que siempre me mantenga en lo correcto y no decline en la vida.

Como no olvidar a mis maestros(a) quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza adquirí lo necesario y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien y llegar al objetivo de ser tecnólogo.

Ronald Yordano Ortega Zeas

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMARY	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO I.....	1
TEMA	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento Del Problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivo Específico	3
1.5 Alcance.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Introducción a la aviación.	4
2.2 Disposición del tren de aterrizaje	6
2.3 Trenes de aterrizajes	7
2.4 Función de los trenes de aterrizaje	9

2.5 Clasificación de los trenes de aterrizaje en función a la superficie	10
2.6 Movimiento de la rueda de nariz	14
2.7 Tipos de trenes en base a sus sistemas de suspensión	18
2.8 Sistemas de accionamiento de retracción y extensión	19
2.9 Requisitos del tren de aterrizaje	20
2.10 El avión Embraer 190	21
2.11 Acciones que realizan los trenes de aterrizaje del avión Embraer 190.	22
2.12 Partes principales del tren de aterrizaje del avión Embraer	28
2.13 Frenos.	34
2.14 Neumática	36
2.15 Maqueta Didáctica	39
2.16 Maqueta esquemática y dinámica	41
2.17 Máquina Laser	41
2.18 Acrílico	42
CAPÍTULO III.....	43
CONSTRUCCIÓN	43
3.1 Preliminares.....	43
3.2 Requerimientos técnicos para implementar la maqueta didáctica.	44
3.3 Diseño.	46
3.3.1 Diseño del tren principal del Embraer 190.	47
3.4 Ensamble.....	49
3.4.1 Adquisición de elementos y materias primas.	49
3.4.2 Corte de los componentes de los trenes.	49
3.4.3 Adhesión de las partes cortadas.	50
3.4.4 Colocación de las líneas neumáticas para su funcionamiento.	51
3.4.5 Armado total de la maqueta.	53

3.5 Pruebas funcionales y operativas.	56
MANUAL DE OPERACIÓN	58
MANUAL DE MANTENIMIENTO	63
3.6 Análisis económico.	65
CAPÍTULO IV	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1 Conclusiones.	67
4.2 Recomendaciones.	67
GLOSARIO.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72
ANEXOS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de la evolución de la aviación.	4
Figura 2. Tren de nariz PL-2	5
Figura 3. Tren de nariz de última tecnología.	6
Figura 4. Accionamiento de los pedales de control de dirección.	6
Figura 5. Tren principal de un DC 10.	8
Figura 6. Aeronaves en fase de taxeo.	9
Figura 7. Aeronaves con flotadores y esquíes.	11
Figura 8. Airbus 320 con trenes de rodadura extendidos.	12
Figura 9. Piper PA 18 con tren de patín de cola.	13
Figura 10. Sistema de cable y polea	13
Figura 11. Accionamiento de los pedales de control de dirección.	14
Figura 12. CONTROL STEERING del Embraer 170.	15
Figura 13. CONTROL STEERING del Embraer 170	15
Figura 14. Tren fijo.....	16
Figura 15. Tren retráctil	18
Figura 16. Avión Embraer 190	21
Figura 17. Vista frontal del sistema de trenes de aterrizaje.	23
Figura 18. Vista frontal del sistema retractable del MLG.	24
Figura 19. Elementos que retraen el tren de aterrizaje.	25
Figura 20. Sistema de bloqueo de tren arriba y abajo.	25
Figura 21. Tren de aterrizaje de nariz (NLG).....	26
Figura 22. Sistema de detección de proximidad del (NLG).	27
Figura 23. Total de neumáticos y ruedas del Embraer.	28
Figura 24. Shock Strut	29
Figura 25. Brazo de retención de posición retráctil.	29
Figura 26. Luck Strut	30
Figura 27. Neumáticos de un tren de aterrizaje.	32
Figura 28. Control de nariz hidráulico del Embraer.	32
Figura 29. Posición del Steering en la cabina.	32
Figura 30. Resortes de bloqueo del Embraer.	33
Figura 31. Sensores de proximidad del Embraer.	33

Figura 32. Cilindro actuador del Embraer.	34
Figura 33. Estructura de recepción de impacto del Embraer.....	34
Figura 34. Accionamiento de los pedales de control de dirección.....	35
Figura 35. Accionamiento de los frenos.....	36
Figura 36. Maqueta de avión Airbus A400M.	39
Figura 37. Maqueta de avión Mirage F1.	40
Figura 38. Maqueta dinámica de un motor hecho de plástico.	41
Figura 39. Tren de aterrizaje principal.....	41
Figura 40. Maquina laser	42
Figura 41. Acrílico.....	42
Figura 42. Maqueta de retracción y extensión del avión EMBRAER 190.	44
Figura 43. Diseño CAD de maqueta dinámica de tren de aterrizaje.....	45
Figura 44 Diseño CAD en INVENTOR.....	45
Figura 45. Diseño CAD en INVENTOR.....	46
Figura 46. Estructura principal del tren de nariz.....	46
Figura 47. Diseño del tren de principal.....	47
Figura 48. Estructura de impacto telescópica del tren de principal.....	47
Figura 49. Estructura de impacto telescópica del tren de principal.....	48
Figura 50. Estructura de impacto telescópica del tren de principal.....	48
Figura 51. Estructura de impacto telescópica del tren principal.	50
Figura 52. Perspectiva del número de partes que conforman el tren.	50
Figura 53. Perspectiva del diseño versus el ensamble.	51
Figura 54. Cilindro doble efecto que actúa el sistema de trenes.	51
Figura 55. Válvula de control 5/2.	52
Figura 56. Referencia de posición del acole tipo t.....	52
Figura 57. Esquema del sistema neumático.	52
Figura 58. Armado de los trenes en la cabina.....	54
Figura 59. Conexión del tren de nariz al actuador.....	55
Figura 60. Identificación en el tablero.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la clasificación de los trenes por su ubicación.....	7
Tabla 2. Características generales del avión Embraer 190.	22
Tabla 3. Pruebas funcionales.	57
Tabla 4. Pruebas operativas.	57
Tabla 5. Tabla de gastos.	65

RESUMEN

Esta investigación nace de la necesidad de mostrar de una forma fácil y sencilla la retracción y extensión del tren de aterrizaje del avión Embraer 170/190, para ello se realizó un proyecto previo de investigación, a continuación se redactaron de forma resumida y concisa los conceptos necesarios para dar inicio a la fase práctica, dichos conceptos, comprenden las bases teóricas del que es un tren de aterrizaje, funcionamiento, y uso del mismo en el avión Embraer 170/190, estos conceptos se aprovecharon en la fase práctica de esta investigación, es de relevancia informar al lector que la parte práctica de este proyecto basa su funcionamiento en la mecánica de los fluidos, en este caso el aire, por ende está enfocada a realizar la locomoción mediante el accionamiento neumático, esta búsqueda dio como resultado el uso de herramientas poco convencionales en la construcción y el diseño, es así que se realizó el esbozo de los trenes de aterrizaje en el software CAD solid Works, y posterior a ello se procedió al corte en laser de los diseños en policarbonato de alta resistencia, esto dio como resultado un conjunto de partes que se adhirieron unas a otras para dar forma a los trenes que se ubicaron en la estructura tipo cabina que se encontraba en la Unidad de Gestión de Tecnologías, en ella se realizaron acoples y reestructuraciones que sirvieron para la instalación de los trenes de aterrizaje, esto tiene su referencia escrita en el capítulo III, se realizaron pruebas de funcionamiento, y por último se plasmó el capítulo IV con sus conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVES:

- **TRENES DE ATERRIZAJE**
- **EMBRAER 170/190**
- **EXTENSIÓN Y RETRACCIÓN**
- **NEUMÁTICA.**

ABSTRACT

This research arises from the need to show a simple and easy way for Embraer 170/190 landing gear retraction and extension, a previous research project was performed, then drafted briefly and concisely the concepts needed to start the practical phase, these concepts comprises, the theoretical basis of landing gear functioning and use of Embraer 170/190 aircraft, These concepts were used in the research practical phase relevant to inform the reader that the practical part of this project bases its operation in the fluid mechanics, in this case the air. Thus it is focused to perform the pneumatically locomotion, this search resulted in using unconventional tools in the construction and design, then the landing gear was drawn in CAD solid Works software, after it was cut in laser designs of highly resistant polycarbonate, it resulted in an assembly of parts adhered to each other to give shape to the trains placed in the cabin type structure at Unidad de Gestión de Tecnologías; couplings and restructurings were made and then used in the landing gear installation, it is included in chapter III, besides functional tests were performed, and finally chapter IV has conclusions and recommendations.

KEYWORDS:

- **LANDING GEAR**
- **EMBRAER 170/190**
- **EXTENSION AND RETRACTION**
- **PNEUMATICS.**

Legalized by: MSc. Rosa E. Cabrera T.

CAPÍTULO I

TEMA

“Construcción de una maqueta didáctica que muestre la retracción y extensión del tren de aterrizaje del Embraer 170/190 mediante el accionamiento neumático para la Unidad de Gestión de Tecnologías”.

1.1 Antecedentes.

La Unidad de Gestión Tecnológica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Al ser una entidad de formación civil y militar en el campo aeronáutico, debe estar acorde con el continuo avance tecnológico con las exigencias y necesidades actuales, mejorando los métodos didácticos, estimulando el desarrollo académico de los estudiantes.

Por lo que se propone la dinamización de la retracción y extensión de los trenes de aterrizaje del avión Embraer 170/190, elaborando una maqueta didáctica, para observar de mejor manera los conocimientos impartidos por los educadores, proporcionando mayores facilidades de comprensión teórica - práctica de los estudiantes.

Se realizó el tema tomando en cuenta el antecedente de trabajo de graduación tal como:

1.- “Construcción de una máquina de simulación del sistema de emergencia para la extensión del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente realizado por Mise Chango Juan Carlos en el extinto Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ahora Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas en el año 2004”.

Esta investigación está enfocada a realizar uso de las tecnologías más vigentes en el campo del desarrollo de partes y productos, se discrepa del proyecto antes descrito porque su uso es meramente CIVIL, que realiza la extensión y retracción con los procesos normales, y no con los de emergencia. Es una de las primeras que tomará como modelo inicial a los trenes del avión EMBRAER 190 que en la actualidad se encuentra siendo operado por las líneas aéreas más importantes del país como son, TAME, LAC, LAN, y esto ayudará a la familiarización de los futuros mecánicos en mantenimiento, que posiblemente obtengan su campo laboral en las mencionadas instituciones.

1.2 Planteamiento del Problema

En la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE cuenta con enseñanzas teóricas y prácticas sobre el funcionamiento de los trenes de aterrizaje, en vista de que las maquetas existentes no sustentan el funcionamiento específico de los trenes de aterrizaje del avión Embraer 170/190, se tiene la necesidad de implementar una maqueta con los componentes similares a la aeronave mostrando la retracción y extensión de los trenes de aterrizaje, ya que siempre se han guiado mediante los CBT para observar este sistema y así, mejorar y complementar las enseñanzas impartidas por el docente ya que existen aerolíneas que hoy en día tiene aeronaves con estos sistemas en los trenes de aterrizaje dentro del país.

1.3 Justificación

La construcción de la maqueta de retracción y extensión del tren de aterrizaje accionado neumáticamente contribuirá al personal docente y alumnado de la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE para instruir y tener profesionales de calidad a futuro en vista de que las compañías actuales que operan en el Ecuador constan con este tipo de aeronaves

donde se podrá acoplar y realizar fácilmente este sistema en el ámbito aeronáutico.

Además será un medio didáctico de enseñanza-aprendizaje que fomentará alternativas donde reforzará cómo es un accionamiento neumático para el desarrollo intelectual de los estudiantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Construir una maqueta didáctica que muestre la retracción y extensión del tren de aterrizaje del avión Embraer 170/190 con accionamiento neumático para la enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, según las normas del CBT del avión Embraer 170/190.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Verificar información específica acerca de los trenes de aterrizaje del avión Embraer.
- Realizar planos y adquirir materiales para la construcción de la maqueta de retracción y extensión de los trenes de aterrizaje del avión Embraer 170/190.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.5 Alcance

El presente trabajo está dirigido a mejorar los conocimientos prácticos de operación y funcionamiento acerca del tren de aterrizaje del avión Embraer 170/190 accionado neumáticamente para el inter aprendizaje de los estudiantes y docentes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a la aviación.

En la humanidad siempre había existido el deseo de volar. Los primeros pasos para alcanzar el sueño se realizaron en el siglo XVIII con globos aerostáticos, alzaban el vuelo pero no podían ser controlados. Ya en el siglo XIX llegó la solución con los globos dirigibles. Durante todo este siglo se empezó a investigar con planeadores pero no fue hasta principios del XX, concretamente en 1903, cuando los hermanos Wright se hicieron famosos por realizar el primer vuelo en un avión controlado.

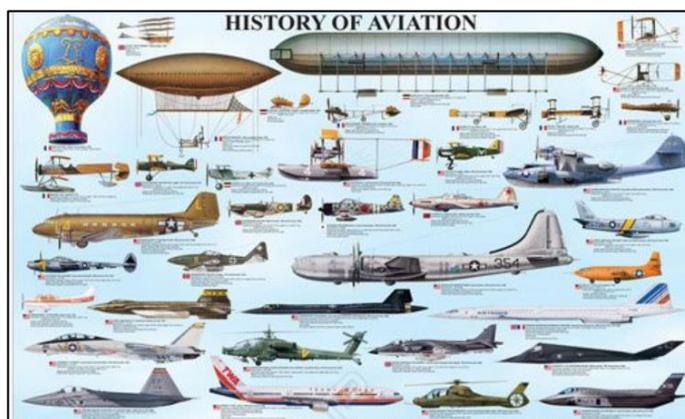


Figura 1. Ilustración de la evolución de la aviación.

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?newwindow=1&biw=1366&bih=667&tbm=isch&sa=1&q=ilustracion>

En la época de la Primera Guerra Mundial, los aviones fueron una pieza clave y avanzaron a marchas forzadas. Las avionetas, en su mayoría provistas por una sólo hélice en su parte frontal, pasaron a tener capacidad para dos personas y los motores aumentaron su potencia, doblando la velocidad punta.

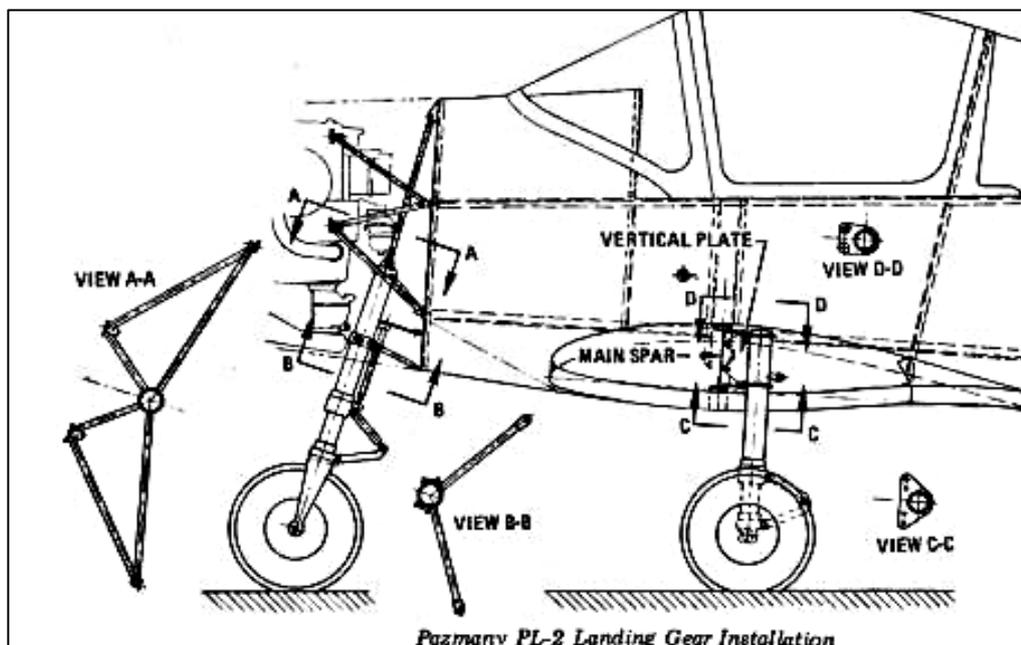


Figura 2. Tren de nariz PL-2

Fuente: <https://www.google.com.ec/search>

El tren de aterrizaje ha estado presente en el mundo de la aviación desde el principio, pues era necesaria una estructura que sea liviana y que permita el desplazamiento a grandes velocidades para poder iniciar el efecto de levante, existen varios tipos de trenes y estos varían de acuerdo a la función y tipo de aeronave, se puede pensar en un tren de los años 40 y es evidenciable el enorme salto en diseño y tecnología con respecto a los primeros trenes de aterrizaje y este con respecto a uno perteneciente a un Boeing 777 con múltiples neumáticos y sistemas de frenado por fluidos hidráulicos, se puede plantear en este momento que los trenes de aterrizaje han formado parte del campo aeronáutico desde sus inicios y es el método más eficiente e único para que el avión pueda tocar tierra, taxear, y ser autónomo en tierra.

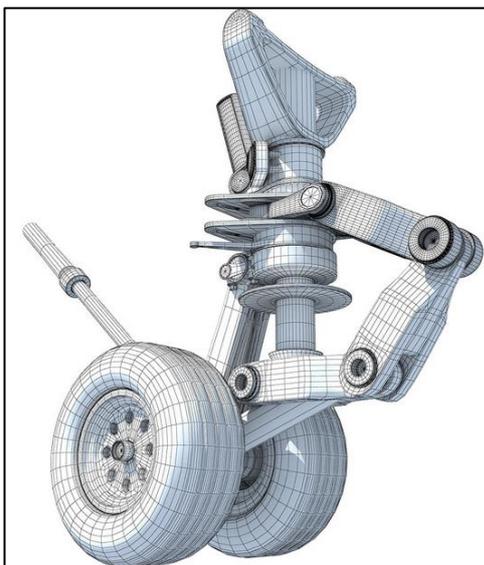


Figura 3. Tren de nariz de última tecnología.

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?newwindow>

2.2 Disposición del tren de aterrizaje

En los últimos años se ha desarrollado considerablemente el número de pistas para aterrizaje y con ello el empleo de trenes aplicados a este tipo de superficies, el tren de rodadura está formado por un tren principal, que soporta el peso del avión y absorbe el impacto del aterrizaje, y por una rueda secundaria, que sirve de apoyo estable y permite movilidad al avión en pista.

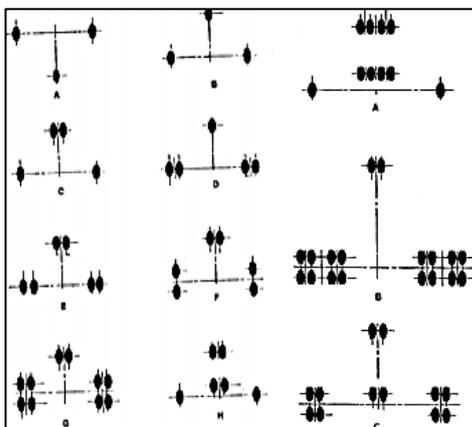


Figura 4. Accionamiento de los pedales de control de dirección.

Fuente: Conocimientos del avión.

Tabla 1.

Descripción de la clasificación de los trenes por su ubicación

DENOMINATIVO	TIPO DE TREN
A	Tren triciclo invertido o convencional.
B	Tren triciclo.
C, D, E, F, G	son variantes de triciclo con ruedas simples o dobles tanto en el tren principal como en el de morro
H	Tren biciclo: dos trenes principales en tándem con dos ruedas cada una y dos auxiliares en los Extremos de las alas. En la tercera columna
A TREN CUADRICICLO	Como el biciclo pero con cuatro ruedas en cada pata del tren principal.
B TREN TRICICLO DOBLE	Dos veces una doble rueda en tándem por cada pata del tren principal.
C TREN MULTICICLO	Complejas configuraciones mezcla de biciclo y triciclo.

Fuente: <http://trenesdeaterrizaje.blogspot.com/2012/03/tipos-de-trenes-de-aterrizaje.html>

2.3 Trenes de aterrizaje

Se denomina tren de aterrizaje al conjunto de ruedas, soportes, amortiguadores y otros equipos que un avión utiliza para aterrizar o maniobrar sobre una superficie. Aunque por su denominación, el tren de aterrizaje parece sugerir una única función a este sistema, realmente cumple

varias funciones: sirve de soporte al aeroplano, posibilita el movimiento del avión en superficie (incluyendo despegues y aterrizajes), y amortigua el impacto del aterrizaje. Las operaciones en superficie exigen del tren de aterrizaje capacidades de direccionamiento y frenado, y para amortiguar el aterrizaje debe ser capaz de absorber impactos de cierta magnitud.

En el proceso del aterrizaje, el tren va a absorber la energía cinética producida por el impacto. Los neumáticos son el primer filtro que absorbe el impacto, aun así no es suficiente; por ese motivo el conjunto del tren de aterrizaje debe estar dotado de un sistema de amortiguamiento para poder contraer el impacto.

La rapidez de descenso de un avión en el aterrizaje, para el momento del impacto con el suelo, es decisiva para la filtración de trabajo de los amortiguadores. El enunciado “energía de descenso” se utiliza frecuentemente y es la energía cinética arbitrariamente asociada con la velocidad vertical. El sistema debe absorber la energía cinética, equivalente a la caída libre del peso del avión desde 80 cm de altura.



Figura 5. Tren principal de un DC 10.

Fuente: <https://www.rcmodelistas.es>

El peso total del avión, su distribución sobre las ruedas principales y la proa o popa, la velocidad vertical de aterrizaje, la cantidad de unidades de ruedas, las dimensiones y presión de los neumáticos y otros, son los factores que influyen sobre la amortiguación del choque y ésta debe ser tal que la estructura del avión no esté expuesta a fuerzas excesivas. Entonces, la función del amortiguador del tren de aterrizaje es reducir la velocidad vertical del avión a cero, en tal forma que la reacción del suelo nunca exceda de un cierto valor, generalmente un múltiplo del peso del avión, en el aterrizaje.

Otra de las finalidades es permitir al avión que se desplace sobre tierra, tanto en carrera de despegue, aterrizaje, y trasladarse de un lugar a otro llamado comúnmente (TAXI) y para poder estar posado sobre tierra. El peso del tren de aterrizaje está entre un 4% y un 7% del peso de despegue del avión.



Figura 6. Aeronaves en fase de taxeo.

Fuente: <https://www.infodefensa.com>

2.4 Función de los trenes de aterrizaje

La función del tren de aterrizaje es absorber las cargas del efecto del aterrizaje sobre la aeronave, hasta un valor aceptable para las condiciones de resistencia de la estructura del avión, la aeronave consta de dos partes principales para esta función, estas son:

- **TREN PRINCIPAL.-** Soporta la mayor parte del peso del avión en tierra. Están compuestos por un conjunto de dos o ,más ruedas cada uno a un lado del eje longitudinal del avión, además de este conjunto el tren principal incluye otros mecanismos que cumplen funciones diversas en la operación del tren, tales como los amortiguadores, frenos, martinetes hidráulicos etc.
- **TREN AUXILIAR.-** Consiste en un conjunto de una o más ruedas, situadas en la proa o en la zona de cola del avión, que completa la función de trípode.

2.5 Clasificación de los trenes de aterrizaje en función a la superficie

Para empezar es imperativo recalcar, en primer lugar el sistema de tren de aterrizaje en función de la superficie en que vaya a desenvolverse el aeroplano. Bajo este particular punto de vista, se pueden clasificar en: trenes de rodadura (movimiento en tierra), trenes con flotadores (adaptados al agua) y trenes con esquíes (adaptados a la nieve). Algunos aviones son capaces de amerizar gracias a la forma de quilla de barco de la parte baja del fuselaje.

- **Tren de flotadores y esquíes**

Estos sistemas no son incompatibles entre sí, o sea que un aeroplano puede disponer de flotadores o esquíes y además tener tren de rodadura. No es raro que los aviones que disponen de flotadores o esquíes tengan además su tren normal de rodadura para no limitar exclusivamente sus operaciones a un solo medio. En este último caso, lo habitual es que uno de los sistemas sea retráctil para no interferir con el otro.



Figura 7. Aeronaves con flotadores y esquíes.

Fuente: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF39.html>

- **Tren de rodadura**

El tren de rodadura se compone de un tren principal, diseñado para soportar el peso del avión y absorber los impactos del aterrizaje, y una rueda secundaria que además de servir de apoyo estable al avión puede tener capacidad direccional.

El tren principal está formado por dos ruedas situadas lo más cerca posible del centro de gravedad del avión, generalmente en el fuselaje a la altura del encastre de las alas o directamente debajo de las alas, disponiendo de amortiguadores hidráulicos, estructuras tubulares o planas (ballestas) o ambas cosas, para absorber el impacto del aterrizaje y las sacudidas cuando se rueda sobre terrenos accidentados. La rueda direccional puede estar situada en la cola del aeroplano, lo cual no es muy frecuente, o lo que es más habitual, debajo del morro del avión.



Figura 8. Airbus 320 con trenes de rodadura extendidos.

Fuente: <https://www.vadeaviones.com>

Los dos tipos más comunes de tren de aterrizaje son: el tren de patín de cola y el tren tipo triciclo. El tren de patín de cola está compuesto de un tren principal y una rueda o patín de cola. Este tipo de tren, se montaba en aviones fabricados hace algunos años estando su uso limitado actualmente casi en exclusiva en aviones acrobáticos, o dedicados a la fumigación o a labores de extinción de incendios. En principio, en lugar de la rueda de cola se montaba un patín, lo cual dio nombre a este tipo de tren. La rueda de cola suele tener un radio de giro de entre 15° y 20° a cada lado.

El tren triciclo, se compone también de un tren principal, localizado en una posición algo más retrasada que el de patín de cola, y una rueda delantera situada bajo el morro del avión, la cual dispone de un dispositivo de amortiguación para evitar vibraciones durante la rodadura. Este tipo de tren es el más utilizado hoy en día porque tiene mejores características de operación en el suelo que el tipo de patín de cola: por su geometría, la visibilidad hacia adelante es mejor, y el despegue y la toma de tierra se realizan más fácilmente. El radio de giro de la rueda delantera suele estar entre 20° y 30° .



Figura 9. Piper PA 18 con tren de patín de cola.

Fuente: <http://www.fotolog.com/casprimavera2006/38162119/>

En algunos casos de patín de cola y casi siempre en el tren triciclo, la rueda de morro o de cola puede ser dirigida hacia un lado u otro mediante un sistema de cables y poleas conectados a los pedales que mueven el timón de dirección. De esta manera, la rueda dirigible permite controlar la dirección del aeroplano durante las operaciones en el suelo, ayudando un poco la deflexión del timón de dirección.

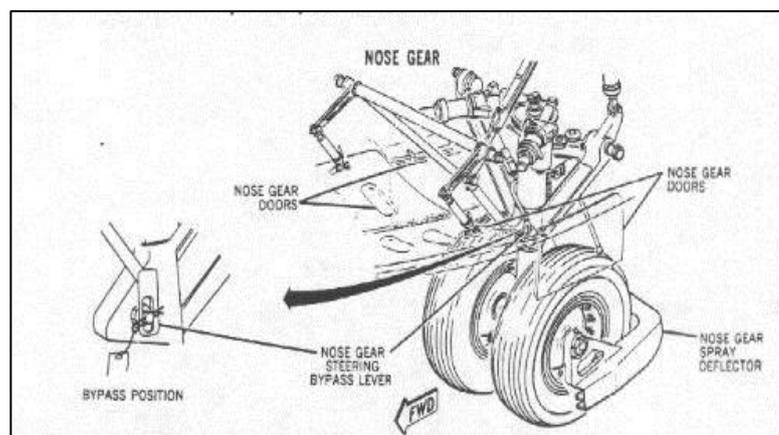


Figura 10. Sistema de cable y polea

Fuente: <http://www.aeropuertosarg.com.ar/losforos/index.php?topic=5922.>

2.6 Movimiento de la rueda de nariz

Existen 2 tipos mediante pedales y volante (timón de dirección).

- **Pedales**

Los pedales están diseñados de manera que pisando en su parte inferior (pies abajo) se actúa sobre la rueda direccional EL STEERING DEL TREN DE NARIZ PRINCIPAL y el timón de dirección, y pisando en su parte superior (pies arriba) se actúa sobre el freno de la rueda correspondiente.



Figura 11. Accionamiento de los pedales de control de dirección.

Fuente: <http://www.microsiervos.com/archivo/aerotrastorno/>

- **Volante o timón de dirección**

Un volante de dirección (también conocido como volante o timón) es un tipo de control de dirección. Los volantes se utilizan en todo tipo de vehículos, desde los automóviles hasta camiones ligeros y pesados. El volante es la parte del sistema de gobierno que es manipulado por el piloto, generando acciones que son respondidas por el resto del sistema.

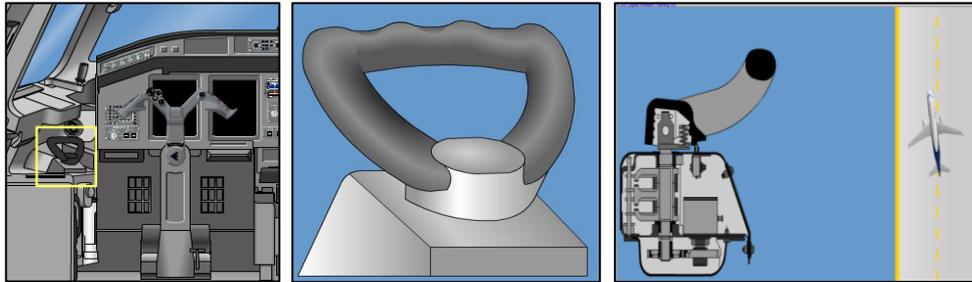


Figura 12. CONTROL STEERING del Embraer 170.

Fuente: CBT del avión Embraer 170

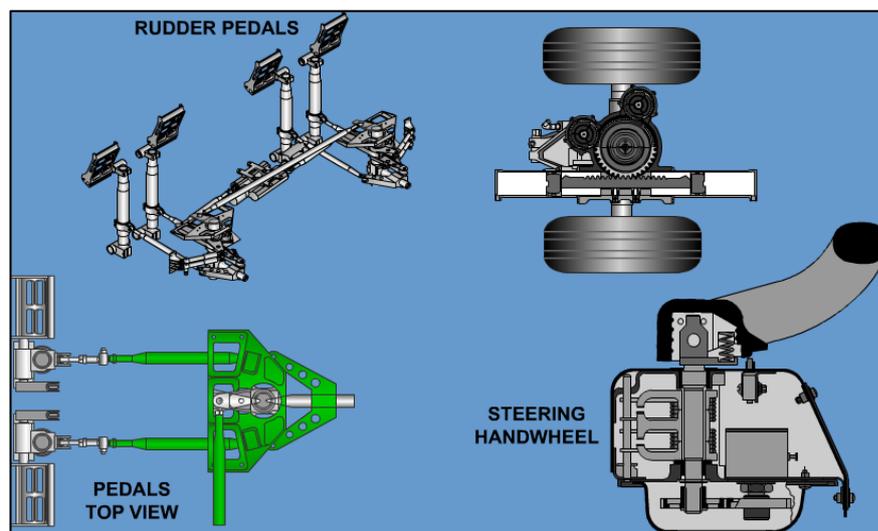


Figura 13. CONTROL STEERING del Embraer 170

Fuente: CBT del avión Embraer 170

- **Clasificación de los trenes de aterrizaje**

Trenes fijos y retractiles

En la construcción de los primeros aviones, el tren de aterrizaje estaba anclado directamente al fuselaje o las alas. Esta disposición, genera una considerable resistencia parásita, lo que se traduce en menor velocidad y mayor gasto de combustible para una potencia dada. Para mitigar este inconveniente, se desarrollaron sistemas que permiten la recogida del tren en unos habitáculos preparados al efecto, en el fuselaje o en las alas para el tren principal y en el fuselaje para la rueda de morro, los cuales se cierran

con unas trampillas una vez el tren está retraído para no entorpecer la línea aerodinámica del aeroplano. Otra forma de amortiguar la resistencia parásita es dotar de carenados al tren fijo.

Bajo la óptica expuesta, los trenes se pueden clasificar en fijos y retráctiles.

- **Trenes fijos**

Los trenes fijos son los que, durante el vuelo se encuentran permanentemente expuestos a la corriente de aire. Se usan solamente en aviones relativamente pequeños, de baja velocidad donde el aumento de peso por la instalación de un sistema de retracción influiría desfavorablemente sobre el peso total y la ganancia en velocidad no mejoraría mucho las prestaciones.



Figura 14. Tren fijo

Fuente: <http://www.masterofthesky.com/index.php?tipo>

- **Trenes retráctiles**

Además del mecanismo de extensión/retracción, el tren retráctil cuenta, lo mismo que el tren fijo, con su sistema de amortiguación, frenos en las ruedas, etc. Como es muy peligroso que un tren extendido se retraiga de forma espontánea al tocar con el suelo, el sistema incluye además un dispositivo de bloqueo de las patas del tren cuando está extendido.

La extensión y retracción del tren se realiza de forma eléctrica o hidráulica, en respuesta al accionamiento de una palanca situada en el cuadro de mandos, la cual tiene una forma de rueda muy peculiar. Para extender el tren se baja la palanca, y para retraerlo se sube.

Unos indicadores luminosos al lado, encima o debajo de dicha palanca (uno por cada rueda) avisan si el tren está retraído o si se encuentra extendido y bloqueado. Si las luces están apagadas el tren está arriba; si las luces están en verde el tren está extendido y bloqueado, y si alguna se muestra en rojo es que el tren correspondiente no está extendido o no está bloqueada.

En caso de emergencia a existido casos donde se pierde uno de los trenes de aterrizaje. Si el tren que falla es el delantero la situación no es muy mala aunque el aterrizaje exige buena pericia; si la pata que falla es una del tren principal la cosa es peor pues para tomar tierra en estas condiciones un piloto tiene que ser extravagante; por último, si solo se ha extendido una pata, sea cual sea, lo menos peligroso es subir el tren y tomar tierra sin él.

Ni el tren puede extenderse por las buenas ni tampoco debe mantenerse abajo por encima de cierta velocidad, sino que debe respetarse el rango de velocidades indicado por el fabricante. No seguir esta recomendación puede suponer daños estructurales en el tren.

Para ahorrar el disgusto de aterrizar sin el tren desplegado, algunos aeroplanos disponen de indicadores (sonoros, luminosos o ambos) que cuando se cortan gases por debajo de cierto límite avisan de que el tren no está desplegado y bloqueado, pues parten del supuesto de que esa baja potencia es el preámbulo del aterrizaje.

El tren retráctil tiene ventaja sobre el tren fijo en cuanto que al generar menos resistencia es posible obtener mayor velocidad y menor consumo de combustible; pero por contra su mecanismo exige mayores cuidados y es

más costoso y delicado. Una regla lógica es que la posibilidad de averías de un sistema se incrementa en proporción al número de componentes de dicho sistema, y el tren de aterrizaje no se escapa a esta regla lógica. Al tener menos componentes y menos parámetros a tener en cuenta en su diseño, un tren fijo suele ser más robusto y fiable que un tren retráctil.



Figura 15. Tren retráctil

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Tren_de_aterrizaje

2.7 Tipos de trenes en base a sus sistemas de suspensión

Conforme el sistema de suspensión se clasifica en la siguiente forma:

- **TREN BALLESTA.-** Se emplea como tren principal de algunos aviones. Consiste en un tubo flexible de acero llamado ballesta, cuya parte superior se atornilla al fuselaje del avión, la parte inferior termina en un eje en el cual se monta la rueda, la ballesta se extiende cuando la rueda toca el suelo, este tipo de tren causa desgaste desigual en los neumáticos.

- **TREN DE CORDONES ELÁSTICOS.-** Es un tipo de tren que se utiliza en aviones ligeros, es común en aviones antiguos dedicados al tratamiento de cosechas, las cargas de fuerza son transmitidas a las ruedas durante el movimiento del avión en tierra que son

amortiguadas por un determinado número de cordones elásticos de caucho dispuestos en forma entrelazada.

- TREN DE AMORTIGUADOR OLEO NEUMÁTICO.- Este tipo de trenes utilizan una conjunción mixta de algún líquido tipo OIL o aceitoso más una cantidad de aire dentro del sistema eso permite la compresión del eje por medio de la presión que se transmite a través de la cámara y comprimiendo el aire.
- TREN DE AMORTIGUADOR LÍQUIDO.- Son verdaderos resortes líquidos y basan su funcionamiento en la compresibilidad de los líquidos a altas presiones. Basa su funcionamiento en un cilindro lleno de silicona a una presión con alto índice de 40 000 PSI APROX. El amortiguador consta de dos cámaras SUPERIOR e INFERIOR que están separadas por un pistón, cuando las ruedas del avión hacen contacto la carga dinámica se transmite al fluido comprimiéndolo.

2.8 Sistemas de accionamiento de retracción y extensión

La retracción y extensión de los trenes de aterrizaje está sujeta al tipo de accionamiento y los recursos que utiliza para realizar este tipo de tarea. Además clasifican a los trenes en base al modo de accionamiento para extenderse y retraerse.

- ACCIONAMIENTO HIDRAÚLICO.- Es la configuración general, los movimientos de extensión y retracción del tren y sus conjuntos auxiliares se efectúan mediante martinetes o actuadores hidráulicos.
- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO.- Similar al anterior en muchos aspectos. No obstante la fuente de potencia es un sistema de aire comprimido a alta presión en lugar del fluido hidráulico.

- **SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO.-** Se emplea con altísima ventaja en aviones de envergadura pequeña que no necesitan potencia excepcional para la extensión y retracción del tren, su punto favorable es la reducción de peso, tan importante en aviación, al obviar los fluidos a alta presión y los componentes adicionales para el funcionamiento de estos. Motores eléctricos controlados por placas electrónicas controlan la extensión y la retracción.

2.9 Requisitos del tren de aterrizaje

El tren debe soportar las cargas aerodinámicas y de inercia, y los momentos angulares y normales que se producen en el momento de la retracción y la extracción hasta una velocidad determinada por el fabricante del tren o de la aeronave, estos requisitos están dispuestos por la autoridad aeronáutica en el caso civil por la FAA y en el caso militar la IAFA, para describir de forma puntual los requisitos se explican a continuación.

- **PROTECCIÓN.-** Es el más relevante de estos requisitos al que aluden tanto la normativa militar como la civil, por ejemplo, la normativa civil británica recomienda que la rotación de las ruedas cese por completo antes de entrar en el compartimento de asilo, también estipula que los equipos en el compartimento de las ruedas se protejan convenientemente del posible estallido accidental de un neumático, por ese motivo en la práctica común los fabricantes evitan insertar elementos vitales en el compartimento antes mencionado.
- **MANTENIMIENTO.-** No existen las normas civiles requisitos expresos para el mantenimiento del tren de aterrizaje, eso se le adjudica a la competencia entre empresas que buscan simplificar estos procesos sin sacrificar la seguridad, para citar un ejemplo está el que aún no existe una normativa que no permita cambiar el tren de aterrizaje sin

que otros equipos estén conectados al vástago del tren como por ejemplo otro tren.

- CONTROL Y MONITOREO.- Antes tomada como una práctica aceptada, ahora una reglamentación normada por la FAA que todas las aeronaves que posean trenes retractiles, posean métodos en los cuales la tripulación pueda ver de primera mano que eventos se suceden en esos elementos, como si está extendido, retraído, la condición de las puertas de protección exterior.

2.10 El avión Embraer 190

El avión Embraer 190, pertenece a un grupo de aviones de tipo comercial fabricados en Brasil por el fabricante EMBRAER, una de las características principales de este tipo de aeronaves, es que pueden compartir sus partes como motores, trenes, alas, todo ello por que comparten un mismo tipo de fuselaje con igual sección transversal y la mayoría de todos los sistemas. Esta aeronave es muy popular entre los países sudamericanos, fiable y de alcance medio, es la elección de varias aerolíneas, como por ejemplo en Ecuador la empresa TAME hacen uso de esta aeronave.



Figura 16. Avión Embraer 190

Fuente: <http://aviones.findthebest.es/l/304/Embraer-190>

- Generalidades.

Tabla 2.

Características generales del avión Embraer 190.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Longitud	E-190: 36,24 m (118 pies 11 pulgadas)
Envergadura	E-190/195: 28,72 m (94 pies 3 pulgadas)
Altura	E-190/195: 10,28 m (34 pies 7 pulgadas)
Peso en vacío	E-190: 28080 kg
Peso máximo al despegue	E-190: 50300 kg (LR) 51800 kg (AR)
Motores	E-190/195: 2x turbofán General Electric CF34-10E con 82,3 kN (18500 lbf) de empuje cada uno

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

2.11 Acciones que realizan los trenes de aterrizaje del avión Embraer 190.

La información aquí expuesta corresponde al ATA 32 designada para los trenes de aterrizaje, el sistema de trenes de aterrizaje es de tipo triciclo retraible, compuesto por dos trenes de aterrizaje principal ensamblador (MLG Main Landing Gear) y un tren de aterrizaje de nariz (NLG Nose Landing Gear). El conjunto NLG incorpora dos ruedas con un mecanismo de dirección de la rueda hidráulica nariz, permitiendo la aeronave moverse en

un rodaje tan estrecho como 17 metros. Durante el funcionamiento normal, el sistema de tren de aterrizaje se controla electrónicamente y accionado hidráulicamente. Varios sensores de proximidad se instalan para proporcionar señales de posición y estado a diferentes módulos electrónicos, ubicados en el Modular Avionics unidades, o MAU, con fines de control y monitoreo. Los sensores también muestran el estado del sistema a los pilotos a través de la pantalla del EICAS en la cabina.



Figura 17. Vista frontal del sistema de trenes de aterrizaje.

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

NORMA DE SEGURIDAD

El siguiente es el equipo que está instalado en la cabina, para la extensión y retracción del tren de aterrizaje en avión EMBRAER 190. La palanca de control del tren de aterrizaje que se usa para la extensión y retracción del tren de aterrizaje durante el funcionamiento normal, un interruptor de anulación de extensión que se utiliza para extender el tren de aterrizaje en caso de un fallo que se produjera en la electrónica del tren de aterrizaje; además de una palanca de liberación manual que se utiliza para la extensión de la caída libre del tren de aterrizaje todo esto en el caso de que tanto los sistemas eléctricos del tren y la electrónica del avión llegaran a fallar. El equipo de cabina para dirigir el avión incluye un volante de dirección, pedales de dirección y sensores y el desarme de los conmutadores de los yugos de control. Dos pedales con control de freno para detener el tren principal izquierdo y derecho están instalados para ambos pilotos. Un estacionamiento de palanca de freno de emergencia

montado en el pedestal central permite para el frenado incluso en caso de una pérdida total del sistema hidráulico. Un sistema de frenado automático opcional se puede activar por la tripulación al seleccionar el interruptor automático del freno respectivo en la cabina.

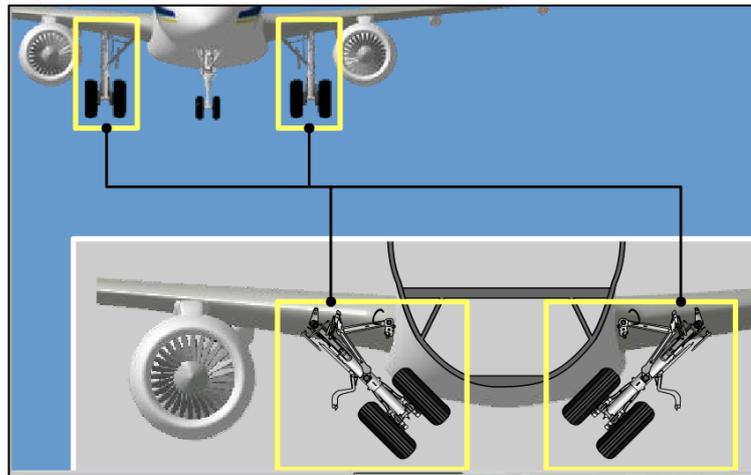


Figura 18. Vista frontal del sistema retractable del MLG.

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

Los principales conjuntos de tren de aterrizaje están asociados a las alas izquierda y derecha. Los conjuntos incluyen dos ruedas con frenos conectados a un montante amortiguador del tipo telescópico expuesto en imágenes posteriores, telescópico. Una estancia lateral plegable tiene la MLG en la posición completamente extendida. Una estancia bloqueo mantiene la estancia lateral en la posición completamente extendida. Un par de resortes de bloqueo hacia abajo posee la estancia de bloqueo en la posición extendida y bloqueada. Los sensores de proximidad transmiten las siguientes señales al módulo de sensor de proximidad electrónicos (PSEM): MLG abajo y bloqueadas, MLG y bloqueadas, y los aviones en tierra, también conocido como WOW (weight-on-Wheels). Durante la retracción, un actuador hidráulico de desbloqueo desbloquea la estancia de bloqueo. Un actuador de retracción hidráulica retrae el MLG. El de cerrojo tiene la MLG en la posición retraída. Hay dos puertas unidas al lado exterior de cada

MLG. Una tercera puerta está unida al ala. Las puertas se abren mecánicamente durante la extensión y cerradas durante la retracción.

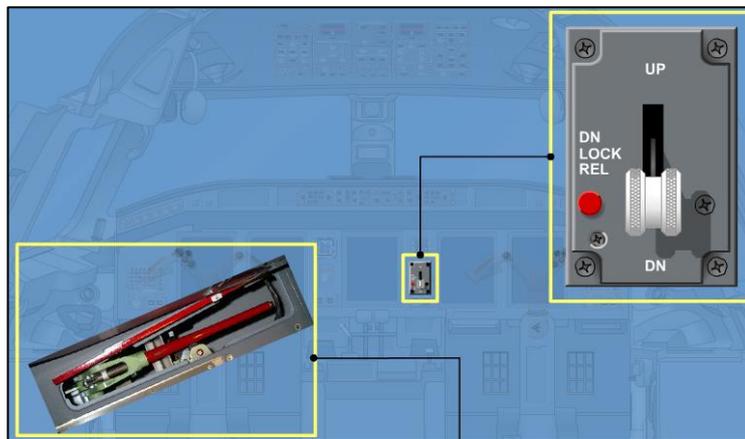


Figura 19. Elementos que retraen el tren de aterrizaje.

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190.

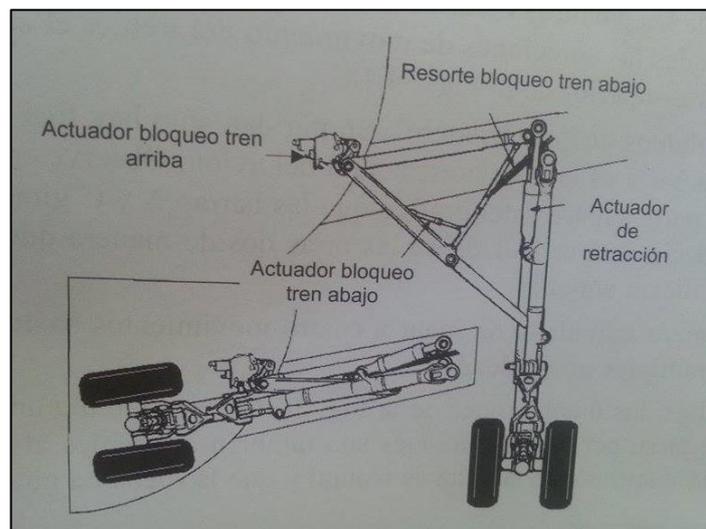


Figura 20. Sistema de bloqueo de tren arriba y abajo.

Fuente: conocimientos del avión.

El tren de aterrizaje delantero (NLG) del tipo montaje, está unido a la parte delantera del fuselaje. Dos ruedas y un motor de dirección hidráulica están unidos a un montante amortiguador telescópico steering. Una abrazadera de arrastre plegable tiene el NLG en la posición completamente extendida. Una estancia de bloqueo mantiene la llave de arrastre en la

posición completamente extendida. Un par de resortes downlock sostiene la estancia de bloqueo en la posición extendida y bloqueada. Sensores y detectores de proximidad y sensores de realimentación transmiten las siguientes señales al módulo electrónico de sensor de proximidad (PSEM) y el módulo de control de dirección de la rueda de nariz (NWSCM): NLG abajo y bloqueadas, NLG y bloqueadas, las aeronaves en tierra (WOW), NLG dirección ángulo y NLG dirección de sobre recorrido. Durante la retracción, un actuador hidráulico de desbloqueo desbloquea la estancia de bloqueo. Un actuador de retracción hidráulica se retrae el tren de morro. El de cerrojo tiene el NLG en la posición retraída. Dos puertas accionadas mecánicamente están montadas en el fuselaje en cada lado. Las puertas delanteras estrechas de nuevo como el NLG alcanza la posición extendida.

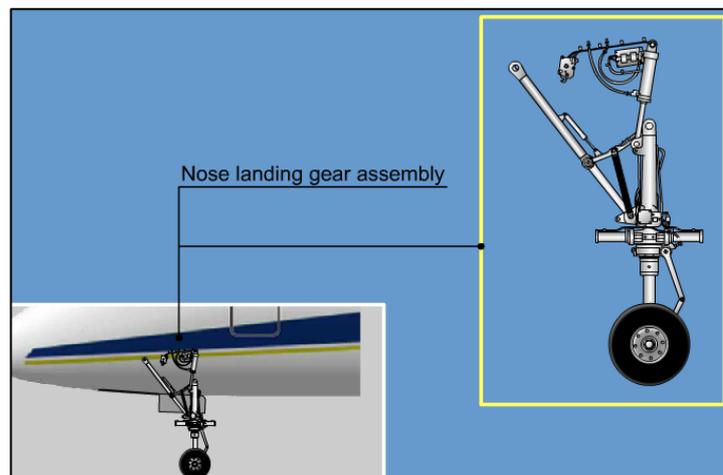


Figura 21. Tren de aterrizaje de nariz (NLG).

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190.

Hay tres modos de funcionamiento del tren de aterrizaje disponibles para la tripulación: extensión normal y retracción; Accionamiento eléctrico y mecánico caída libre. En el modo de extensión y retracción normal, el accionamiento del tren de aterrizaje se controla electrónicamente y accionado hidráulicamente. La válvula selectora tren de aterrizaje está controlada por el módulo electrónico de sensor de proximidad (PSEM). La válvula selectora tren de aterrizaje proporciona presión hidráulica a los

cilindros de accionamiento. En el modo de anulación eléctrica la extensión del tren de aterrizaje es eléctricamente controlada y operada hidráulicamente. El interruptor de anulación de extensión toma el control directo de la válvula selectora. El PSEM se elimina del bucle de control. En el modo de extensión libre otoño o de emergencia mecánica, la extensión del tren de aterrizaje se controla mecánicamente y gravedad alimentado. Al tirar de la palanca de desbloqueo manual cabina libera mecánicamente todas uplocks del tren de aterrizaje, y se activa la válvula selectora de caída libre. Gravedad y aerodinámicas de fuerzas entonces extiende el tren de aterrizaje.

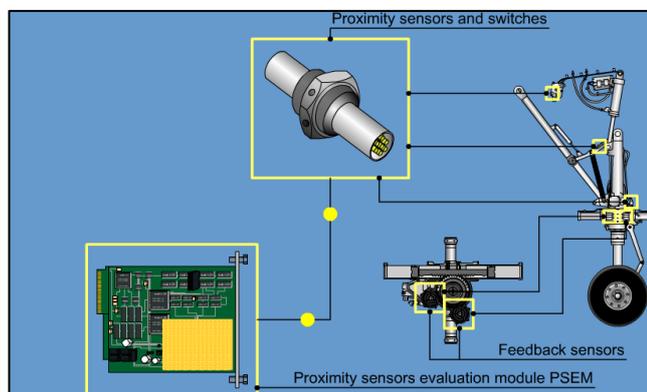


Figura 22. Sistema de detección de proximidad del (NLG).

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

Un total de seis ruedas y seis neumáticos están instalados en la aeronave. Las cuatro ruedas del tren principal están equipadas con frenos de carbono composite electrónicamente controlados y accionados hidráulicamente. El sistema de control de freno utiliza módulos electrónicos, sensores y válvulas hidráulicas para controlar los frenos de la aeronave para el modo de frenado normal, y tiene un modo de auto-frenado opcional. Dos módulos Brake Control, o BCM, y un módulo de control opcional Auto-Brake (ABM) controlan la presión hidráulica de los frenos de interior y exterior. Con el interruptor automático del freno en la cabina seleccionada en, la ABM se aplicará los frenos automáticamente después del aterrizaje y después de un despegue abortado. El sistema de control anti-derrape impide deslizamiento

de la rueda cuando se aplican los frenos. El sistema de frenos de emergencia / estacionamiento permite el funcionamiento del freno incluso con una pérdida de presión hidráulica. Un sistema de monitoreo de la temperatura del freno controla la temperatura real de frenado y proporciona el estado de la temperatura y de frenos se sobrecalientan advertencias a la tripulación a través del EICAS.

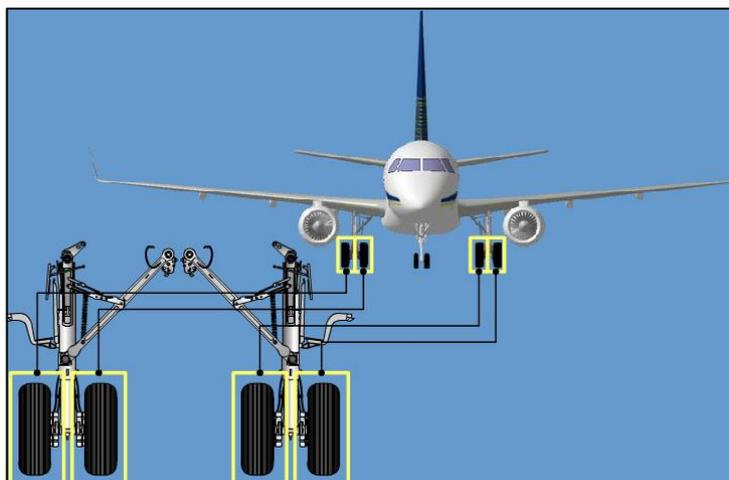


Figura 23. Total de neumáticos y ruedas del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

2.12 Partes principales del tren de aterrizaje del avión Embraer

- **Shock Struts.-** consiste en un pistón de acero móvil dentro de un cilindro que contiene fluido hidráulico a presión con nitrógeno gaseoso. Mantiene la presión puntal y permiten el movimiento del pistón. Los puntales absorben el choque del aterrizaje, y proporcionan amortiguación durante el rodaje, despegue y aterrizaje de despliegue. Una válvula de llenado de aire / aceite se proporciona en la parte superior de cada puntal para el servicio. Durante las operaciones normales, aproximadamente tres a cinco centímetros de cromo del pistón está expuesto en la parte inferior de cada puntal principal del tren de aterrizaje, dependiendo del peso bruto de la aeronave y la temperatura del aire exterior. Una placa adjunta a la

parte superior del puntal del tren de aterrizaje indica la extensión correcta para condiciones ambientales.

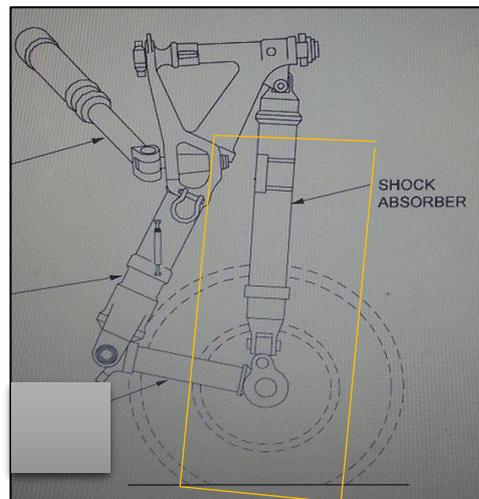


Figura 24. Shock Strut

Fuente: http://code7700.com/g450_landing_gear_and_doors.html

- **Drag Strut.-** se llama tirante de resistencia, recibe este nombre porque soporta la carga aerodinámica del tren desplegado y, sobre todo, soporta la carga de la frenada de la/s rueda/s. el tirante de resistencia puede estar colocado delante de la pata de la rueda, de modo que esta se retrae hacia delante, o puede estar detrás.

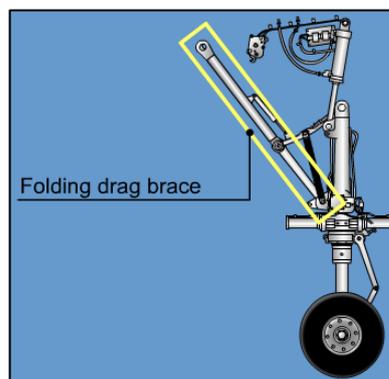


Figura 25. Brazo de retención de posición retráctil.

Fuente: CBT del avión Embraer 170/190

- b) **Carcasa.-** Está formada por capas sucesivas de nylon revestidas de caucho, dichas capas reciben el nombre de “lonas”, en atención a los antiguos procedimientos de fabricación.

- c) **Banda de rodadura.-** Está fabricada en caucho y es la zona del neumático en contacto con el pavimento, sufre el desgaste por rozamiento. La superficie de la banda está provista de ranuras circunferenciales. Las ranuras forman el dibujo típico del neumático para aviación, luego que han abandonado otros tipos. El dibujo de ranuras circunferenciales ha dado los mejores resultados desde el punto de vista de tracción, desgaste y características de dirección.

- d) **Flancos.-** Como su nombre lo indica, los flancos son las partes laterales de caucho neumático, que se extienden desde la banda de rodadura hasta el talón. Las grandes deformaciones elásticas de los neumáticos de aviación se producen en los flancos. El aplastamiento del flanco es uno de los mecanismos más importantes de producción de calor en el neumático.

Como se dijo, desde el punto de vista estructural los neumáticos para aviación se clasifican en convencionales y radiales.

El **neumático convencional** tiene el trenzado de lonas de la carcasa al bias, con orientaciones distintas.

El **neumático radial** se caracteriza porque la carcasa esta trenzada con cuerdas radiales, formando una especie de herradura, desde un talón hasta el opuesto. Tiene además una lámina de refuerzo de la banda de rodadura, que proporciona gran rigidez al neumático. Esta banda es la responsable de las excelentes características direccionales de los neumáticos radiales.



Figura 27. Neumáticos de un tren de aterrizaje.

Fuente: Conocimientos del avión.

- **Steering.-** Posee un sistema llamado nose wheel steering. Este sistema provee control e indicación para giros de máximo 65° hacia la izquierda o la derecha, controlados con una caña llamada steering tiller, ubicada en el lado izquierdo inferior del piloto. Usando los pedales del rudder la dirección sólo varía de 0.5° a 7° , para giros que necesiten mayor ángulo se utiliza el sistema nose wheel steering.

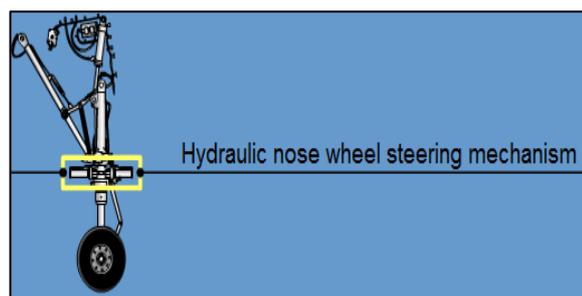


Figura 28. Control de nariz hidráulico del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 190



Figura 29. Posición del Steering en la cabina.

Fuente: <http://www.foroaviones.com/foro/comercial-general/>

- **Resorte.-** Un par de resortes de bloqueo en la posición de tren extendido.

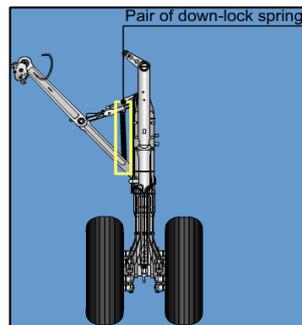


Figura 30. Resortes de bloqueo del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

- **Sensores de proximidad.-** Es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

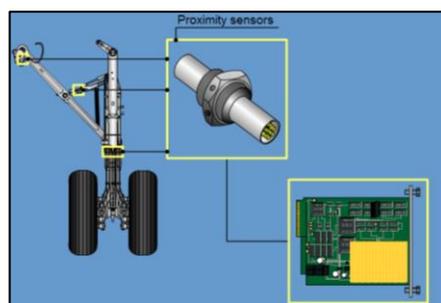


Figura 31. Sensores de proximidad del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

- **El cilindro actuador.-** Realiza la acción de retraer el sistema de trenes y extenderlos, a partir de su recorrido se realizan las dos acciones, este está conectado al tren de aterrizaje a partir de una leva estructural que se encuentra adosada al soporte del Main strut, al encontrarse con el tren arriba un pequeño elemento eléctrico realiza la función de asegurar la posición del tren en la posición arriba por medio de un gancho que se bloquea con un pulso eléctrico.

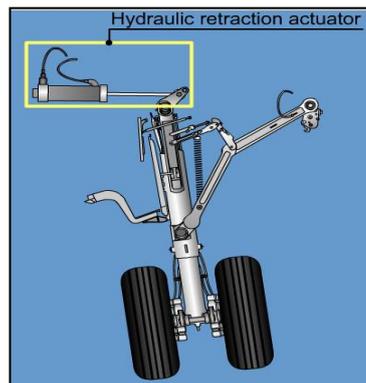


Figura 32. Cilindro actuador del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

- Estructura de recepción de impacto telescópica del tren de nariz.

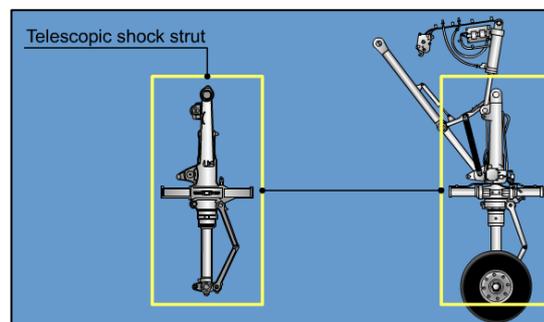


Figura 33. Estructura de recepción de impacto del Embraer.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

2.13 Frenos.

El sistema de frenos tiene como objetivo aminorar la velocidad del aeroplano en tierra, tanto durante la rodadura como en la fase final del aterrizaje, y por supuesto pararlo. El dispositivo de frenado de los aviones consiste, lo mismo que en los automóviles, en un disco metálico acoplado a cada rueda, el cual se frena, y con la rueda, al ser oprimido a ambos lados por unas pastillas de freno accionadas por un impulso hidráulico. El sistema de frenos de los aviones tiene dos características especiales: una, que solo dispone de frenos en el tren principal, nunca en las ruedas directrices; y dos,

que cada rueda del tren principal (o conjunto de ruedas de un lado en trenes complejos) dispone de un sistema de frenado independiente.



Figura 34. Accionamiento de los pedales de control de dirección.

Fuente: Conocimientos del avión.

- **Freno de disco.**

El sistema general se alimenta del líquido contenido en un recipiente común; desde este depósito unos conductos llevan el líquido a dos bombines (uno por sistema) situados en la parte superior de los pedales. Al presionar un pedal, el líquido contenido en el bombín de su lado es bombeado hacia la rueda correspondiente; otro bombín en la rueda recibe esta presión y empuja a las pastillas las cuales oprimen al disco metálico y frenan la rueda. Al presionar el otro pedal, sucede lo mismo con el sistema de ese lado, y obviamente al presionar los dos pedales se opera sobre ambos sistemas. Es notorio pues, que cada pedal actúa sobre los frenos de su lado, y que para actuar sobre los frenos debe pisarse la parte de arriba de los pedales.

Este sistema de frenos independientes supone una ayuda para dirigir al aeroplano en tierra, pues aplicando freno a una u otra rueda el piloto puede reforzar el giro de la rueda directriz.

Para mantener el avión frenado en el suelo, el sistema cuenta con un freno de aparcamiento (parking brake) que actúa sobre ambas ruedas. El mando de este freno varía de un avión a otro: puede ser un mando de varilla que teniendo los frenos pisados los bloca y se desactiva al volver a pisar los frenos (Cessna); una palanca que al tirar de ella bloca los frenos, con un botón para mantenerla en posición de bloqueo (Piper); un dial que al girarse hacia un lado activa este freno y hacia el otro lo desactiva.



Figura 35. Accionamiento de los frenos.

Fuente: <http://www.canonistas.com/galerias/showphoto.php?photo=152121>

Como en todos los demás sistemas, un buen uso de los frenos mejora la efectividad y alarga la vida de este sistema. Por ejemplo, en la carrera final del aterrizaje conviene dejar que el avión pierda algo de velocidad antes de aplicar los frenos, y al aplicar estos hacerlo por emboladas. Igualmente, hacer girar al avión sobre una rueda completamente frenada supone una tensión excesiva sobre las gomas de las ruedas.

2.14 Neumática

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía

acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

➤ **Mandos neumáticos**

En primer lugar, según los estudios realizados por el ruso Pugachev y el dominicano Luis A. Rodríguez, los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos e hidráulicos están constituidos por:

- Elementos de información.
- Elementos de trabajo.
- Elementos artísticos.

Para el tratamiento de la información de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

En los principios de la automatización, los elementos rediseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizan elementos de comando por símbolo neumático (cuervo).

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos, electro-neumáticos y automáticos que efectúan en su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La gran evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza manualmente, y otras obliga a recurrir a la electricidad (para automatizar) por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido
- Regular caudal
- Regular presión

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito. Ésta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (Europe committee of oleohydraulic and pneumatic).

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

2.15 Maqueta Didáctica

Las maquetas son reconstrucciones de formas aproximadas a partir de moldes o diseños, hechos de varios materiales como plastilina, barro, cartón, pasta de papel etc. Hasta el mismo globo terráqueo es maqueta y ejerce de recurso en el que el sentido del tacto, acompaña directamente al ejercicio constructivo del espacio, la recreación de espacios reales o imaginarios a través de maquetas se puede hacer siguiendo múltiples procedimientos.

A lo largo de la historia, se han utilizado las maquetas como un medio de representación para mostrar de forma clara e inmediata las características de un proyecto complejo de forma que pueda ser comprensible para los no iniciados. En la actualidad las maquetas constituyen, para los ingenieros y otros profesionales de diseño, una herramienta indispensable y eficaz para proyectar y mostrar ideas, así como, para comprender y controlar el resultado final de las obras proyectadas.



Figura 36. Maqueta de avión Airbus A400M.

Fuente:http://www.elmundo.es/elmundo/2009/12/04/andalucia_sevilla/1259947134.html

A partir de estos dos discernimientos se puede dilucidar que estos elementos llamados así maquetas son elementos representativos de un elemento real o imaginario, estas suelen ser más pequeñas

considerablemente, y utilizan materiales ingeniosos que permitan representar aquello que se quiere observar.

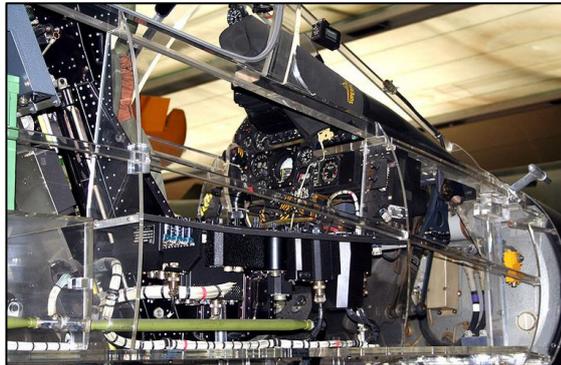


Figura 37. Maqueta de avión Mirage F1.

Fuente: <http://www.outono.net/elentir/2008/07/16>

➤ **Función que cumplirá la maqueta que se implementara en la UGT**

El proyecto se enfocó en construir una “Maqueta didáctica que muestre la retracción y extensión del tren de aterrizaje del avión Embraer 170/190 mediante el accionamiento neumático”, primero es determinante identificar cual va a ser la función de la antes mencionada maqueta, y es que demuestre la retracción y extensión del tren de aterrizaje, desde el punto de vista técnico el conjunto más importante de eventos y elementos es la retracción por medio de un actuador, de doble efecto, además es importante identificar las partes principales de las que están compuestas el tren principal y el tren de nariz además de cómo estos elementos interactúan entre sí, por otra parte es imperativo observar como los trenes indican a la tripulación su posición y estado por medio de indicadores visuales. Los indicadores serán de tipo lumínico puesto que informan la posición en una pantalla en el avión real, y el propósito del desarrollo del proyecto es mostrar sus partes y el efecto de retracción y extracción.



Figura 38. Maqueta dinámica de un motor hecho de plástico.

Fuente: <http://eldictamen.mx/tag/tecnologia/>

2.16 Maqueta esquemática y dinámica

Definida como un modelo a escala es un conjunto de elementos que pueden moverse, y que además demuestran de forma efectiva la locomoción de un sistema en particular, en este caso el movimiento de los trenes de aterrizaje del avión EMBRAER 190.

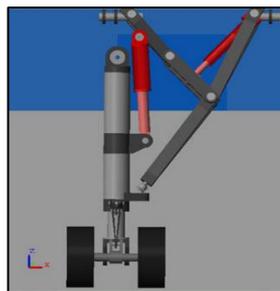


Figura 39. Tren de aterrizaje principal

Fuente: http://www.bibliocad.com/biblioteca/tren-aterrizaje-ipc3_30225

2.17 Máquina Laser

El corte con rayo láser supera a los sistemas convencionales de corte en cuanto a velocidad, rendimiento y productividad. En la actualidad, el corte láser puede realizarse de un modo más sencillo y rápido que nunca y se emplea en un gran número de aplicaciones y sectores. Como uno de los principales fabricantes mundiales de sistemas láser, Trotec ofrece innovadoras máquinas de corte láser para diversas aplicaciones, como corte

de acrílico o corte láser de modelos arquitectónicos, películas, letreros, papel, juguetes, madera, joyería y mucho más. Las máquinas de corte láser de Trotec proporcionan un corte láser limpio, rápido y de alta calidad en todas las aplicaciones y en todos los sectores.

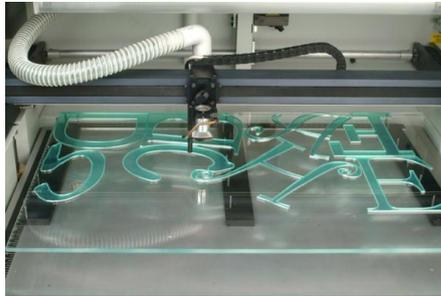


Figura 40. Maquina laser

Fuente: <http://www.dicav.com.mx/>

2.18 Acrílico

El acrílico, es una de las tantas variantes del plástico. La gracia del acrílico, es que puede permanecer largo tiempo, en la intemperie, sin sufrir daño alguno. Por lo mismo, el acrílico es un material, largamente utilizado en las construcciones. Debido principalmente, a lo antes señalado, como al hecho de que es un tipo de plástico, más flexible de lo normal. Lo que lo hace aún más fácil de trabajar. Pero en la construcción, no es el único campo donde se utiliza el acrílico. También es utilizado el acrílico en ciertos medios de transporte, como lo son las motos, las lanchas a motor y como es la aviación.



Figura 41. Acrílico

Fuente: <http://grafico.cl/imprenta-en-rancagua/acrilicos/>

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1 Preliminares

Para el desarrollo de este proyecto se debe aclarar que en ningún caso es una parte aeronáutica real, y que este tipo de elementos busca dar una información acerca de cómo funciona, y no intenta ser un elemento insertable en ninguna aeronave, por otra parte una maqueta, como su nombre lo indica suele estar escalada, es decir no poseerá las dimensiones reales sino que representarán un modelo tridimensional al que representará una parte específica, en este caso el tren de aterrizaje del avión EMBRAER 190.

Este trabajo de grado será factible para los estudiantes en su ámbito profesional, ya que, se puede visualizar, entender su sistema y componentes del tren de aterrizaje del avión Embraer 190 para así no solamente guiarse en los CBT sino que también valerse de una maqueta donde se muestre claramente esta explicación.

Para realizar un proceso de operaciones de manufactura óptimos se realizó un plan de desarrollo de la investigación, este elemento será la guía también para el lector puesto que informara al leyente de cómo se estructuró y qué orden se tomó para realizar la construcción y elaboración del proyecto, así como de los materiales y los métodos innovadores que se aplicaron en este proceso de implementación.

En el proceso de construcción se tomó en cuenta muchos factores para la realización de este trabajo de grado tales como diseño, ensamblaje y adhesión; paso a paso se fue logrando completamente los trenes de aterrizaje, colocándolo en un su respectivo lugar que es la maqueta de una

aeronave y después haciendo sus pruebas de funcionamiento se logró dar por finalizado este trabajo.



Figura 42. Maqueta de retracción y extensión del avión EMBRAER 190.

3.2 Requerimientos técnicos para implementar la maqueta didáctica.

Para implementar esta estructura hacen falta plantear las necesidades de la misma en forma de preguntas como:

- ¿Cómo construir la estructura?
- ¿Qué se necesita para realizar el diseño de la maqueta?
- ¿Qué se tomará en cuenta para realizar el diseño de esta maqueta?
- ¿Que podrá hacer y que no podrá hacer la maqueta?

A partir de este momento se dará respuesta a estas interrogantes a partir de planteamientos estructurados, es decir, para las primeras interrogantes es imperativo dar a conocer que se está tratando de realizar una construcción basada en material acrílico y policarbonato, por que como se estipula en el título del trabajo de graduación será actuada de forma neumática pudiendo así reducir su tamaño de forma dramática.

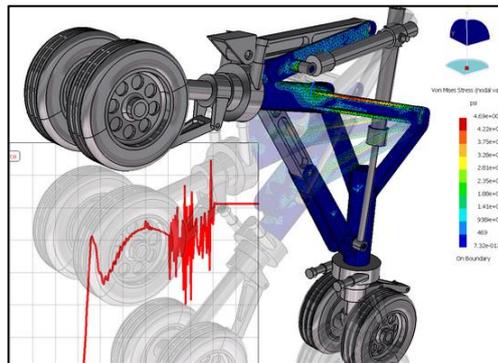


Figura 43. Diseño CAD de maqueta dinámica de tren de aterrizaje.

Para realizar el diseño de esta mencionada maqueta se hizo uso de diseñadores de partes estructurales, que permitan observar de primera mano cómo es el movimiento que éste realiza, para ello se plantea utilizar uno de varias opciones que permitan realizar la acción antes descrita. Programas como Inventor, SolidWorks, o Catia que son las plataformas más exequibles para realizar operaciones de diseño y prueba.

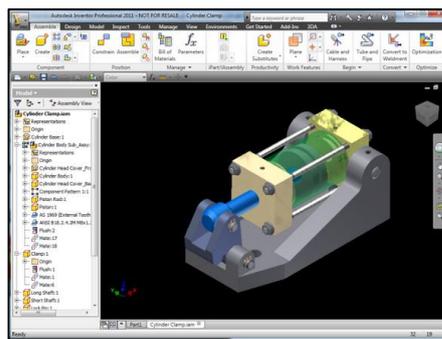


Figura 44 Diseño CAD en INVENTOR.

En la fase de diseño se tomó en cuenta la gama de materiales disponibles para este tipo de proyectos y se definió las posibilidades y limitaciones inherentes a cualquier tipo de construcción como la que se plantea en esta ocasión, una realidad es que la maqueta podrá levantar el tren y retraerlo, además debe ser capaz de ser accionada por una palanca de accionamiento, mostrar su posición es decir si se encuentra arriba y abajo respectivamente por medio de indicadores lumínicos. Estos deben interactuar con la posición actual del tren, los trenes deberán poseer los

componentes principales de los que están compuestos los trenes reales, o deberán poseer, pudiendo obviar ciertos elementos, mismos que se explicaron en capítulos anteriores, estos se definieron según las necesidades del proyecto.



Figura 45. Diseño CAD en INVENTOR.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

3.3 Diseño.

La plataforma seleccionada para realizar el diseño de esta maqueta fue el programa Solid Works, mismo que permitió realizar un esbozo generalizado del ensamble requerido, en él se diseñó el tren principal IZQUIERDO, y el tren de NARIZ, puesto que al realizar los bocetos principales del sistema de presentación de movimiento se pensó que la maqueta muestre solo uno de los trenes principales, puesto que su accionamiento es simétrico en todo momento.

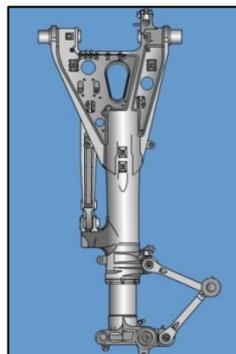


Figura 46. Estructura principal del tren de nariz.

Fuente: CBT del avión Embraer 190

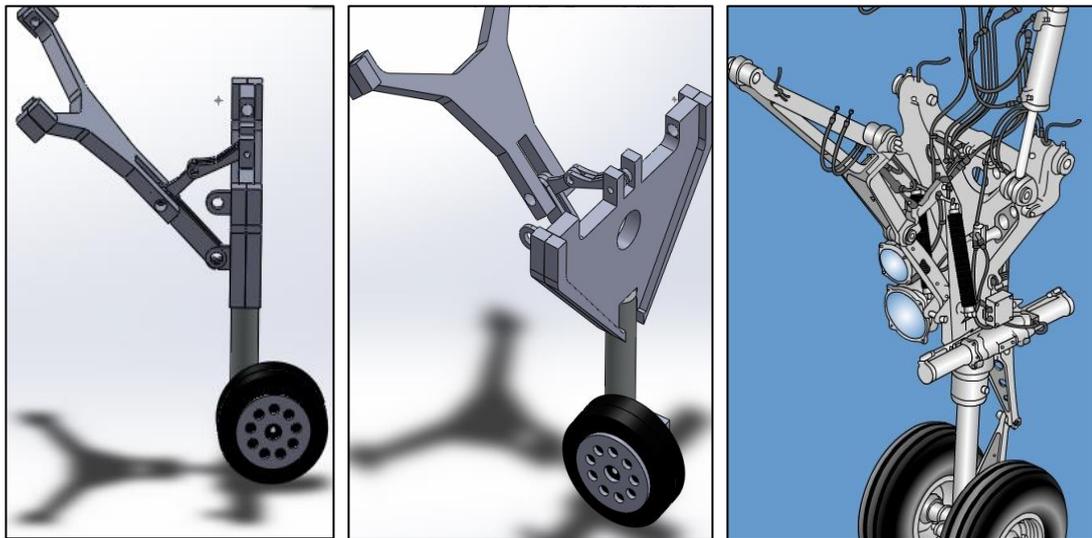


Figura 49. Estructura de impacto telescópica del tren de principal.

Como se observa en la imagen anterior el tren diseñado posee las partes principales del tren que se encuentra como referencia en el CBT (COMPUTER BASED TRAINING), este diseño busca representar al tren en sus componentes, y en su dinámica de movimiento, en el diseño se tomaron en cuenta las fases de retracción de las dos estructuras a construir pues sin ella se perdería gran parte del impacto de enfoque de esta investigación.

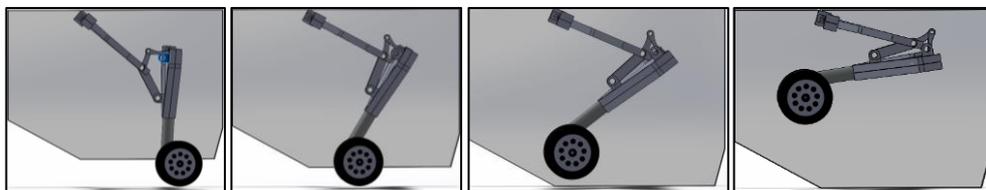


Figura 50. Estructura de impacto telescópica del tren de principal.

La línea de dinámica secuencial de la figura precedente muestra el cuidado que se tuvo al diseñar el par de trenes en especial si se debe tomar en cuenta que ellos no deben causar interferencia entre los componentes unos con otros, así pues es más fácil determinar la forma de corte de los elementos realizados.

3.4 Ensamble.

3.4.1 Adquisición de elementos y materias primas.

Para describir lo comprendido en este segmento de la investigación se describe de forma puntual los procesos que se llevaron a cabo, en primer lugar era fundamental elegir el material en el que se fabricarían las partes móviles, para ello y después de varias visitas a los laboratorios y aulas donde se alojan gran cantidad de los proyectos, se pudo evidenciar, que un material fiable flexible y de coste moderado sería el acrílico transparente, en una primera instancia se intentó adquirir en la ciudad de Latacunga, siendo un costo excesivamente alto el que requerían por las planchas, por ello se optó por buscar por el internet proveedores de este producto, ello condujo a la empresa ACRILEX, quien poseía una oferta de coste insuperable, esta se encuentra adjunta a la tabla de gastos en la última parte de este capítulo. Además de ello se debió, realizar el acople en un cockpit que poseería la estructura idónea para los trenes de aterrizaje, o mejor dicho su ensamblaje, esta se envió a realizar basándose en las necesidades que se plantearon en el diseño base, que se expuso anteriormente.

3.4.2 Corte de los componentes de los trenes.

Es importante que se tome en cuenta que esta investigación busca aplicar tecnologías que se consideran innovadoras en la construcción de un tren a escala, y por ese mismo caso se aplicó la utilización del software SOLID WORKS, y la aplicación de la detección de interferencias para garantizar que este se haya diseñado de forma correcta y no afectar en la retracción, o la extensión del tren a escala.

Por esa razón se realizó esta acción haciendo uso de una máquina CNC, ésta fue capaz de tomar los archivos guardados del Solid Works, y pudo transportarlos al cortador laser de alta precisión, posterior a ello se procedió

a recopilar todas las partes cortadas y a discriminar los cortes que son innecesarios.

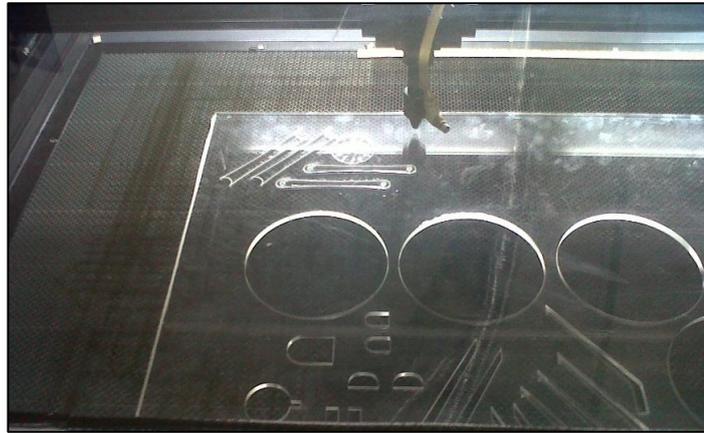


Figura 51. Estructura de impacto telescópica del tren principal.

3.4.3 Adhesión de las partes cortadas.

Como se planteó en los anteriores párrafos, los trenes serán constituidos por pequeños segmentos de acrílico pegados entre sí, para ello se realizó con pegamento epóxico de 2 elementos, y que tiene gran resistencia a la tensión cortante como flexionarte.

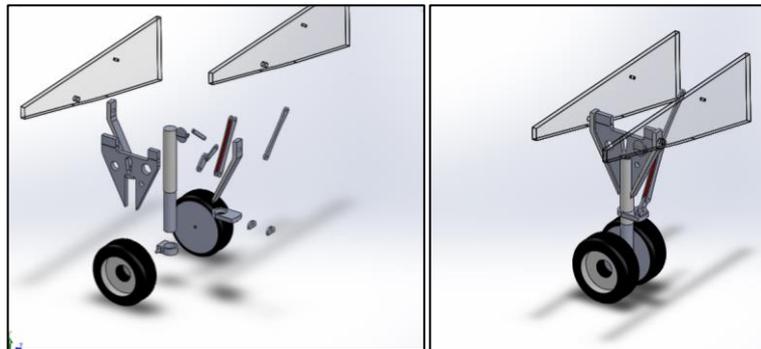


Figura 52. Perspectiva del número de partes que conforman el tren.

Por supuesto las partes que se adhirieron unas a otras fueron juntadas siguiendo estricta guía a las indicaciones y dimensiones marcadas en el programa de diseño, esto con el objetivo de que no existan fallas ni obstrucciones al momento de ser actuado.

Primero se pegó el main strut con el shock strut mientras se secaba se procedió a pegar los brazos (drag strut con el luck strut), luego los neumáticos con el shock strut una vez todo pegado y atornillado se procedió a poner la leva estructural donde va sujetado el actuador neumático así dando por terminado los trenes de aterrizaje, con el pegamento epóxico de 2 toneladas se realizó la adhesión esperando 4 minutos en cada parte que se unió.

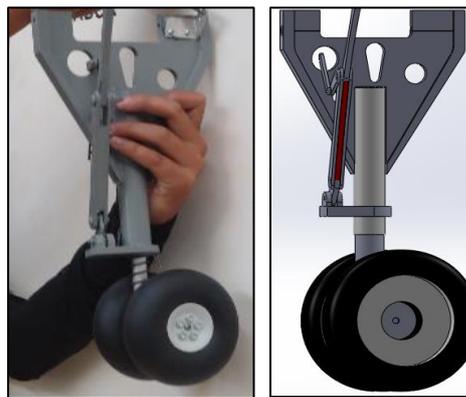


Figura 53. Perspectiva del diseño versus el ensamble.

3.4.4 Colocación de las líneas neumáticas para su funcionamiento.

Como se había explicado y consta en el tema del proyecto, el sistema de trenes funcionara de forma neumática, es decir para su accionamiento, retracción y extensión, se hará uso del aire como método de accionamiento para el cilindro de doble efecto.



Figura 54. Cilindro doble efecto que actúa el sistema de trenes.

La actuación de los dos actuadores están multiplexadas, y las líneas de entrada del bastado y salida del bastado están ligadas a un acople tipo T, que dirige el aire proveniente de la válvula, logrando así que los dos actuadores retraigan el bastado y lo extiendan por medio de una sola válvula de control. Esto se realizó a través de una valvular 5/2, esta es capaz de recibir el flujo de aire y llevarlo por medio de los conductos a la cámara de accionamiento del actuador.



Figura 55. Válvula de control 5/2.



Figura 56. Referencia de posición del acople tipo t.

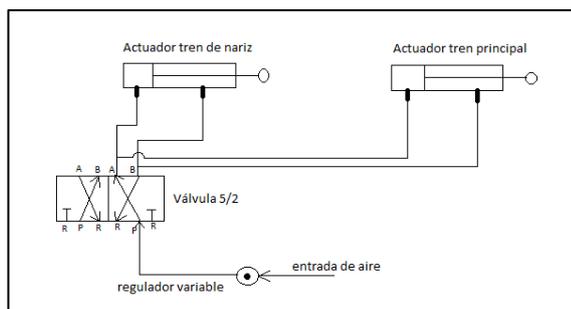


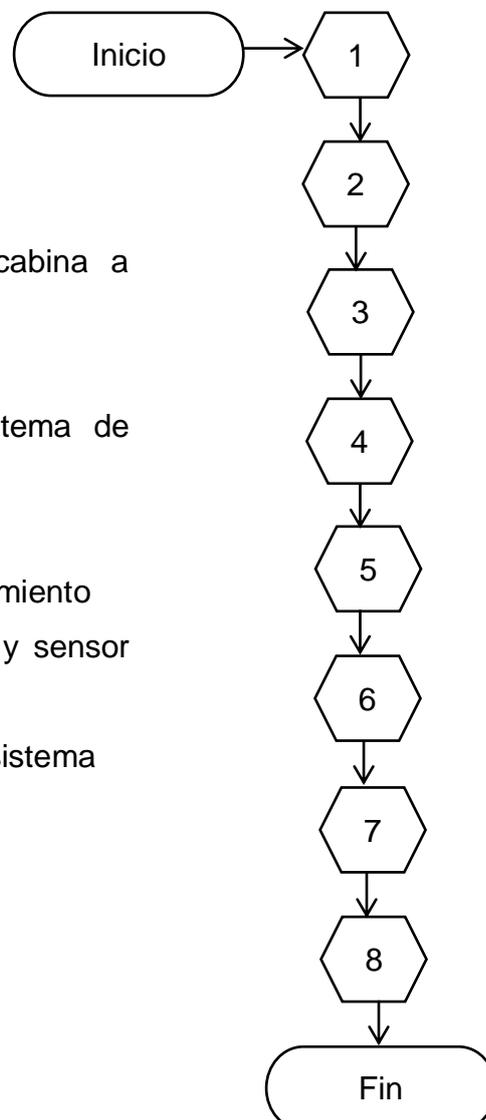
Figura 57. Esquema del sistema neumático.

Además se utilizaron varios componentes más como regulador de presión que reducen la velocidad de entrada del aire en cada uno de los cilindros actuadores, el uso de estos componentes así como la calidad de cada uno de ellos permitieron que se realicen varios montajes y desmontajes del sistema por que existían varias problemáticas que se debían resolver, antes de generar accionamiento en la válvula de control de los trenes.

3.4.5 Armado total de la maqueta.

Para realizar esta labor se tienen que tomar en cuenta el siguiente flujograma este indica los pasos que se siguieron para terminar el ensamblado del cuerpo general del sistema que acciona los trenes en el sistema en sí.

- 1.- Armar los trenes.
- 2.- Revisar el estado de la cabina a escala.
- 3.- Armar el sistema neumático.
- 4.- Conectar los trenes al sistema de actuadores.
- 5.- Regular la entrada de aire.
- 6.- Realizar pruebas de funcionamiento
- 7.- Incluir los sistemas de lock y sensor de posición.
- 8.- Colocar la nomenclatura del sistema



Es imprescindible entender que el ensamble final de la maqueta que muestra la retracción y extensión de los trenes, es el producto del ensamble de varias partes, es así que la primera parte que para esta investigación es la más importante, que es el corte y ensamble de los trenes a partir de un diseño dado, misma que está especificado en el capítulo anterior.



Figura 58. Armado de los trenes en la cabina.

Se armó el sistema neumático que controlaría los trenes de la maqueta, esto con el fin de encontrar falencias en el mismo, o para detectar si en un fortuito caso faltasen componentes o acoples, además, el armado previo permitió observar la velocidad a la que actuaban los trenes.

Posterior a tener todos los componentes de la maqueta se procedió a conectar los actuadores al sistema de conexión Jack de arrastre del tren, esta operación era de gran cuidado porque si la velocidad de los actuadores no hubiese sido disminuida hubiese causado daños en la estructura principal del tren en escala. La regulación del aire que ingresa en el sistema neumático es configurada a través de una llave de paso de aire maestra ubicada al ingreso del sistema, esta no posee la llave, pues fue retirada para

evitar que la modificación en su posición pueda generar un aumento en la velocidad de actuación de los vástagos doble efecto.



Figura 59. Conexión del tren de nariz al actuador.

Posterior a ello se realizaron calibraciones en la velocidad de cada uno de los vástagos, así como la identificación de los componentes, importante pues esta es una maqueta didáctica, que busca introducir al docente en los componentes básicos de un tren de aterrizaje, y como este funcione en su dinámica de retracción y extensión.

Como parte final de la implementación se acopló un micro contactor en la ubicación del detector de posición para que indique en una imagen como pantalla EICAS la información de los trenes en correspondencia a su ubicación sea esta retraída o extendida. Cabe recalcar que la ubicación de los trenes está ligada al espacio de disponibilidad de la cabina maqueta y por ende ella, está formada por siluetas que emulan la sombra del avión en esta posición específica, esto porque la reproducción de un tren gemelo

principal acrecentaría considerablemente los valores pre asignados a este trabajo de graduación.



Figura 60. Identificación en el tablero.

En la parte de los anexos se detallaran los planos de los trenes de aterrizaje donde se mostraran las dimensiones construidas con su respectivo formato.

3.5 Pruebas funcionales y operativas.

Para que el investigador apruebe la fase de construcción del proyecto, fue necesario realizar pruebas funcionales y operativas, las primeras con el fin de determinar si los componentes tenían algún tipo de reacción al paso del fluido de uso, las segundas con el objetivo de discernir si el sistema de locomoción, asegurado y pivote del sistema fue diseñado y construido de forma óptima, a más de esto las pruebas operativas sirvieron para filtrar cualquier tipo de anomalía que se presentara a lo largo de la retracción o extensión de los trenes de aterrizaje, o de su señalización de ubicación relativa.

Tabla 3.
Pruebas funcionales.

PRUEBAS FUNCIONALES		
PRUEBA	FUNCIONAL	NO FUNCIONAL
El actuador del tren principal tiene locomoción	X	
El actuador del tren de nariz tiene locomoción	X	
El tren principal flexiona sus componentes sin forzarse	X	
El tren de nariz flexiona sus componentes sin forzarse	X	
Los el conjunto de trenes no se obstruyen entre ellos	X	

Tabla 4.
Pruebas operativas.

PRUEBAS OPERATIVAS		
PRUEBA	OPERABLE	NO OPERABLE
El tren principal se bloquea de forma correcta.	X	
El tren de nariz se bloquea de forma correcta.	X	
El tren principal se le detecta la posición con el sensor.	X	
El tren de nariz se le detecta la posición con el sensor.	X	
Se observa la locomoción de forma armónica.	X	

MANUAL DE OPERACIÓN

<p style="text-align: center;">UGT</p> 	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 1 de 5
	“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE MUESTRE LA RETRACCIÓN Y EXTENSIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL EMBRAER 170/190 MEDIANTE EL ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”.	Código: UGT – MOCH
	Elaborado por: Ortega Zeas Ronald Yordano	Revisión Nº: 01
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha : Abril 2015

1.- OBJETIVO.

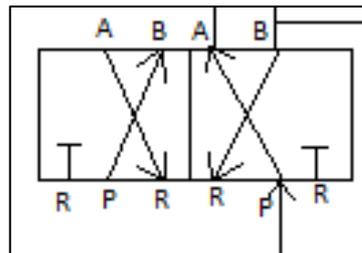
Dar una guía al usuario del equipo descrito para que este pueda hacer un uso correcto del mismo, siguiendo las normas de seguridad y de forma efectiva.

2.- ALCANCE.

Tiene como alcance a todas aquellas personas que hagan uso del sistema neumático que controlan los sistemas de retracción y extensión de la maqueta de los trenes del avión Embraer 170.

3.- PROCEDIMIENTOS.

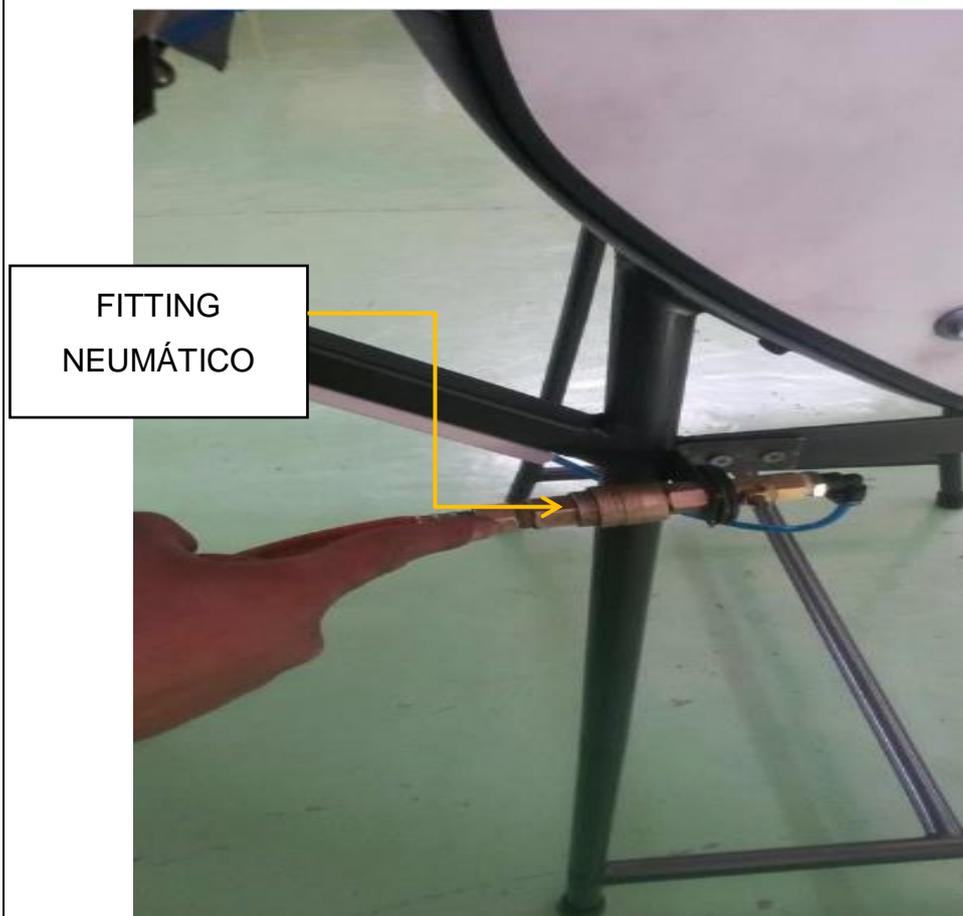
Este equipo utiliza una válvula 5/2 para su accionamiento.



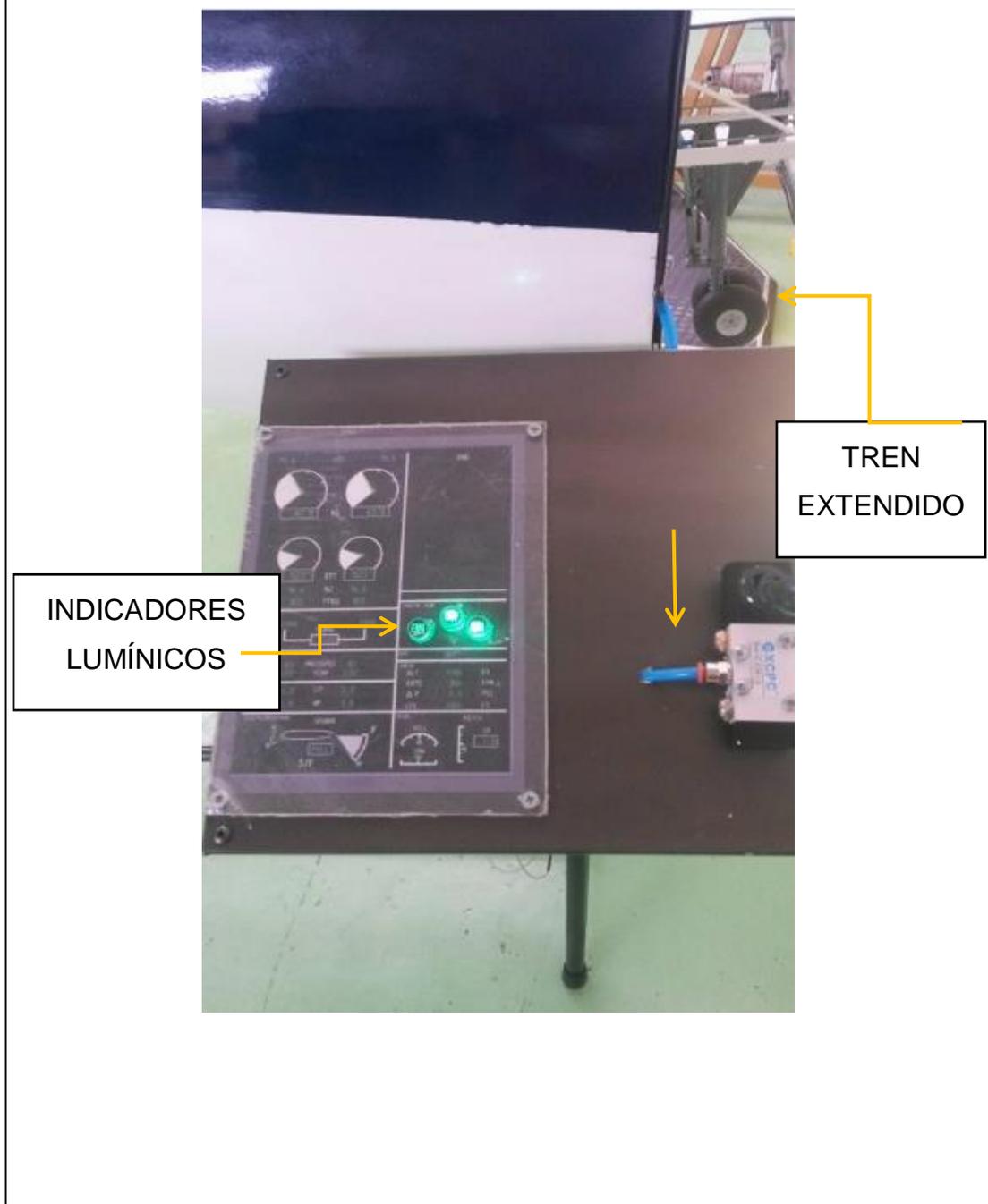
3.1 Identifique la maqueta y la ubicación de los trenes de aterrizaje.



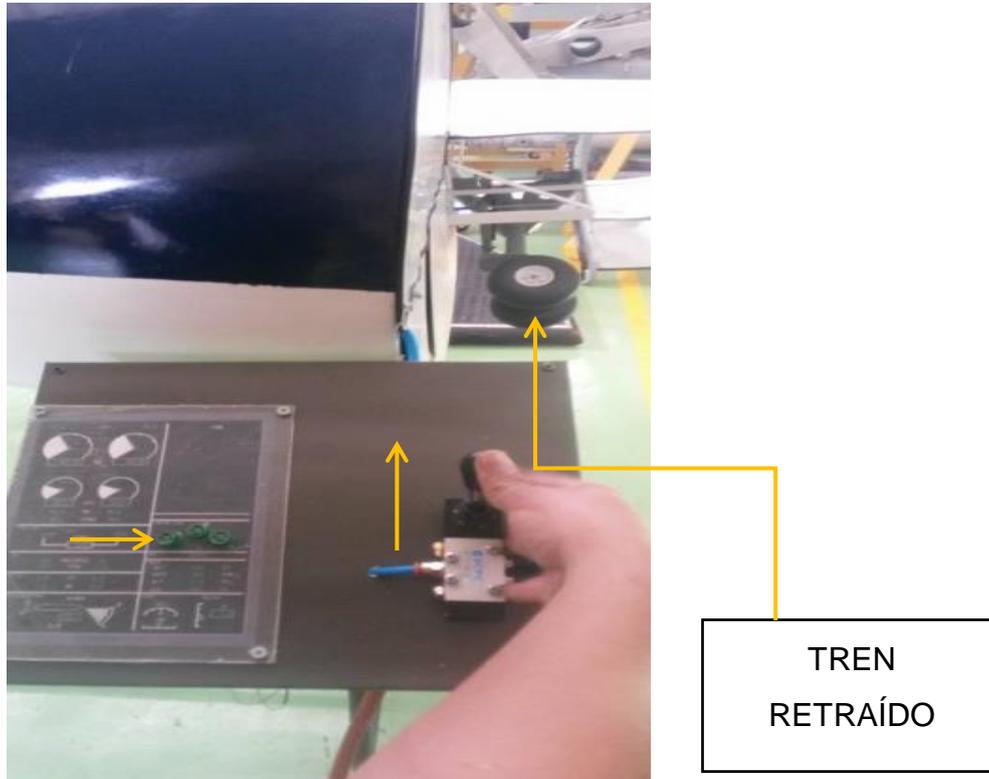
3.2 Determinar si el sistema neumático está alimentado, o se encuentra conectado, este sistema posee un conjunto de limitadores de flujo en las válvulas de doble efecto por ello no necesitan poseer manómetro, mientras éstas no sean manipuladas, ésta puede ser operada en cualquier entrada neumática que posee como mínimo 40 PSI. Si el sistema está desconectado aliméntelo mediante el FITTING NEUMÁTICO que se encuentra en la parte posterior del equipo. Observe la imagen



3.3 La maqueta dinámica posee un tablero de indicación de posición de tren, este posee indicativos lumínicos cuando se activan y desactivan, tras este panel existe un cajetín con un swich de tres posiciones colóquelo en la posición encendido, esto tendrá como efecto que se enciendan las luces del panel indicando que el tren se encuentra en la ubicación extendida como se muestra en la figura.



3.4 Para la retracción de los trenes se hace uso de la válvula 5/2 esta al ser accionada como se muestra en la imagen, levanta los trenes, si esta acción es realizada de forma correcta los indicadores lumínicos deberían apagarse, indicando así que los trenes fueron, o pasaron a la posición retraída.



Desconexión si es mediante un compresor asegurarse que no tenga alta presión (aire) aminorándola por completo al momento de desconectarla.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

MANUAL DE MANTENIMIENTO

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
	“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE MUESTRE LA RETRACCIÓN Y EXTENSIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL EMBRAER 170/190 MEDIANTE EL ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”.	
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Mantener los componentes de la maqueta de tren de aterrizaje tales como mangueras, acoples, válvula, actuadores y en si los trenes de aterrizaje en condiciones de operación para realizar sus prácticas.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Mantener en funcionamiento los trenes de aterrizaje, el presente documento está dirigido al personal encargado de efectuar el mantenimiento de los equipos del laboratorio de Mecánica Aeronáutica.</p> <p>3. MANTENIMIENTO PERIÓDICO</p> <p>3.1 TRIMESTRAL.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Inspeccionar estado de mangueras, que no presenten roturas, rajaduras o fugas. Siendo el caso remplazar por nuevas que cumplan las especificaciones marcadas en las mismas. b) Inspeccionar el cable de la señalización de trenes extendidos evidenciar que no exista cortes ni daños de ningún tipo. c) Verificar los trenes de aterrizaje principal y de nariz que no tengan ninguna obstrucción para que al momento de retraer y extender no friccionen contra algo. 		

3.3 SEMESTRAL.

- a) Verificar las uniones de las mangueras como los acoples y entrada de la línea neumática al compresor para evitar posibles fugas.

3.4 ANUAL.

- a) Revisar que los pernos de sujeción estén adecuadamente.
- b) Revisar en los actuadores estén bien los reguladores de presión (que no estén totalmente abiertos los cuales esforzarían a una mayor velocidad a los trenes haciendo que este sufra un daño irreversible.

3.4 SERVICIO.

- Poner aceite 3 en 1 si es necesario en las partes donde flexione los brazos del tren de aterrizaje.
- Limpiar el contorno, si fue derramado el aceite.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

3.6 Análisis económico.

En esta parte se detallaran los costos de la inversión aproximada de este proyecto, cabe recalcar que ciertos rubros como el de la papelería, insumos de oficina y copias están descritas en un solo literal llamado materiales didáctico, si se busca determinar un análisis de la inversión versus su utilidad o lo que se aprendió de los procesos de manufactura.

Se puede decir que pese a que la inversión no parece tan importante fue porque para esto se realizó un exhaustivo estudio de la posibilidades de materiales y de construcción así como el del sistema que lo actuaría, como punto importante se puede comentar que en una primera vista se había considerado utilizar un sistema hidráulico, pero el fin de esta investigación era la reducción de costos sin que con ello se reduzca el impacto del aprendizaje con el que se espera llegar, a consideración del investigador, la inversión valió la pena pues permitió probar una nueva herramienta de construcción a partir de las nuevas máquinas CNC, y al ver el proyecto de forma global cumple armónicamente con los requerimientos del movimiento de los trenes de aterrizaje del avión Embraer 170.

Tabla 5.

Tabla de gastos.

Producto	cantidad	valor unitario	valor total
actuadores neumáticos doble efecto	2	60	120
válvula 5/2 neumática	1	70	70
líneas neumáticas	6	1	6
acoples de 1/4 de pulgada	4	3.2	12.8
acoples tipo T	3	2.5	7.5
reguladores de velocidad para actuadores	6	4.1	24.6

Continua

válvula de control de flujo master	1	4	4
Reajuste de la cabina	1	90	90
plancha de acrílico ACRILUX	1	168	168
corte laser por minuto	90	0.75	67.5
Pegamentos	3	4	12
Llantas	4	25	100
recursos de investigación y oficina	1	400	400
		total	1082.4

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- La clasificación de la información se realizó tomando en cuenta que, así como el CBT poseía información muy detallada de los trenes, este no proporcionaba conocimientos de temas generalizados como son el de tipos de trenes, entre otros, por ello se adjuntó información proveniente de fuentes técnicas así como acotaciones tomadas de las fuentes web descritas.
- A partir del diseño de los planos del sistema de trenes se puede concluir que, la utilización de softwares de alta versatilidad de diseño, y que posea complejas herramientas para probar el movimiento de ensamblajes, garantiza este tipo de proyectos.
- De las pruebas funcionales y operativas se puede comentar que después de continuos ajustes fueron, o tuvieron como resultados la aprobación del sistema en función, creando un manual de uso con la finalidad de establecer los parámetros necesarios para salvaguardar la integridad tanto del usuario como de la maqueta.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que, se utilice el CBT del avión Embraer 170 como una referencia para el entendimiento del sistema de retracción y extensión de los trenes de aterrizaje, también se aconseja que si existe la posibilidad el modulo MAQUETA DE LOS TRENES se utilice como apoyo visual a la cátedra de trenes de aterrizaje.

- Se recomienda el uso de la plataforma Solid Works, en este caso específico por su versatilidad al momento de diseñar y poder visualizar su desplazamiento, con ello detectando posibles obstrucciones en la locomoción de cualquier elemento diseñado.

- Se recomienda realizar un cuadro de tabulación, para la aplicación de pruebas de, funcionabilidad y operatividad, esto tiene como efecto una medición de la efectividad del sistema, mucho más precisa y enfocada a las necesidades del constructor, obviamente siguiendo los manuales consiguientes a efectuar.

GLOSARIO.

A

Amortiguador.- sistema que reduce el impacto a partir de la compresión de fluidos o sistemas elásticos como resortes, también pueden ser mixtos.

Análisis.- Separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios y elementos.

Asimilar.- Comprender una persona lo que está aprendiendo e incorporar los conocimientos nuevos a los que ya tenía.

C

Concerniente.- Tocante.

Contemporáneo.- Que existe en la época actual, que pertenece al presente.

Contexto.- Conjunto de circunstancias que condicionan un hecho.

Contextualizar.- Poner en un determinado contexto.

Contraste.- Diferencia notable u oposición que presentan dos cosas cuando se comparan entre sí.

Cualidad.- Cada uno de los caracteres que distinguen a las personas o cosas.

Cualitativo.- Que denota cualidad.

Currículum.- Plan de estudios.

D

Deducción.- Método de razonamiento que consiste en ir de lo general a lo particular.

Deducir.- Sacar una conclusión por medio de un razonamiento a partir de una situación anterior o de un principio general.

DGAC.- Dirección General de Aviación Civil (Ecuador).

Directriz.- Norma o conjunto de normas e instrucciones que dirigen, guían u orientan una acción, una cosa o a una persona.

E

Entorpecer.- Poner los medios o proporcionar las causas que impiden el desarrollo normal de una actividad o proceso.

E

Fomentar.- Hacer que una actividad u otra cosa se desarrolle o aumente su intensidad.

H

Habilitación.- 1 Adaptación o adecuación de una cosa para que desempeñe una función que no es la que tiene habitualmente **2** Autorización legal que se da a una persona para hacer una cosa.

Hardware.- Conjunto de unidades físicas, circuitos y dispositivos que componen un sistema informático.

Hidráulico.- sistema que utiliza fluidos no compresibles para el accionamiento de sistemas.

I

Improvisar.- Hacer una cosa que no estaba prevista o preparada, llevado de la intuición del momento.

Innovador.- Que cambia las cosas introduciendo novedades.

L

Landing gear.- tren de aterrizaje

Lapso.- Periodo de tiempo transcurrido.

M

Mediador.- Persona u organismo encargado de intervenir en una discusión o en un enfrentamiento entre dos partes para encontrar una solución.

Metodología.- Ciencia del método y la sistematización científica. Tratado de los métodos de enseñanza.

MLG.- tren de aterrizaje principal.

N

Neumática.- parte de la mecánica que estudia el uso de fluidos compresibles, como el aire para el accionamiento de sistemas.

Neumáticos.- aro de goma que sirve para rodar.

NLG.- tren de aterrizaje ubicado en la nariz.

Nose landin gear.- tren de aterrizaje ubicado en la nariz.

P

Per se.- Por sí mismo.

Pos.- Se usa en la expresión **en pos de**, que significa 'detrás'.

Pragmatismo.- Doctrina filosófica que considera que el único medio de juzgar la verdad de una doctrina moral, social, religiosa o científica consiste en considerar sus efectos prácticos.

Prolongada.- Hacer que una cosa dure más tiempo de lo normal.

R

Recopilar.- Juntar o reunir varias cosas dispersas, especialmente escritos, bajo un criterio que dé unidad al conjunto.

S

Software.- Conjunto de programas, lenguajes de programación y datos que controlan que el ordenador funcione y realice determinadas tareas.

I

Tabular.- Expresar [valores, magnitudes, conceptos, etc.] por medio de tablas.

Tangible.- Que se puede tocar o percibir por medio del tacto.

Tipología.- Clasificación y estudio en tipos o clases de un conjunto de elementos.

Tópico.- Tema.

Turborreactor.- Motor a reacción formado por una turbina de gas, cuya expansión produce una reacción propulsora. Es el motor a reacción más complicado.

V

Variable.- Factor o característica que puede variar en un determinado grupo de individuos o hechos, especialmente cuando se analizan para una investigación o un experimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CRISTÒFOL, A. (2012) El tiempo y el espacio en la didáctica de las ciencias sociales. Trepapat Carbonell.
- PÉREZ, C (2013) Las maquetas como material didáctico para la enseñanza. PÉREZ CARRIÓN, Teresa
- OÑATE ANTONIO ESTEBAN (2007) Conocimientos del avión.
- CBT (entrenamiento basado en computadora) Avión Embraer 170
- <http://www.lockheedmartin.com/us/aeronautics/about-aeronautics.html>
- <http://trenesdeaterrizaje.blogspot.com/2012/03/sistema-de-frenado.html>
- <http://amigosdelmuseodelaire.blogspot.com/2013/06/los-frenos-de-rueda-en-el-avion.html>
- <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF39.html>

ANEXOS