

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA
DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE PARA LA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**

POR:

ALAJO HINOJOSA JOHN EDISON

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención
del título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por Alajo Hinojosa John Edison, como requerimiento parcial para la obtención del título de: **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.**

Tlgo. Ulises Cedillo

Latacunga, Octubre 21 de 2013.

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación se lo dedico a mi familia, que gracias a su ayuda incondicional, he logrado dar un paso significativo en mi vida.

A mis padres y hermanos, por los consejos que me guiaron por buen camino, impulsándome a cumplir mis metas personales y académicas, en los buenos y malos momentos.

A mi padre, por el esfuerzo al brindarme los recursos necesarios para mantenerme y culminar esta carrera, regalándome un cimiento para mi progreso.

A mi madre, por soportarme en mis momentos malos y brindarme esas palabras, que hoy son un impulso para superarme e independizarme.

A mis hermanos, por brindarme su ayuda cuando lo necesité.

A mis amigos y compañeros, al darme una mano y unas palabras, que de una u otra manera, colaboraron a la culminación de la tesis.

¡Gracias a Todos!

John Edison Alajo Hinojosa

AGRADECIMIENTO

Un infinito agradecimiento a Dios y la Stma. Cruz por brindarme la salud, y mantener a mi familia junto a mí.

A mi Abuelo querido que me acompaña en cada paso que doy, y cuida de mí en todo momento, y me da las fuerzas para seguir adelante y aspirar a más.

Agradezco a mis profesores, maestros y amigos, por brindarme sus conocimientos y sus consejos para ser mejor cada día.

A las humildes y grandes personas de corazón, que compartieron sus experiencias en la aviación, en Manta y Shell.

También a los compañeros que ya hace tres años, nos involucramos en la hermosa aviación y que juntos hemos llegado al final de un largo y duro camino.

Y por último a aquellas personas, que hicieron que este personaje, progrese y siga siempre adelante, ante las situaciones de la vida.

¡Gracias!

John Edison Alajo Hinojosa

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMARY.....	xv

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e importancia	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.2.3 Alcance.....	3

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Sistemas hidráulicos y el avión	4
2.2 Frenos del avión.....	5
2.2.1 Unidades de accionamiento del freno	6
2.2.2 Sistemas de accionamiento del freno.....	7
2.2.3 Sistema de frenos independiente	7
2.3 Componentes del sistema.....	9
2.3.1 Cilindros maestros (Master Cylinders).....	9
2.3.2 Discos de freno	11
2.3.2.1 Freno de disco simple	12
2.3.2.1.1 Freno de disco fijo	12
2.3.3 Parking brake	14
2.3.4 Ruedas de avión	15
2.3.5 Fluido hidráulico	15
2.3.5.1 Propiedades del fluido hidráulico.....	16
2.3.5.1.1 Viscosidad	16
2.3.5.1.2 Estabilidad química	17

2.3.5.1.3 Punto de inflamación	18
2.3.5.1.4 Punto de combustión.....	18
2.3.5.2 Tipos de fluido hidráulico.....	18
2.3.5.2.1 Polialfaolefinas	20
2.3.5.3 AeroShell fluid 41	21
2.3.5.3.1 Campo de aplicación	21
2.3.6 Cañerías hidráulicas.....	21
2.3.7 Motor eléctrico.....	23
2.3.8 Principio de funcionamiento del motor eléctrico	24
2.4 Instrumentos de medición	24
2.4.1 Manómetro de presión hidráulica	24
2.4.1.1 Manómetro bourdon	25
2.4.2 Termocupla o termopar	26
2.5 Principios de funcionamiento.....	27
2.5.1 Hidráulica	27
2.5.2 Mecánica de fluidos.....	27
2.5.3 Relación entre fuerza, presión y área.....	28
2.5.4 Relación entre volumen, área y distancia.....	28
2.5.5 Caudal.....	29
2.5.6 Principio de Pascal.....	30
2.5.7 Ventajas de la ley de Pascal	31
3.1 Preliminares	36
3.2 Estudio de alternativas	36
3.2.1 Primera Alternativa	36
3.2.2 Segunda alternativa	37
3.2.3 Análisis de factibilidad	38
3.2.3.1 Primera alternativa	38
3.2.3.2 Segunda alternativa.....	39
3.2.4 Selección de alternativa	40

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.3 Diseño	41
3.3.1 Estructura	41
3.3.1.1 Cálculos Esfuerzo	42
3.3.2 Sistema hidráulico	45
3.3.2.1 Presión y Caudal	46
3.3.3 Sistema eléctrico	47
3.3.4 Transmisión rueda derecha – motor eléctrico.	47
3.3.4.1 Selección del motor	48
3.3.4.2 Selección de la polea	49
3.3.4.3 Selección de la banda de transmisión	50
3.5 Construcción de la maqueta didáctica.....	51
3.5.1 Elaboración de la estructura.....	51
3.5.2 Tablero	53
3.5.3 Circuito eléctrico.....	54
3.5.4 Circuito hidráulico.....	57
3.5.5 Procesos varios.....	58
3.5.6 Elementos no construidos	60
3.6 Pruebas y análisis de resultados.....	60
3.7 Codificación de equipos y herramientas.....	61
3.8 Diagrama de procesos	62
3.8.1 Elaboración de la Estructura	63
3.8.2 Elaboración del tablero.....	65
3.8.3 Montaje del sistema de freno independiente y parking brake.....	67
3.8.4 Instalación del motor	69
3.8.5 Ensamble final.....	71
3.9 Manuales.....	71
3.9.1 Manual de operación	72
3.9.2 Manual de Mantenimiento	72
3.10 Informe económico.....	79
3.10.1 Presupuesto	79

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	80
4.2 Recomendaciones.....	81
GLOSARIO	82
BIBLIOGRAFIA	89
Anexos	¡Error! Marcador no definido.
HOJA DE VIDA	90
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	92
CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1: Avión con patín de cola de la Primera Guerra Mundial.	5
Figura 2.2: Cilindros Maestros y Pedal de dirección.	8
Figura 2.3: Típico sistema de freno Independiente.	9
Figura 2.4: Cilindro Maestro.	10
Figura 2.5: Cilindro Presionado.	10
Figura 2.6: Cilindro Suelto.	11
Figura 2.7: Freno de disco fijo.	12
Figura 2.8: Freno de disco Fijo montado.	13
Figura 2.9: Conjunto de freno Cleveland.	14
Figura 2.10: Válvula de freno de Estacionamiento.	14
Figura 2.11: Viscosímetro Saybolt.	17
Figura 2.12: Cañerías rígidas.	22
Figura 2.13: Cañería flexible.	23
Figura 2.14: Motor eléctrico.	23
Figura 2.15: Manómetro Bourdon.	25
Figura 2.16: Termocupla tipo K.	27
Figura 2.17: Relación entre Fuerza, Presión, Área.	28
Figura 2.18: Relación entre Volumen, Área, Distancia.	29
Figura 2.19: Formula de Caudal.	30
Figura 2.20: Diferencia de Presión.	31
Figura 2.21: Ventaja de la Ley de Pascal.	32
Figura 3.1: Maqueta de Matco.	37
Figura 3.2: Maqueta de Parker (Cleveland brakes).	37
Figura 3.3: Estructura en SAP 2000.	42
Figura 3.4: Circuito Hidráulico.	45
Figura 3.5: Circuito eléctrico.	47
Figura 3.6: Motor.	49
Figura 3.7: Banda de Transmisión.	51
Figura 3.8: Piso de la Estructura.	52
Figura 3.9: Suelda de las bases del tablero.	52
Figura 3.10: Montaje del tablero.	53
Figura 3.11: El tablero y sus componentes.	54
Figura 3.12: Cableado y bobina tipo pulsador.	54

Figura 3.13: Pulsador normalmente cerrado.....	55
Figura 3.14: Conexión en el Bobinado.....	55
Figura 3.15: Cables del motor.....	56
Figura 3.16: Instalación del interruptor.....	56
Figura 3.17: T de acero inoxidable.....	57
Figura 3.18: Conexión terminada.....	57
Figura 3.19: Abastecimiento de líquido hidráulico.....	58
Figura 3.20: Montaje del eje.....	59
Figura 3.21: Lubricación de los componentes móviles.....	59
Figura 3.22: Maqueta Terminada.....	60
Figura 3.23: Elaboración de la estructura.....	63
Figura 3.24: Elaboración del tablero.....	65
Figura 3.25: Montaje de elementos del sistema de frenos.....	67
Figura 3.26: Instalación del motor.....	69
Figura 3.27: Ensamble final.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Criterios de Evaluación.....	40
Tabla.3.2. Resultado de la evaluación.	40
Tabla 3.3. Componentes de la estructura.	43
Tabla 3.4. Componentes de la estructura.	44
Tabla 3.5. Componentes del circuito hidráulico.....	46
Tabla 3.6. Datos para la selección de banda.	50
Tabla 3.7. Equipos.	61
Tabla 3.8. Herramientas.....	62
Tabla 3.9. Simbología de Procesos.....	62
Tabla 3.10. Tabla de procesos de la elaboración de la estructura.	64
Tabla 3.11. Tabla de procesos de la elaboración del tablero.	66
Tabla 3.12. Montaje del sistema de frenos Independiente y parking brake.....	68
Tabla 3.13. Instalación del motor.	70
Tabla 3.14. Descripción de costos	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Rdac 147 Subparte B.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo B Especificaciones Técnicas del Líquido Hidráulico	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C Termocupla.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo D Ficha técnica del tubo estructural cuadrado A500 “Dipac”	¡Error! Marcador no definido.
Anexo E Propiedades de Aceros Estructurales.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo F Grafico en SAP 2000	¡Error! Marcador no definido.
Anexo G Grafico en Auto CAD	¡Error! Marcador no definido.
Anexo H Sistema de frenos independientes en una aeronave	¡Error! Marcador no definido.
Anexo I Características técnicas de la cañería.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo J Características de la banda.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo K Método de abastecimiento de líquido hidráulico	¡Error! Marcador no definido.
Anexo L Método de Lubricación de las partes móviles	¡Error! Marcador no definido.
Anexo M Sistema de freno (Cessna 206).....	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (I.T.S.A), al contar con la Tecnología de Mecánica Aeronáutica – Mención Motores, y poseer instalaciones adecuadas tales como talleres y laboratorios para la implementación de material didáctico en lo referente a la aviación, y luego de constatar su escases después de una investigación se establece la necesidad que las mismas deben contar con una maqueta didáctica del sistema de frenos independientes y parking brake, la misma que en parte simula el frenado de una aeronave al ser operada.

Por tales motivos, se realizó la adquisición de los componentes que conforman mencionado sistema de frenos, los mismos que están conectados por medio de cañerías hidráulicas de alta presión, y es controlado por un palanca que acciona el freno de estacionamiento y por dos pedales, que generan presión hidráulica que al mismo tiempo es medida por dos manómetros propios para este trabajo.

La maqueta al ser material didáctico cuenta con un transmisión Motor - Rueda en el lado derecho del sistema de frenos que proporciona las revoluciones necesarias para la aplicación del freno, como consecuencia de aquello el calor emanado por la fricción puede ser medida por la termocupla tipo K.

De esta forma se colabora a que se incrementen los conocimientos del alumnado, tanto en el ámbito teórico como práctico, capaces de ser aplicados en el ámbito laboral, en relación a la institución se la ayuda a cumplir regulaciones tales como la Rdac. 147, Subparte B.

SUMARY

The Aeronautical Technological Institute (I.T.S.A), by having Aeronautical Mechanical Technology - Mention Engines, and possess adequate facilities such as workshops and laboratories for the implementation of educational materials regarding aviation, and after reviewing the shortage after investigation was essential that they should have a didactic model independent brake system and parking brake, the same as in part simulates an aircraft braking being operated.

For these reasons, we performed the acquisition of the aforementioned components which make up the braking system thereof which are connected via high-pressure hydraulic pipes, and is controlled by a lever which activates the parking brake and two pedals, which hydraulic pressure generated simultaneously measured by two gauges themselves for this work.

The model to be didactic material has a motor-wheel drive on the right side of the brake system that provides the necessary speed brake application, as a result of that the heat from the friction can be measured by the thermocouple type K .

In this way we work to increasing the knowledge of students in both the theoretical and practical level, and as a result for posterity capable of being applied in the workplace, in relation to the institution to support compliance with regulations such as the Rdac. 147, Subpart B.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

En base a la experiencia adquirida sobre el funcionamiento del sistema de frenos de un avión y sus componentes, así como también debido a la escasez de material didáctico referente a Landing Gear (ATA 32) en el Bloque 42 del I.T.S.A fueron motivo para desarrollar el presente proyecto.

El sistema de frenos hidráulico es aplicado para la reducción de velocidad cuando el avión se encuentra en tierra bajo los principios hidráulicos del matemático y físico Blaise Pascal, por lo tanto se realizó un análisis de los elementos que lo conforman en libros referentes a mantenimiento aeronáutico, y una investigación de las aeronaves que lo utilizan.

Basándose en un simulador del sistema de frenos tipo independiente propio de aviones de pequeña envergadura, el mismo que es utilizado por casas fabricantes como **MATCO Y CLEVELAND**, pioneros en la construcción de ruedas y sistemas de frenos para aviación, se decidió la elaboración del presente trabajo previo a la aprobación de un ante proyecto con el tema **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**.

1.2 Justificación e importancia

La falta de material didáctico adecuado en lo que se refiere a aeronáutica en el I.T.S.A, que demuestre los principios básicos de una aeronave y que a la vez esté conformada por elementos propios de un avión, es muy poco usual lo cual no ayuda a la institución a cumplir regulaciones impuestas por la Dirección General de Aviación Civil (**D.G.A.C**), como Rdac.147, Subparte B, (**Anexo A**)

Por lo cual se presenta la necesidad de adquirir conocimientos técnicos y prácticos para la formación profesional e íntegra del alumnado, es muy importante recalcar que la capacitación teórica adquirida en las aulas se debe complementar con la práctica, utilizando instrumentos que faciliten la interacción entre los sistemas del avión y los futuros técnicos aeronáuticos del Ecuador.

Por dichas razones un sistema de frenos independientes y parking brake como aporte didáctico a la carrera es importante ya que mejora su enseñanza impartiendo conocimientos de hidráulica y trenes de aterrizaje, lo cual facilita el entendimiento de leyes básicas que permiten el funcionamiento de una aeronave, a través de su implementación en el Bloque 42.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Construir e implementar una maqueta didáctica del sistema de frenos independiente y Parking brake con elementos de la aeronave Cessna 206 en el Bloque 42 para la carrera de Mecánica Aeronáutica.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recopilar información técnica referente al sistema de frenos independiente y sus componentes.
- Plantear alternativas de construcción que sean adecuadas para el uso didáctico por el alumnado.

- Realizar una simulación estructural usando un software de diseño y construirlo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de frenos independiente.
- Realizar pruebas del funcionamiento del parking brake.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento de la maqueta.

1.2.3 Alcance

La maqueta didáctica del sistema de frenos y parking brake, es un material práctico capaz de ser usado en la instrucción de materias como hidráulica y trenes de aterrizaje, y a la vez se lo puede usar como objeto de mantenimiento, adicional a esto el presente trabajo puede ser mejorado, y la información recopilada puede ser empleada para futuros proyectos de la institución o ajenos a la misma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas hidráulicos y el avión

El término "hidráulica" se basa en la palabra griega para el agua y originalmente significaba el estudio del comportamiento físico del agua en reposo y en movimiento. Hoy en día, el significado se ha ampliado para incluir el comportamiento físico de todos los líquidos, incluyendo el líquido hidráulico. "Los sistemas hidráulicos no son nuevos en la aviación y se han ido sofisticando, desarrollando nuevos sistemas de potencia hidráulica".

Los sistemas hidráulicos de las aeronaves proporcionan el medio para el funcionamiento de los componentes del avión como el tren de aterrizaje, superficies de control, y el frenado que se logra en gran medida con los sistemas de energía hidráulica. La complejidad de los sistemas hidráulicos varía en los aviones pequeños que requieren fluido para la operación manual de los frenos y los grandes aviones de transporte, donde los sistemas son grandes y complejos.

Para lograr la fiabilidad necesaria, el sistema puede constar de varios subsistemas, cada subsistema tiene un dispositivo de generación de energía (bomba), depósito, acumuladores, intercambiadores de calor, sistema de filtrado, etc. La presión de operación del sistema puede variar desde un par de cientos de libras por pulgada cuadrada (psi) en aviones pequeños y en helicópteros de gran dimensión a 5000 psi.

2.2 Frenos del avión¹

Muchas aeronaves al principio no contaban con un sistema de freno, para reducir la velocidad y detener el avión mientras se encuentra en tierra. En su lugar, se utilizaba velocidades bajas, aeródromos de superficies blandas, y con la fricción desarrollada por el patín de cola se reducía la velocidad durante la operación terrestre.



Figura 2.1: Avión con patín de cola de la Primera Guerra Mundial.
Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~dmartina/risco/aviones/primera.htm>

Los sistemas de freno diseñados para aeronaves se hicieron comunes, después de la Primera Guerra Mundial como la velocidad y la complejidad de las aeronaves aumento, el uso de superficies lisas, y pistas pavimentadas proliferaron.

Hoy en día todos los aviones modernos están equipados con frenos, y su funcionamiento se basa en la operación segura de la aeronave en tierra. Los frenos desaceleran el avión y lo detienen en un tiempo razonable.

Otro objetivo del freno es mantener inmóvil a la aeronave mientras el motor está en funcionamiento y, en muchos casos dirige la aeronave durante el rodaje.

¹ U.S Department of Transportation. Aviation Maintenance Technician Handbook – Airframe. Oklahoma city: Federal Aviation Administration.

En la mayoría de las aeronaves cada una de las ruedas principales está equipado con una unidad de freno, excepto la rueda de nariz o de cola.

En el sistema de frenos típico, las conexiones mecánicas y / o hidráulicas a los pedales del timón permiten al piloto controlar los frenos. Al pulsar sobre la parte superior del pedal derecho del timón se presuriza el freno de la rueda principal derecha y empujando en la parte superior del pedal del timón izquierdo se presuriza el freno de la rueda principal izquierda.

2.2.1 Unidades de accionamiento del freno²

El funcionamiento básico de los frenos implica la conversión de la energía cinética de movimiento en energía térmica a través de la creación de fricción entre las pastillas de freno (linings) y el disco de freno. Existen dos tipos básicos de frenos que están en uso, **energizados y no energizados**.

Los frenos energizados utilizan la fricción desarrollada entre las partes giratorias y estacionarias para producir una acción de cuña que aumenta la fuerza de frenado y reduce el esfuerzo del piloto. Los frenos no energizados no usan el efecto cuña.

- **Frenos energizados**

También llamados servo frenos, y usan el impulso del avión para incrementar la eficacia de acuñamiento de las pastillas contra el tambor del freno. Los frenos tipo tambor, similares a los usados por automóviles, son una forma de servo freno dual y se energizan cuando el movimiento del avión sea hacia delante o hacia atrás provocando que las pastillas del freno acuñen contra el disco, cuando los frenos son aplicados. Un freno, de servo simple es usado en algunos aviones pequeños, y es energizado solamente cuando se mueve hacia delante.

² Dale Crane. 1999. Aviation Maintenance Technician Series – Airframe. Newcastel, Washington: Aviation Supplies & Academics.

- **Frenos no energizados**

Son frenos que no utilizan el impulso del avión para incrementar la fricción. También son el tipo más común de freno en aviación moderna, estos frenos son actuados por presión hidráulica, y la cantidad de acción de frenado depende de la cantidad de presión aplicada. Tubo expansor, simple disco, y frenos de disco múltiple son tipos de frenos no energizados.

2.2.2 Sistemas de accionamiento del freno

Los diversos conjuntos de freno utilizan energía hidráulica para operar, y existen tres tipos de sistemas de accionamiento básico que son:

- El sistema independiente que no forma parte del sistema hidráulico principal del avión.
- Sistema booster (reforzador), que usa intermitentemente el sistema hidráulico del avión cuando lo necesita.
- Power brake system (sistema de servo freno o potenciado), que únicamente usa los sistemas hidráulicos principales del avión, como fuente de presión.

2.2.3 Sistema de frenos independiente³

En general, aviones pequeños y aviones que carecen de sistemas hidráulicos utilizan frenos independientes. Un sistema de freno independiente no está conectado de alguna manera con el circuito hidráulico de la aeronave. Los cilindros maestros se utilizan para desarrollar presión hidráulica necesaria para operar los frenos.

En la mayoría de los sistemas de accionamiento de freno, el piloto empuja la parte superior de los pedales del timón para aplicar los frenos. Un cilindro maestro para cada freno está conectado mecánicamente al pedal del timón correspondiente (es decir, del freno principal derecho al pedal derecho, y del freno principal izquierdo con el pedal izquierdo del timón).

³ Jeppesen. 2009. A&P Technician Airframe Textbook. Colorado: Jeppesen.

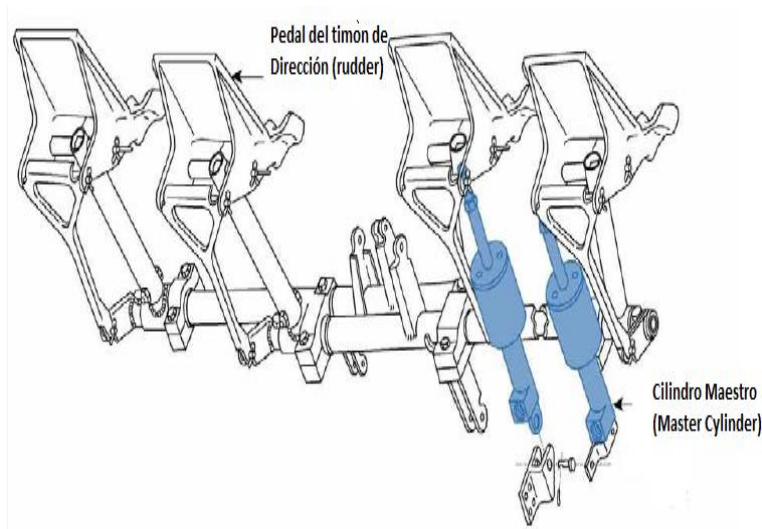


Figura 2.2: Cilindros Maestros y Pedal de dirección.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

Cuando se presiona el pedal, un pistón dentro de una cámara sellada llena de fluido en el cilindro maestro, envía una fuerza que es transmitida por el fluido hidráulico a través de una línea a los pistones, en el conjunto de freno. Los pistones de la cámara freno empujan las pastillas de freno, contra el disco para crear la fricción que detendrá la rotación de la rueda.

Una gran cantidad de cilindros maestros, han sido incorporados con reservorios de líquido hidráulico. Otros tienen un solo depósito remoto que sirve para ambos cilindros de la aeronave, este particular modelo le pertenece a Goodyear. El cilindro está siempre lleno de fluido hidráulico, libre de aire y de contaminantes y a su vez el depósito y la línea que une los dos elementos.

Cuando la parte superior del pedal está oprimido, el vástago del pistón se mueve mecánicamente hacia delante del cilindro maestro, esta acción empuja el pistón contra el fluido, el cual es forzado a fluir a través de una línea hacia la cámara de freno, y cuando se libera esta presión del pedal, los resortes de retorno en el cilindro se retraen al igual que los pistones en la cámara de freno.

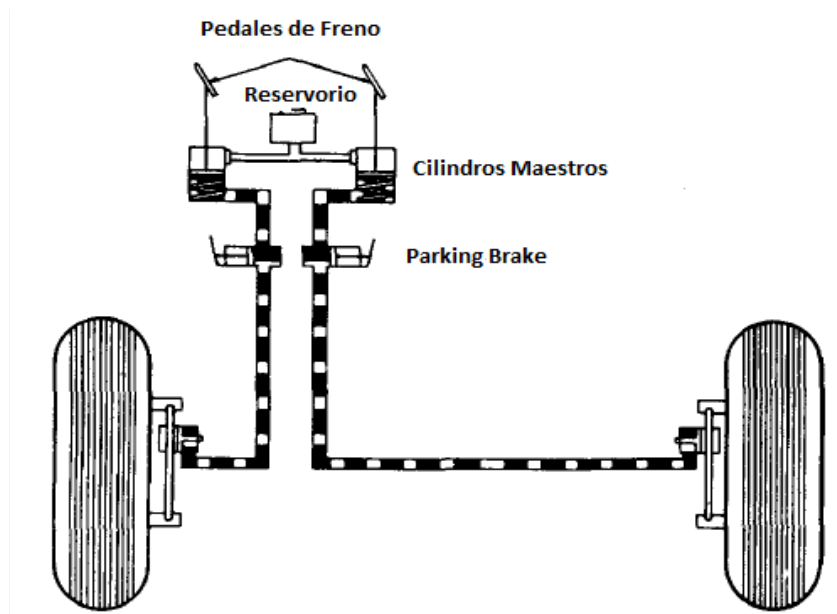


Figura 2.3: Típico sistema de freno Independiente.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe, Volumen 2.

El fluido hidráulico detrás de los pistones se desplaza y debe volver al cilindro maestro. Mientras lo hace, un resorte de retorno en el interior del cilindro maestro mueve el pistón, el vástago y el timón del pedal, de nuevo a la posición original (pedal no presionado). El líquido detrás del pistón del cilindro maestro fluye de vuelta al depósito y el freno está listo para ser aplicado de nuevo.

2.3 Componentes del sistema

2.3.1 Cilindros maestros (Master Cylinders)

Los cilindros maestros están encargados de transformar el movimiento mecánico en presión hidráulica, constantemente mantiene el correcto volumen de fluido en las líneas hidráulicas y demás componentes, proporciona los medios para elevar, variar y liberar la presión requerida para la operación del freno.

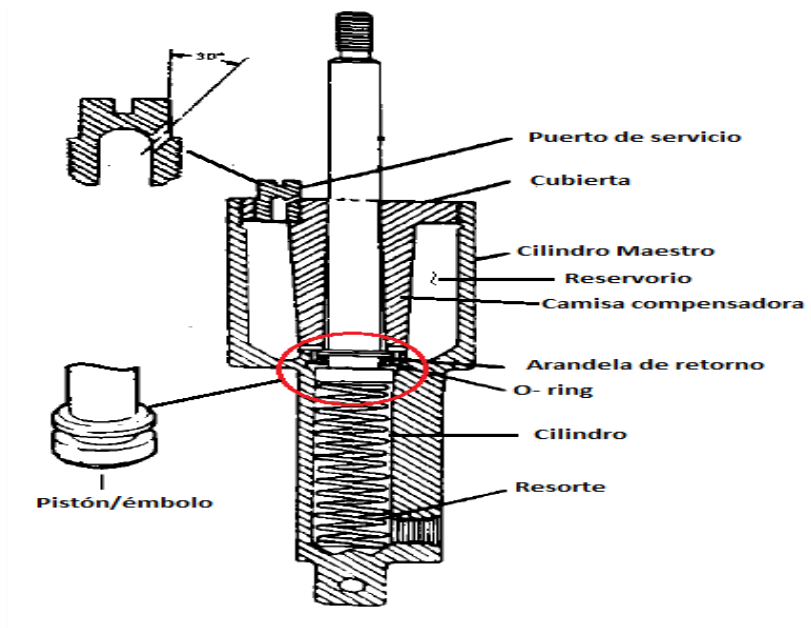


Figura 2.4: Cilindro Maestro.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

Este tipo de cilindros maestros poseen su propio reservorio de fluido hidráulico con un punto de ventilación, y están mecánicamente vinculados con los pedales de dirección, y al presionar la parte superior de estos, se realiza un empuje con el embolo dentro del cilindro, forzando a salir el líquido hidráulico hacia la cámara de freno, esta acción impide el acceso de líquido del reservorio hacia el cilindro y viceversa, por medio un o-ring ubicado en el embolo del pistón.

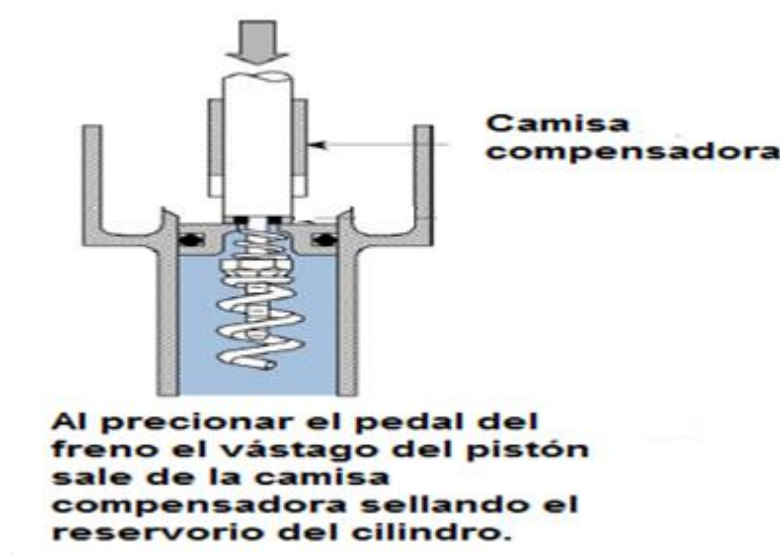


Figura 2.5: Cilindro Presionado.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

Cuando se libera la presión sobre el resorte, este ubica al pistón a su posición inicial, permitiendo volver a llenar el depósito con el líquido que fue enviado al circuito hidráulico. El o-ring ubicado en el pistón mantiene su distancia lejos del cilindro permitiendo un libre flujo, desde el cilindro a través del puerto de compensación, hacia el reservorio.

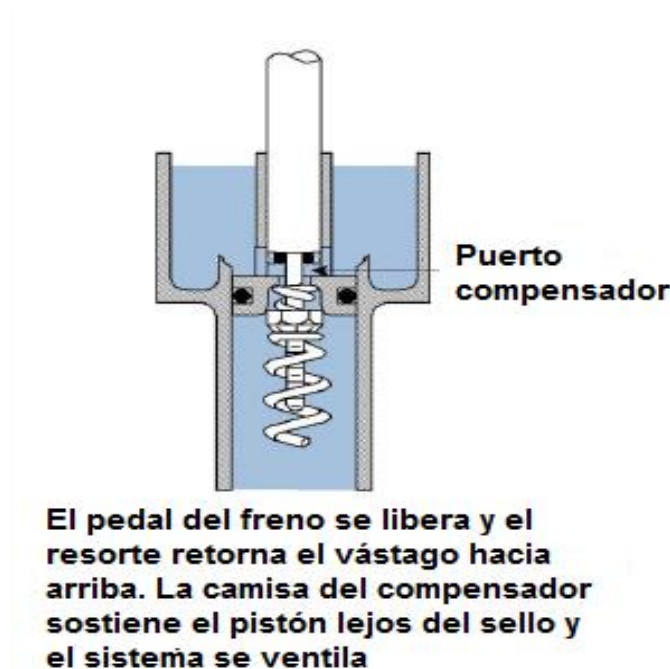


Figura 2.6: Cilindro Suelto.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

2.3.2 Discos de freno

Los aviones modernos normalmente utilizan los frenos de disco, el mismo que gira con el conjunto de la rueda mientras que una pinza estacionaria resiste la rotación, provocando fricción sobre el disco cuando se aplica los frenos, el tamaño, peso y la velocidad de aterrizaje de la aeronave influyen en el diseño y la complejidad del sistema de freno de disco.

Existen frenos de uno, dos y múltiples discos que son los más comunes, el freno de rotor segmentado se utiliza en los aviones gran envergadura, los de tubo extensor se encuentran en aviones muy antiguos y los discos de carbono están aumentando en la flota de la aviación moderna, en este texto se tratara específicamente del freno de disco simple.

2.3.2.1 Freno de disco simple

Típicamente usados por aviones de pequeña envergadura, brinda un frenado eficaz con un solo disco introducido o atornillado en cada rueda, y a la medida que gira también lo hace el disco, la desaceleración se lleva a cabo mediante la aplicación de fricción a ambos lados del disco con una pinza atornillada a una brida del eje del tren de aterrizaje.

Los pistones en la cámara de freno, y bajo la fuerza de la presión hidráulica provocan que las pastillas de freno disminuyan la velocidad del disco cuando se aplican los frenos, es decir cuando los cilindros maestros son presionados en la parte superior del timón de dirección, proporcionan la presión necesaria o requerida por el piloto para desacelerar la aeronave.

2.3.2.1.1 Freno de disco fijo

Este disco de freno está sujeto rígidamente a la rueda, permitiendo que la pinza con las pastillas de freno floten lateralmente cuando se aplica presión, este disco de freno fijo es utilizado por pequeñas aeronaves, y son manufacturados por compañías como Cleveland y Matco.



Figura 2.7: Freno de disco fijo.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe, Volumen 2.

El diseño del disco fijo permite ajustar la posición de la pinza en relación al disco, las pastillas de freno están remachadas en la placa de presión y la placa posterior, además dos pernos de anclaje atraviesan la placa de presión y están asegurados a la cámara de freno.

Estos pernos de anclaje se encuentran libres y se deslizan de a dentro hacia fuera de los bujes del plato de torsión, el mismo que esta atornillado a la brida del eje, la cámara de frenos está sujeta a la placa posterior para mantener el conjunto alrededor del disco fijo.

Cuando se aplica presión la pinza y las pastillas de freno se mueven hacia el centro por acción del deslizamiento de los pernos de anclaje en los bujes del plato de torsión, proporcionando una igual presión a ambos lados del disco de freno desacelerando la rotación de la ruedas.



Figura 2.8: Freno de disco Fijo montado.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe, Volumen 2.

Una característica de este tipo de freno es, que las pastillas de freno se pueden sustituir sin desmontar la rueda, al destornillar la cámara de freno de la placa posterior se concede que los pernos de anclaje se deslicen hacia fuera de los bujes del plato de torsión, permitiendo que el conjunto quede libre proporcionando acceso a todos los componentes.

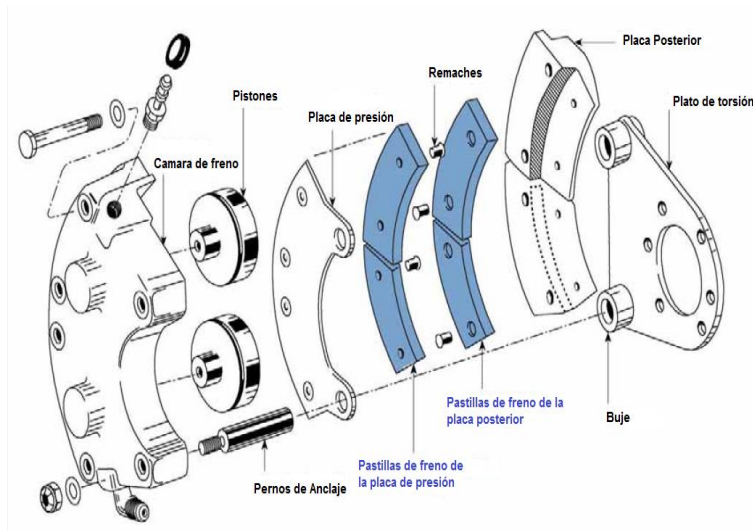


Figura 2.9: Conjunto de freno Cleveland.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1

2.3.3 Parking brake⁴

El mecanismo de Parking brake (freno de estacionamiento) es un subconjunto del habitual sistema de freno hidráulico. El control para el mecanismo se ubica en la cabina y por lo general consiste en una manija de tirón o palanca.

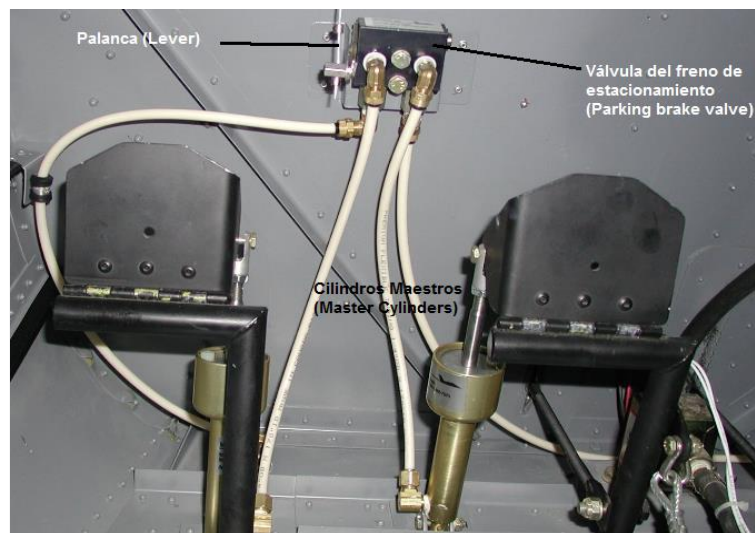


Figura 2.10: Válvula de freno de Estacionamiento.

Fuente: <https://skydrive.live.com/?cid=2C08001814B26710&id=2C08001814B26710%21286>

⁴ Matco mfg. Pvpv-D. Parking brake valve dual. Product Description. <http://www.matcomfg.com/PARKINGBRAKEVALVEDUAL-idv-3579-8.html>

Los frenos se bloquean cuando la manija de estacionamiento se mueve a la posición cerrada, permitiendo que el líquido hidráulico fluya hacia la cámara de freno e imposibilitando su retorno, de esta forma se mantiene las ruedas estáticas, para liberar el disco de freno de la pinza y consentir el movimiento de la rueda, se abre la válvula para que el líquido fluya en ambos sentidos (desde los cilindros maestros hacia la cámara de freno y viceversa).

2.3.4 Ruedas de avión

Las ruedas del avión es un componente importante, del sistema de tren de aterrizaje, y con los neumáticos montados alrededor de ellos, soportan todo el peso de la aeronave durante el rodaje, despegue y aterrizaje. Las ruedas típicas para un avión son ligeras, fuertes, y son hechas de aleación de aluminio, aunque existen unas pocas de aleación de magnesio.

Las primeras ruedas en aviación eran de una sola pieza al igual que las ruedas del automóvil, y con el pasar del tiempo los neumáticos mejoraron y se hicieron más rígidos para absorber mejor las fuerzas del aterrizaje, esta acción modernizó las ruedas que fueron construidas de dos piezas, permitiendo que el neumático se estire y no se salga de la rueda al momento del impacto en tierra, hoy en día casi todos los aviones modernos los utilizan.

2.3.5 Fluido hidráulico

Los fluidos de un sistema hidráulico se utilizan principalmente para transmitir y distribuir las fuerzas a las distintas unidades para ser accionadas. Los líquidos son capaces de hacer esto porque son casi incompresibles, la ley de Pascal que trata de la presión aplicada a cualquier parte de un líquido confinado se transmite con la misma intensidad no disminuida a todas las demás partes del circuito, por lo tanto la presión es distribuida con la misma intensidad sin importar el número de pasajes que existan en un circuito hidráulico.

Los fabricantes de dispositivos hidráulicos suelen especificar el tipo de líquido más apropiado para el uso en equipos teniendo en cuenta las condiciones

de trabajo, el servicio requerido, las temperaturas esperadas dentro y fuera de los sistemas, las presiones que deben soportar, las posibilidades de corrosión y otras condiciones que debe ser consideradas. Si la incompresibilidad y la fluidez fueran las únicas cualidades requeridas, cualquier líquido que no es demasiado espeso, podría ser utilizado en un sistema hidráulico. Pero un líquido satisfactorio para una instalación en particular debe poseer una serie propiedades.

2.3.5.1 Propiedades del fluido hidráulico

2.3.5.1.1 Viscosidad

Una de las propiedades más importantes de cualquier fluido hidráulico es su viscosidad, la viscosidad es la resistencia interna al desplazamiento de un líquido, tal como gasolina que tiene una baja viscosidad fluye fácilmente, mientras que un líquido, tal como la brea que tiene una alta viscosidad fluye lentamente.

La viscosidad aumenta a medida que disminuye la temperatura, un líquido satisfactorio para un sistema hidráulico dado debe tener suficiente cuerpo para darle un buen sellado en las bombas, válvulas y pistones, pero no debe ser tan gruesa para ofrecer resistencia al flujo, lo que lleva a la pérdida de poder y mayores temperaturas de operación.

Estos factores se suman a la carga y al excesivo desgaste de las partes, un fluido que es demasiado delgado también conduce a un rápido desgaste de las piezas móviles o de las piezas que soportan cargas pesadas. Los instrumentos utilizados para medir la viscosidad de un líquido se conocen como viscosímetros o viscosímetros, varios tipos de viscosímetros están en uso hoy en día.

El viscosímetro Saybolt mide el tiempo requerido en segundos, para 60 mililitros de líquido de prueba a 100 ° F para fluir a través de un orificio estándar, el tiempo medido se utiliza para expresar la viscosidad del fluido, en segundos universales Saybolt o segundos Saybolt Furol.

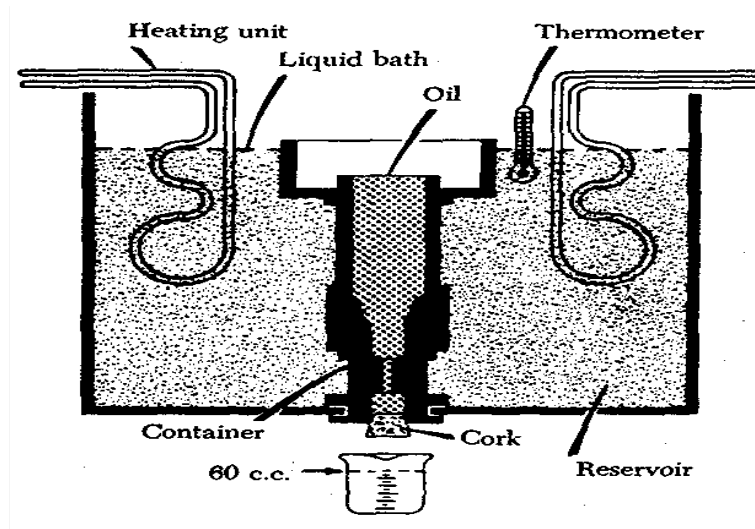


Figura 2.11: Viscosímetro Saybolt

Fuente: Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe, Volumen 2.

Existen unidades de medición de viscosidad, como el Stoke (Viscosidad cinemática, cm^2/seg) y el Poise (Viscosidad dinámica, $dina * s/cm^2$).

2.3.5.1.2 Estabilidad química

Es la capacidad del líquido para resistir la oxidación y deterioro durante largos períodos de trabajo, todos los líquidos tienden a experimentar cambios químicos desfavorables en condiciones de operación severas.

Este es el caso, por ejemplo, cuando un sistema opera durante un período considerable de tiempo a elevadas temperaturas, cabe señalar que la temperatura del líquido en el depósito de un sistema hidráulico operativo no siempre representa el verdadero estado de las condiciones de funcionamiento.

Los líquidos con alta viscosidad tienen una mayor resistencia al calor que los líquidos ligeros o de baja viscosidad. El líquido hidráulico promedio tiene una baja viscosidad y afortunadamente, hay una amplia variedad de líquidos disponibles para su uso dentro de la gama de viscosidad.

Los líquidos pueden descomponerse si se expone al aire, el agua, la sal y otras impurezas, sobre todo si se encuentran en constante movimiento o sujetos al calor, algunos metales tales como zinc, plomo, bronce, cobre tienen una

reacción química no deseable en ciertos líquidos, estos procesos químicos dan lugar a la formación de sedimentos, gomas y carbono u otros depósitos que obstruyen los orificios, originando que las válvulas y pistones se atasquen o provoquen fugas, brindando una mala lubricación de las piezas móviles.

Tan pronto como se forman pequeñas cantidades de sedimentación u otros depósitos, la velocidad de formación aumenta rápidamente a medida que se forman, ciertos cambios en las propiedades físicas y químicas del líquido lo cual provoca un cambio de color generalmente más oscuro, una viscosidad alta, y la formación de ácidos.

2.3.5.1.3 Punto de inflamación

El punto de inflamación o ignición es la temperatura a la cual un líquido desprende vapores en cantidades suficientes para encender momentáneamente o de forma destellante cuando se aplica fuego. Un alto punto de inflamación es conveniente para los líquidos hidráulicos, ya que indica una buena resistencia a la combustión y un bajo grado de evaporación a temperaturas normales.

2.3.5.1.4 Punto de combustión

El punto de combustión es la temperatura a la que una sustancia emite vapor para formar una mezcla inflamable, en cantidad suficiente para encender y continuar encendida cuando se expone a una chispa o llama. Como en el punto de inflamación, un alto punto de combustión es requerido en los líquidos hidráulicos.

2.3.5.2 Tipos de fluido hidráulico

Para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema y para evitar daños a los componentes no metálicos de la instalación hidráulica, se debe utilizar el fluido correcto. Al agregar líquido a un sistema, se debe utilizar el tipo especificado en el manual de mantenimiento del fabricante de la aeronave o en la placa de instrucciones colocada en el depósito o unidad que está siendo atendida.

Las tres principales categorías de fluido hidráulico en aeronáutica son⁵:

- **Fluido de base vegetal.-** El fluido MIL-H-7644 utilizado antiguamente, cuando las necesidades de los sistemas hidráulicos no eran tan estrictas como lo son hoy. Este líquido es esencialmente aceite de resino y alcohol, y se utiliza principalmente en aviones antiguos, aunque es similar al fluido de frenos del automóvil no puede ser intercambiado y se tiñe de azul para identificarlo.

Los sellos de caucho natural se utilizan con fluidos de base vegetal, si un sistema con fluidos de base vegetal está contaminado con bases de petróleo o fluidos de base de éster o fosfato los sellos se dilatan, se descomponen y bloquean el sistema. Ante esta situación se puede limpiar con alcohol. (Fluidos a base de verduras son inflamables).

- **Fluido de base mineral.-** El fluido MIL-H-5606, es el más utilizado hoy en día en aviación general. Se trata básicamente de un producto de petróleo tipo queroseno, que posee buenas propiedades lubricantes y aditivos para inhibir la formación de espuma y evitar la formación de corrosión. Es bastante estable químicamente y tiene muy poco cambio de viscosidad con la temperatura.

El MIL-H-5606 es un fluido teñido de rojo para su identificación y los sistemas que usan este fluido pueden ser limpiados con nafta, varsol o solvente Stoddard. Sellos y mangueras sintéticas o de neopreno se pueden utilizar con la norma MIL-H-5606, este tipo de fluido es inflamable.

- **Fluido sintético.-** Son fluidos no derivados del petróleo que se introdujeron en 1948 para proporcionar un fluido hidráulico resistente al fuego para su uso en motores a pistón de alto rendimiento y aviones con motor de turbina. Estos fluidos se ensayaron para la resistencia al fuego en una antorcha de soldadura a más de 6000°C, no hubo incendio y solo ocasionales destellos de fuego, estas y otras pruebas han demostrado que estos fluidos sintéticos soportan la combustión, a pesar que es posible que parpadee a muy altas temperaturas,

⁵ Jeppesen. 2009. A&P Technician Airframe Textbook. Colorado: Jeppesen.

no podría propagar un incendio debido a que se quema en la fuente de calor, y una vez que la fuente de calor se elimina el fluido circula lejos de la fuente.

El fluido más común usado de este tipo es **SKYDROL** ® (Nombre comercial registrado por Monsanto Chemical Co.). Este líquido se tiñe de color púrpura claro para la identificación y es un poco más pesado que el agua. Se sostiene el funcionamiento a una amplia gama de temperaturas, de aproximadamente -65 ° F a más de 225 ° F.

Actualmente hay tres grados de Skydrol en uso: Skydrol 500B4, Skydrol LD-4, y Skydrol 5.

Skydrol LD-4 tiene una densidad más baja y ofrece alguna ventaja en aviones jumbo jet de transporte donde el peso es un factor primordial. Skydrol 5 es más compatible con las superficies pintadas que los otros dos. Skydrol no está exenta de problemas para el técnico, sin embargo, es muy susceptible a la contaminación por el agua de la atmósfera y se debe mantener bien sellado el sistema hidráulico.

2.3.5.2.1 Polialfaolefinas

El MIL-H-83282 es un líquido basado en la polialfaolefina hidrogenada (De base mineral) resistente al fuego desarrollado en la década de 1960 para superar las características de inflamabilidad de la norma MIL-H-5606. La MIL-H-83282 es mucho más resistente al fuego que el MIL-H-5606, pero una desventaja es la alta viscosidad a bajas temperaturas.

Por lo general, se limita a -40 ° C, sin embargo, se puede utilizar en el mismo sistema y con los mismos sellos, juntas, y mangueras que el MIL-H-5606. El MIL-H-46170 es la versión inhibidora de corrosión del MIL-H-83282, pequeños aviones predominantemente utilizan MIL-H-5606, pero algunos han cambiado a MIL-H-83282 si pueden adaptarse a las altas viscosidad a bajas temperaturas.

2.3.5.3 AeroShell fluid 41⁶

AeroShell Fluid 41 (**Anexo B**), es un aceite hidráulico mineral elaborado bajo un elevado nivel de limpieza que posee muy buenas características de flujo, contiene aditivos que le proveen de una excelente fluidez en baja temperatura como también excepcional estabilidad anti - desgastante, inhibición a la oxidación y corrosión.

A este fluido de alto índice de viscosidad se le incluyen desactivadores metálicos e inhibidores de espuma, para promover su performance en aplicaciones hidráulicas. Posee la capacidad de operar en una amplia gama de temperaturas.

2.3.5.3.1 Campo de aplicación

AeroShell Fluid 41 está elaborado para su uso como fluido hidráulico en todas las aeronaves modernas que requieran de un fluido mineral. AeroShell Fluid 41 está particularmente recomendado en aquellas aplicaciones donde un fluido “súper limpio” pueda contribuir a incrementar la confiabilidad del componente, y puede ser usado en sistemas aeronáuticos operando sin presión entre -54°C y 90°C y presurizados entre -54°C y 135°C.

AeroShell Fluid 41 debe ser usado en sistemas con componentes de goma sintética, y no debe ser usado en sistemas que contengan goma natural, AeroShell Fluid 41 es compatible con AeroShell Fluid 4, 31, 51, 61, 71 y SSF/LGF.

2.3.6 Cañerías hidráulicas

Las cañerías hidráulicas son parte esencial de la instalación hidráulica, las mismas que pueden ser de dos tipos: a) Cañerías rígidas; b) Cañerías flexibles.

Se llaman cañerías rígidas a un elemento, más o menos largo, formado por la unión de varios tubos metálicos, que se acoplan mediante fittings u otros

⁶ Agencia Shell Argentina. AeroShell Fluid 41. <http://www.agenciashell.com.ar/pdf/AeroShellFluid41.pdf>

procedimientos de empalme. Las tuberías flexibles son elementos tubulares elásticos, fabricados de goma natural o elástico sintético.

- **Cañería rígida.-** Es aquella que se emplea en los sistemas hidráulicos o neumáticos de baja presión, y pueden ser de aleación de aluminio, acero inoxidable, o de aleación de titanio.

La cañería de aleación de aluminio es más fácil de dar forma, y tienen la fuerza necesaria para sistemas hidráulicos de aviones pequeños. Los sistemas hidráulicos de alta presión a menudo usan aleación de aluminio 2024-T o titanio, como también de acero inoxidable.



Figura 2.12: Cañerías rígidas.

Fuente: http://www.vansairforce.net/_oldnews/1_2012.htm

- **Cañería flexible.-** Se emplean en aquellas zonas donde exista movimiento relativo entre los equipos o elementos del circuito, ya sea por desplazamiento mecánico (articulaciones o bisagras, etc.), desplazamientos ocasionales, por las condiciones de servicio o simplemente el difícil acceso entre la estructura del avión.

Este tipo de líneas flexibles deben ser capaces de llevar todo el volumen de fluido sin una caída de presión excesiva, además deben soportar la presión y la vibración.



Figura 2.13: Cañería flexible.

Fuente: <http://www.mlevel3.com/BCIT/Flex%20Lines.htm>

2.3.7 Motor eléctrico

“Un motor eléctrico es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables”, los motores eléctricos en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas.

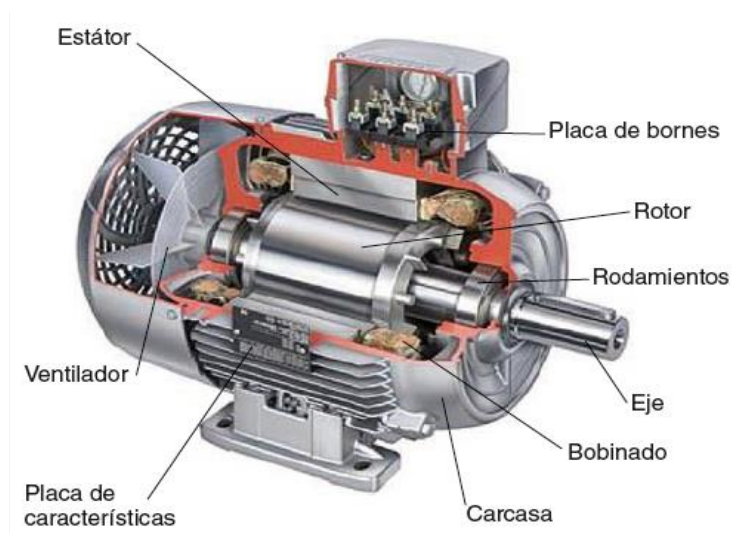


Figura 2.14: Motor eléctrico

Fuente: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>

2.3.8 Principio de funcionamiento del motor eléctrico

Una bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina llamada rotor, la misma que es recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje.

Al excitar el estator, se crean los polos “Norte y Sur”, provocando la variación del campo magnético formado, la respuesta del rotor es seguir el movimiento de dicho campo, orientando sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente. Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos y tratará de buscar la nueva posición de equilibrio.

Manteniendo las condiciones de esta manera y de forma continua, se conseguirá un movimiento giratorio y constante del rotor, produciéndose de este modo el giro del eje, y a la vez la transformación de una energía eléctrica en mecánica, de movimiento circular.

2.4 Instrumentos de medición

2.4.1 Manómetro de presión hidráulica

Un manómetro es un dispositivo que mide la intensidad de fuerza aplicada (presión) a un líquido o gas, la presión manométrica se expresa por encima o por debajo de la presión atmosférica, (el instrumento que se usa para medir presiones inferiores a la atmosférica se llama vacuómetro).

- **Presión absoluta.-** Es la diferencia que existe entre la presión del fluido y el cero absoluto de presión, siendo el cero absoluto la presión de vacío total, por lo tanto cuando se utiliza un indicador para medir la presión de un fluido, esta será igual a la suma de la presión del indicador y la presión atmosférica.
- **Presión del indicador.-** La mayoría de los indicadores de presión miden la diferencia entre la presión absoluta de un fluido y la presión atmosférica, tal

medición se llama presión del indicador y es igual a la presión absoluta menos la presión atmosférica.

2.4.1.1 Manómetro Bourdon

Consiste en un tubo de bronce o acero doblado en circunferencia u otra configuración, la presión existente en el interior de este tiende a enderezar el tubo, ya que su extremo está fijo a la entrada de presión del fluido y el otro extremo se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que exista entre el interior y el exterior del tubo.

El movimiento hace girar la aguja indicadora por medio de un mecanismo de sector y piñón para amplificar el movimiento, la curvatura del tubo puede ser de varias formas, formando elementos en “C”, espiral o helicoidal.



Figura 2.15: Manómetro Bourdon.

Fuente: <http://www.enlamira.com.mx/foros/rifles-de-aire/49279-para-tiradores-con-tanques-de-fc-o-scuba-duda.html>

Los tubos de Bourdon se pueden fabricar en casi cualquier tipo de material que tenga las características elásticas adecuadas según sea el intervalo de presión en la cual se someterá y la resistencia al medio en el cual se utilizará, algunos de los materiales que se usan son latón, aleación de acero, aceros inoxidable, bronce fosforado, K-monel y cobre-berilio.

2.4.2 Termocupla o termopar

Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura, son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperatura. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener.

Existen varias combinaciones de metales que producen buenos termopares para usos industriales, deben ser capaces de desarrollar una fuerza electromotriz por grado de cambio de temperatura, deben ser suficientemente fuertes desde el punto de vista físico para soportar altas temperaturas, cambios rápidos de estas y el efecto de atmósferas corrosivas.

No solo se emplean distintas combinaciones, sino que también se pueden requerir diferentes calibres en la misma combinación de alambres, para obtener la resistencia física necesaria para una aplicación dada.

Los termopares tipo K (cromel - alumel) tienen gran aplicación en atmósferas oxidantes en las que se tiene un exceso de oxígeno. Estos termopares se pueden utilizar para medir temperaturas hasta de 1317°C (2400 ° F), pero son más satisfactorios a temperaturas hasta de 1150°C (2100 ° F.) para servicios continuos. (**Anexo C**).

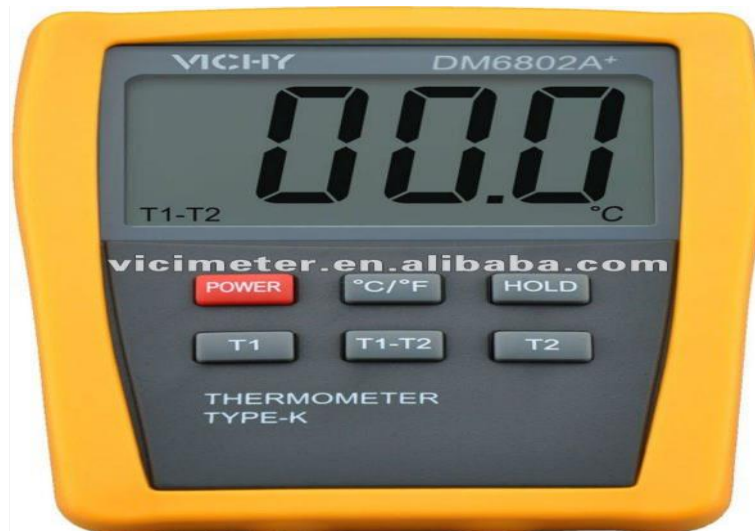


Figura 2.16: Termocupla tipo K
Fuente: TM902C-digital-thermometer-for-K-Type-thermocouple.

2.5 Principios de funcionamiento

2.5.1 Hidráulica

La hidráulica es una parte de la mecánica de fluidos que incluye el estudio de los líquidos y sus características físicas, tanto en reposo como en movimiento, el tipo de hidráulica aplicada a vehículos aeroespacial “aviones” se llama sistema hidráulico de potencia, ya que involucra la aplicación de energía. Entre los usos de sistemas hidráulicos en vehículos aeroespaciales está el funcionamiento del tren y sus puertas, controles de vuelo, los frenos y una amplia variedad de dispositivos que requieren de alta potencia, una acción rápida, o un control preciso.

2.5.2 Mecánica de fluidos

Un fluido, por definición es cualquier sustancia capaz de fluir si no está de alguna manera confinado o limitado. Los líquidos y los gases son clasificados como fluidos y a menudo actúan de una manera similar, pero una diferencia significativa entra en juego cuando se aplica fuerza a estos fluidos, en este caso los líquidos tienden a ser incompresibles y los gases altamente compresibles.

Muchos de los principios de la aviación se basan por ejemplo en la teoría de la sustentación de un ala, y la fuerza generada por un sistema hidráulico, los mismos que se pueden explicar y cuantificar por las leyes de la mecánica de fluidos.

2.5.3 Relación entre fuerza, presión y área

En el sistema Inglés de medición, la fuerza se mide en libras, el área en centímetros cuadrados, y la presión en libras por pulgada cuadrada (PSI). La cantidad de fuerza que un sistema hidráulico puede producir se determina por la cantidad de presión utilizada y la zona en la que está actuando la presión. La relación entre presión, fuerza, y el área se ilustra en el círculo en la siguiente figura.

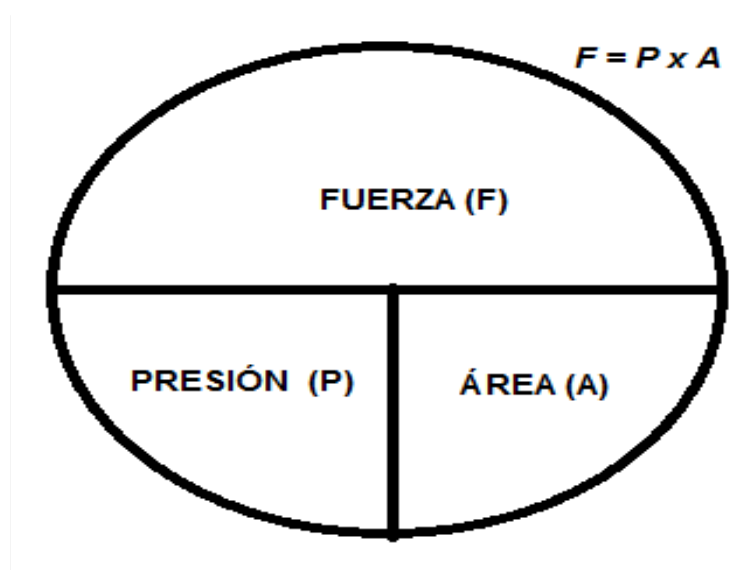


Figura 2.17: Relación entre Fuerza, Presión, Área
Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

2.5.4 Relación entre volumen, área y distancia

Esta relación, puede expresar la cantidad de fluido necesario para mover un pistón de área definida en una distancia determinada. O, encontrar la distancia que una cantidad dada de líquido moverá un pistón, el área necesaria de un pistón para una distancia o movimiento dado cuando se conoce el volumen o el fluido.

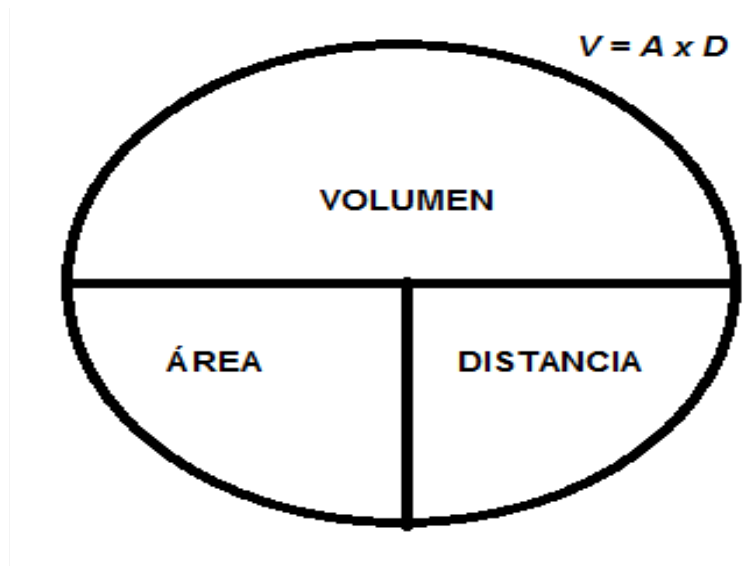


Figura 2.18: Relación entre Volumen, Área, Distancia.
Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

2.5.5 Caudal

Para la física la palabra caudal (**Q**) significa la cantidad de líquido que pasa en un cierto tiempo. Concretamente, el caudal sería el volumen de líquido que circula dividido por el tiempo.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

El caudal se mide en unidades de volumen dividido por unidades de tiempo. Generalmente se usan m³/seg o litro/seg. A veces también se usa kg/seg. Estas no son las únicas unidades y también se usan las siguientes, cm³/seg, dm³/seg o en litros/hora.

Mirando la siguiente figura se puede deducir lo siguiente. El líquido del tubo recorre una cierta distancia “**d**”, entonces el volumen que circula se puede reemplazar por Volumen = Superficie del Tubo x Distancia.

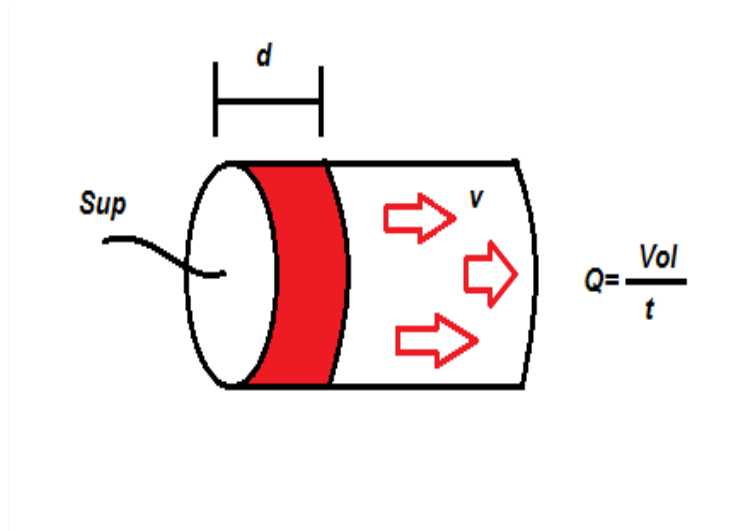


Figura 2.19: Formula de Caudal.

Fuente: www.fodonto.uncu.edu.ar/upload/hidrodinamica.pdf

Por la tanto la nueva fórmula de caudal que de la siguiente manera:

$$Q = \frac{Sup \times d}{\Delta t} ; Velocidad = \frac{d}{\Delta t}$$

$$Q = S \times v$$

2.5.6 Principio de Pascal⁷

Los fundamentos de la hidráulica moderna se establecieron en 1653, cuando Pascal descubrió que la presión en fluidos actúa igual en todas las direcciones. El principio de pascal quiere decir que el incremento de la presión aplicada a una superficie de un fluido incompresible (liquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada uno de las partes del mismo.

El concepto de la presión creada en un fluido, y como se relaciona con la fuerza que actúa sobre el fluido y el área de superficie a través de la cual actúa, es la ley de Pascal.

⁷ Dale Crane. 1999. Aviation Maintenance Technician Series – Airframe. Newcastel, Washington: Aviation Supplies & Academics.

Medidores de presión muestran que la presión está determinada por la diferencia entre la altura del indicador y la parte superior del líquido. Un pistón se coloca en la parte superior del líquido y su peso (W) presiona el líquido. Esto crea una presión dentro del contenedor de líquido, y la presión en cada uno de los indicadores aumenta a la misma cantidad.

Encontrar la cantidad de aumento de presión multiplicando el área del pistón, por la fuerza generada por el peso, es el mismo en cada uno de los indicadores, independientemente de su posición en el sistema, o de la forma del recipiente.

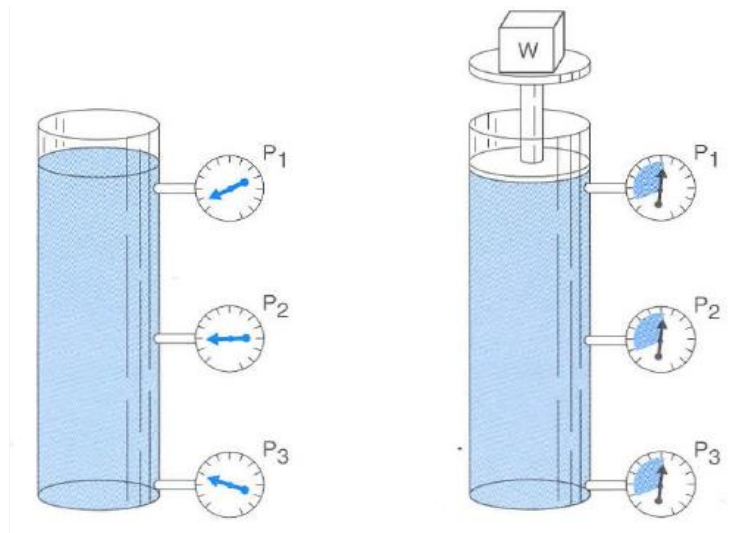


Figura 2.20: Diferencia de Presión.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

La Ley de Pascal explica por qué los frenos hidráulicos de automóviles tienen acción de frenado igual, por ejemplo. Cuando se pisa el pedal del freno, la presión se transmite por igual a cada una de las ruedas, independientemente de la distancia entre el cilindro maestro y el cilindro de rueda.

2.5.7 Ventajas de la ley de Pascal

El trabajo realizado por el pistón pequeño es exactamente el mismo, que el realizado por el pistón grande, esta es una aplicación de ley de Pascal y se puede apreciar en el sistema hidráulico de la siguiente figura.

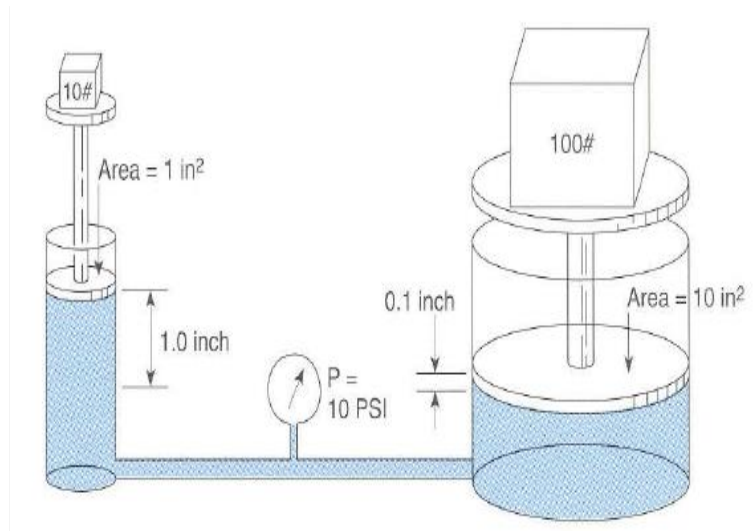


Figura 2.21: Ventaja de la Ley de Pascal.

Fuente: Aviation Maintenance Technician Series, Airframe, Vol 1.

Una pequeña fuerza sobre el pistón pequeño producirá una gran fuerza en el pistón grande, pero el embolo del pistón pequeño tiene que viajar más lejos que el grande.

El pistón pequeño tiene un área de 1 pulgada cuadrada, y el pistón grande tiene un área de 10 pulgadas cuadradas. Cuando se aplica una fuerza de 10 libras para el pistón pequeño, una presión de 10 psi es transmitida al fluido.

De acuerdo con la ley de Pascal, esta presión es la misma en todo el sistema, y 10 libras de fuerza actúa sobre cada pulgada cuadrada de la del pistón grande. Esta presión produce una fuerza de 100 libras en el pistón grande, que levanta el peso.

Cuando el pistón pequeño se mueve hacia abajo una pulgada cúbica de fluido es forzado a salir del cilindro pequeño hacia el cilindro grande, el líquido se extiende sobre el pistón grande, entra y empuja el peso sólo 0,1 pulgadas, el pistón pequeño debe moverse hacia abajo 10 pulgadas para elevar el pistón grande 1 pulgada. El trabajo realizado por el pistón pequeño es 100 libras-pulgada y el trabajo realizado por el pistón grande es también 100 libras- pulgada.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

La maqueta del sistema de frenos y parking brake, usado por fabricantes como Matco y Cleveland, con el fin de simular a cualquier aeronave que posea un sistema de frenos independiente, será construido para su uso didáctico y se alojará en los talleres del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (Latacunga - Ecuador), con el fin de capacitar a sus estudiantes, ya que es considerada como material didáctico.

3.2 Estudio de alternativas

En este apartado se realiza una descripción funcional, técnica y económica de cada una de las alternativas, con el fin de seleccionar la alternativa adecuada teniendo en cuenta el principio "Costo – eficiencia".

3.2.1 Primera Alternativa

Está conformada por todos los componentes, que se halla en un sistema de frenos independiente y parking brake, de aviones pequeños como cessna 150, 172, 206, además constará de instrumentos de medición como, dos manómetros para cada línea hidráulica (freno izquierdo y freno derecho), y un instrumento de medición de temperatura para el disco de freno derecho, y un motor eléctrico adecuado para girar la rueda derecha, además de una estructura adecuada para su operación.



Figura 3.1: Maqueta de Matco

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=-oSbXZkQDI>

3.2.2 Segunda alternativa

Al igual que la alternativa anterior, esta consta con todos los componentes de un sistema de frenos independiente con la diferencia que no poseerá los instrumentos de medición y será idéntico a un sistema frenos común.



Figura 3.2: Maqueta de Parker (Cleveland brakes)

Fuente: <http://www.polkacademies.com/CFAA/NewsParker.asp>

3.2.3 Análisis de factibilidad

Cuando existen algunas alternativas de construcción que dan solución al problema planteado, se realiza un análisis para seleccionar la alternativa más óptima. Para mencionado análisis se hará uso de una matriz para evaluación y selección de alternativas, que valora una variedad de factores.

Este método mediante matriz, es heurístico y consiste en dos etapas, la primera etapa analiza los requerimientos mínimos que debe cumplir, y se le asigna un valor de ponderación que determina la importancia del criterio analizado (**P**), en la segunda etapa las alternativas son nuevamente valoradas de acuerdo a un grado que aproxime al objetivo de estudio ya establecido, para cada esto a cada alternativa se asigna un valor (**X**) que va de 0 – 4 y se lo multiplica por su peso específico (**P**).

Luego de haber realizado el proceso indicado se efectúa un promedio entre todos los valor de **P(x)** en ambas alternativas y se los divide para la suma de los valores de **P**, obteniendo dos resultados, uno de cuales es superior a su semejante, y también es la mejor alternativa a seleccionar.

3.2.3.1 Primera alternativa

- **Ventajas:**

- Proporciona conocimientos de un sistema de frenos tradicional de la aviación.
- Se lo puede usar como material de estudio, de hidráulica, mantenimiento y otras materias.
- Gracias a su estructura y elementos de medición, su operación es sencilla y didáctica.
- Es un aporte a la carrera ya que la misma carece de material didáctico.
- Beneficia a la institución ayudando a cumplir ciertos requisitos especificados en la RDAC 147, Subparte B (Requerimientos de certificación) secciones 147.13, 147.15 y 147.19.

- En la parte económica esta alternativa cumple con el presupuesto.

- **Desventajas:**

- No posee un mecanismo para girar ambas ruedas.

3.2.3.2 Segunda alternativa

- **Ventajas:**

- Proporciona conocimientos de un sistema de frenos tradicional de la aviación.
- Se lo puede usar como material de estudio, de hidráulica y otras materias.
- Es un aporte a la carrera ya que la misma carece de material didáctico.
- Beneficia a la institución ayudando a cumplir ciertos requisitos especificados en la RDAC 147, Subparte B (Requerimientos de certificación) secciones 147.13, 147.15 y 147.19.
- Posee un mecanismo para girar los neumáticos.
- Cumple con el presupuesto, pero es muy simple.

- **Desventajas:**

- La alternativa no posee elementos de medición.
- No consta de un motor para girar las ruedas.

3.2.4 Selección de alternativa

Tabla 3.1. Criterios de Evaluación.

CRITERIOS	EVALUA	PESO (P)	CRITERIO DE EVALUACION (X)	
Proceso de fabricación	La facilidad del proceso de fabricación	3	Rigidez	4) La estructura resiste el peso con operador. 2) Dicho estructura soporta la estructura de sus componentes.
Materiales	Dificultad	2	Número de elementos	4) Ostenta los elementos para que la operación del sistema de frenos y además elementos de medición. 2) Consta de los elementos suficientes más elementos.
Mantenimiento	Costo	3	Disponibilidad de repuestos, para un buen funcionamiento.	3) Bajo costo y fácil de conseguir. 2) Bajo costo por su simpleza.
Costo		3	Condición de diseño	2) Moderado (Proceso de fabricación de alto requerimiento). 1) Económico (Proceso más simple).
Operación	Eficiencia	3	Sencilla	4) La operación es muy sencilla y funcional. 2) Su operación es simple pero no apta para la simulación.
Tamaño	Ergonómico	4	Adaptable	3) Su estructura es apta para cualquier persona. 2) No es apta ya que se maniobra con las manos.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

Tabla.3.2. Resultado de la evaluación.

CRITERIOS	P	PRIMERA ALTERNATIVA		SEGUNDA ALTERNATIVA	
		X	P(X)	X	P(X)
Proceso de fabricación	3	4	12	2	6
Materiales	2	4	8	2	4
Mantenimiento	3	3	9	2	6
Costo	3	2	6	1	3
Operación	3	4	12	2	6
Tamaño	4	3	12	2	8
TOTAL	18		59		33
			3,278		1,833

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

El análisis concluye que la primera alternativa es la más factible a construirse, por obtener el más resultado favorable en relación a la segunda alternaba.

3.3 Diseño

Para la construcción de la maqueta didáctica del sistema de frenos independiente y parking brake, se considera la elaboración de tres elementos principales, la estructura que alojara los componentes, el sistema hidráulico que conecta y permite la transmisión de presión a los elementos que conforman el freno independiente y el sistema eléctrico que proporcionara movimiento giratorio a la rueda derecha.

3.3.1 Estructura

Para su realización es indispensable conocer las dimensiones de las componentes que alojará la estructura, tales como cámaras de freno, conjuntos de rueda, cilindros maestros, motor eléctrico y el sillón donde el operador controlara el funcionamiento de la maqueta.

Una vez conocidas las dimensiones de los componentes se tomó la decisión de que la estructura tendrá las siguientes medidas:

Área de la base: 1,24 m x 0,59 m

Altura de la base inclinada superior: 0,80 m

Altura de la base inclinada inferior: 0,70 m

Área de la base del motor: 0,28 m x 0,10 m.

La simulación estructural se realizó en el software SAP 2000 15V, en el cual se simularon las cargas muertas de la estructura, motor eléctrico, ruedas e instrumentos que usa la maqueta, y una carga estática que representa el peso de una persona de 90 kg.

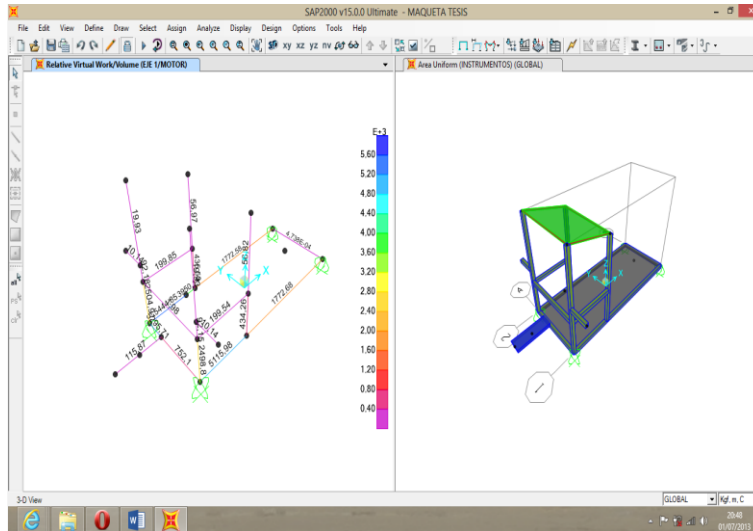
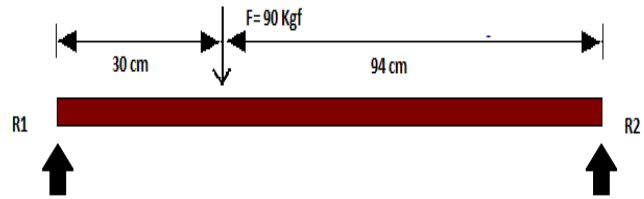


Figura 3.3: Estructura en SAP 2000.
Fuente: Investigación de Campo.

3.3.1.1 Cálculos Esfuerzo

Se determina el Momento máximo, con el fin de calcular el esfuerzo máximo producido por la flexión del tubo, que se encuentra longitudinalmente en la base de la maqueta.



$$\sum MR_1 = 0$$

$$R_2(124 \text{ cm}) - 90 \text{ Kgf} (30 \text{ cm}) = 0$$

$$R_2 = \frac{90 \text{ Kgf} (30 \text{ cm})}{124 \text{ cm}}$$

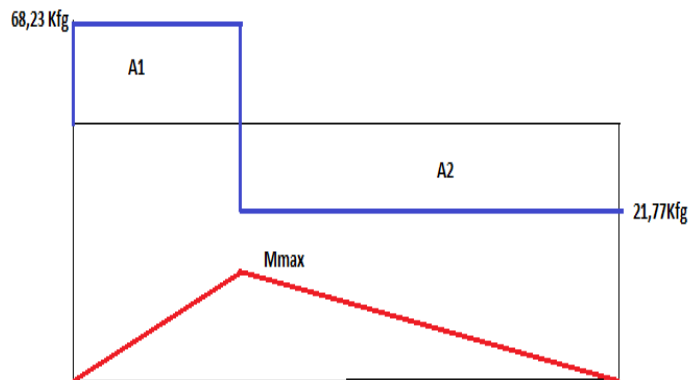
$$\mathbf{R_2 = 21,77 \text{ Kgf}}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = F$$

$$R_1 = 90 \text{ Kgf} - 21,77 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{R_1 = 68,23 \text{ Kgf}}$$



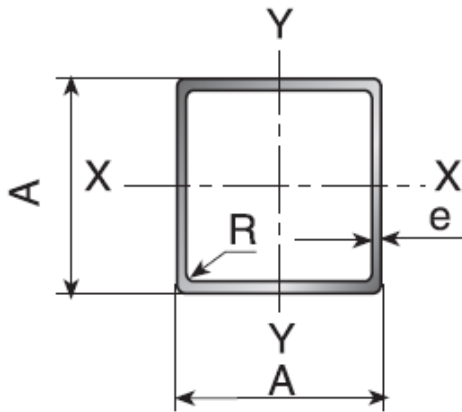
$$\mathbf{M_{max} = 2046,9 \text{ Kgf}}$$

$$\mathbf{Area = base (b) \cdot altura(h)}$$

$$A_1 = 68,23 \text{ Kgf} \cdot 30 \text{ cm} = \mathbf{2046,9 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}$$

$$A_2 = 21,77 \text{ Kgf} \cdot 94 \text{ cm} = \mathbf{2046,4 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}$$

Para la determinación del factor de seguridad “N” cuando el momento máximo es 2046,9 Kgf, se utilizó valores del acero A500.



$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \cdot C}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{2046,9 \text{ Kgf} \cdot \text{cm} \times 2,5 \text{ cm}}{14,13 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma_{max} = 362,15 \text{ Bar} = 36,22 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_d$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

$$N = \frac{228 \text{ Mpa}}{36,22 \text{ Mpa}} = 6$$

C (centroide)= $A/2= 2,5 \text{ cm}$.
 σ_d = Esfuerzo de diseño.
I (momento de inercia)= $14,13 \text{ cm}^4$. (Anexo D)
 S_y = Resistencia a la cedencia. (Anexo E)
N= Factor de diseño.

El esfuerzo cortante “ τ ”, genera un valor que permite conocer el esfuerzo que sufre la lámina antideslizante cuando se le aplica una fuerza de 90 Kgf, además que nos permite seleccionar el tipo de acero.

Tabla 3.3. Componentes de la estructura.

TABLA 4-1 Factores de diseño y esfuerzos cortantes de diseño para metales dúctiles

Tipo de carga	Factor de diseño	Esfuerzo cortante de diseño $\tau_d = s_y/2N$
Torsión estática o constante	2	$\tau_d = s_y/4$
Torsión repetida	4	$\tau_d = s_y/8$
Impacto o choque torsional	6	$\tau_d = s_y/12$

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{90Kgf}{2,77 \text{ cm}^2} = 249,3Bar$$

$$\tau_d = \frac{S_{y_s}}{N}$$

$$S_{y_s} = \tau_d \cdot N ; N = 4 \therefore \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$S_{y_s} = 249,3 \frac{Kfg}{\text{cm}^2} \times 2 = 498,6 \text{ Bar} = 46,86Mpa$$

τ = Esfuerzo cortante
 τ_d = Esfuerzo cortante de diseño.
 S_{y_s} = Resistencia a la cedencia de corte.
 N = Factor de diseño.

Una vez obtenido S_{y_s} se procedió a la tabla de propiedades del acero estructural y se optó por seleccionar el acero A36 (**Anexo E**), por superar la resistencia a la cedencia de corte y por ser la lamina antideslizante el más común y fácil de conseguir en el mercado.

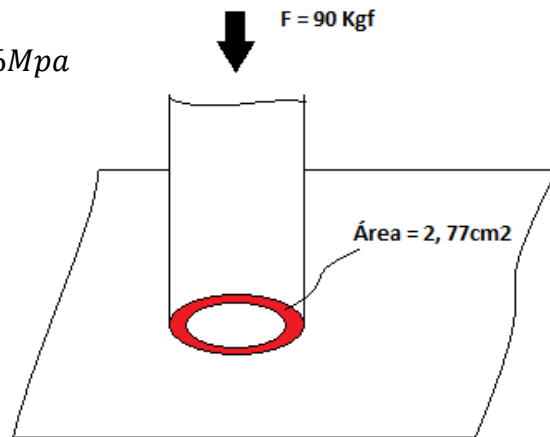


Tabla 3.4. Componentes de la estructura.

Elementos	Cantidad	Detalles
Tubo cuadrado de 2"	6 metros	2mm de espesor (ASTM A-500)
Tubo rectangular 2"x4"	0,50 metros	2 mm de espesor (ASTM A-500)
Lamina antideslizante	1,24x 0,60 metros	5mm de espesor (ASTM A -36)
Ruedas 4"	4 unidades	Capacidad de 100 kg c/u
Triplex	0,45 x0,64 metros	Espesor de 12 mm

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

El tamaño de la estructura, está basado para que una persona pueda maniobrar de manera confortable, manteniendo las características de la primera alternativa de la casa fabricante Matco. Para mayor referencia observar los graficos (**Anexo F y Anexo G**).

3.3.2 Sistema hidráulico

El circuito hidráulico del sistema de frenos independientes y parking brake, es el idéntico a muchos aviones de pequeña envergadura así como cessna 150, 172, 182, 206, Piper comanche, Islader britten norman, entre otros y por lo tanto se utilizara el mismo para el apropiado funcionamiento de la maqueta. **(Anexo H).**

Las cañerías a usar deben ser capaces de soportar entre 20 psi y 500 psi⁸, para lo cual se adquirió cañerías (SAE 100 R1AT) que resisten los 3625 psi, las mismas que son fáciles de conseguir en la industria automotriz y son compatibles con el líquido hidráulico MIL-H-5606. **(Anexo I).**

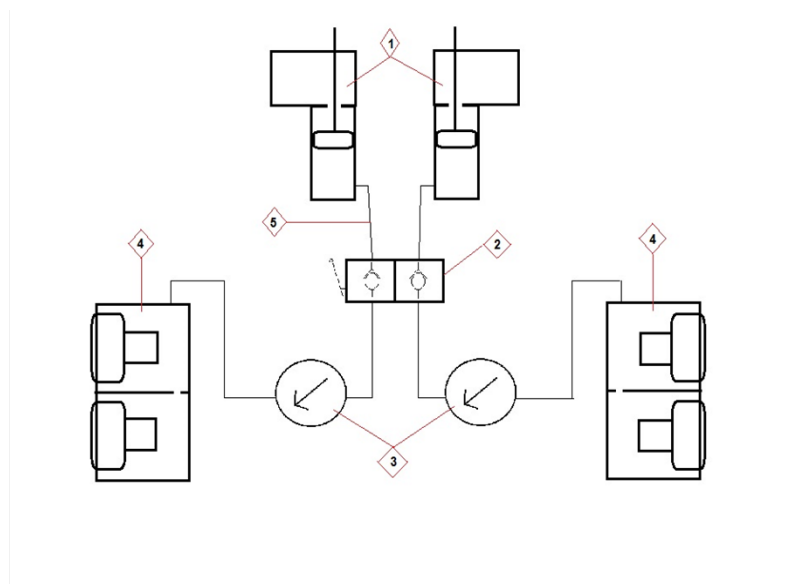


Figura 3.4: Circuito Hidráulico.
Fuente: Investigación de Campo.

Los componentes principales del circuito hidráulico para el funcionamiento del freno y parking brake son:

⁸ Investigación de campo. 2013. Realizado a técnicos con licencia. Presión con la que opera el sistema de frenos independiente. Shell.
Matco mfg. Matco Aircraft Brakes by Matco Manufacturing.<http://www.youtube.com/watch?v=--oSbXZkQDI>.

Tabla 3.5. Componentes del circuito hidráulico.

Número	Componente	Cantidad LH / RH	
1	Cilindros Maestros	LH	RH
2	Parking Brake Valve	Una para ambas ruedas	
3	Manómetro de presión hidráulica (500 PSI)	LH	RH
4	Cámaras de freno	LH	RH
5	Cañerías Hidráulicas	3 LH	3 RH

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.3.2.1 Presión y Caudal

En el sistema hidráulico tras presionar el pedal se genera una presión de 100 psi, lo que significa que se aplicó una fuerza de 124 newtons.

Fuerza (F) = ? Aplicada al sistema. (1 Lbf = 4,448 Newtons)

Presión (P) = 100 psi

Área (A) = 0,28 in² = 0,71 cm²

$$F = P \times A ; F = 100 \frac{\text{Lbf}}{\text{in}^2} \times 0,28 \text{ in}^2 = 28 \text{ Lbf} = 124 \text{ Newtons}$$

Caudal (Q) = ?

Tiempo (t) = 2 seg

Distancia (d) = 3,2 cm

Superficie (Sup) = 0,028 in²

$$Q = \frac{\text{Sup} \times d}{t} \quad Q = \frac{0,028 \times 3,2}{2 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,018 \frac{\text{in}^3}{\text{seg}} = 0,29 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}$$

3.3.3 Sistema eléctrico

El propósito del sistema eléctrico es proporcionar el medio para el funcionamiento de la transmisión motor – rueda, y además proteger al motor de un frenado brusco ya que existe la posibilidad de una avería, al detenerlo el pleno funcionamiento.

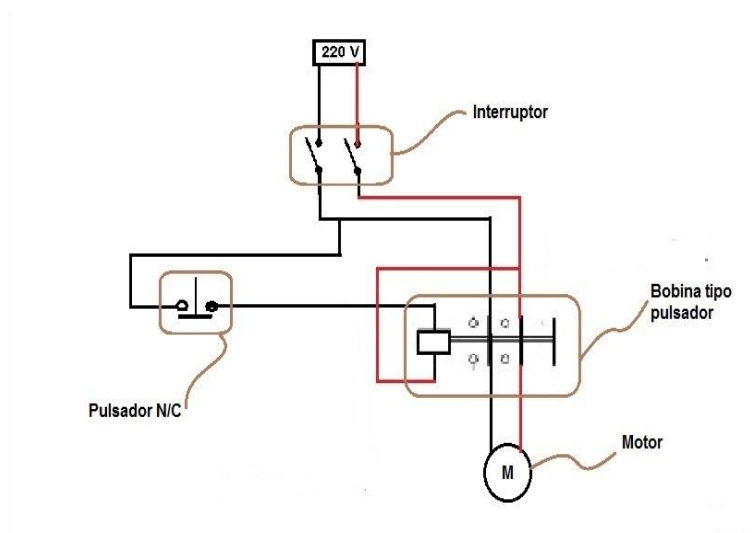


Figura 3.5: Circuito eléctrico.
Fuente: Investigación de Campo.

3.3.4 Transmisión rueda derecha – motor eléctrico.

La transmisión de movimiento circular, generado por un motor eléctrico, tiene el objeto de pretender girar la rueda (RH), a una cierta cantidad de revoluciones obtenidas cuando la aeronave se encuentra a una velocidad entre los, 5 - 10 Nudos (velocidad típica del rodaje)⁹, o a razón de 30 - 35 Mph (velocidad a la cual se realiza dos frenados completos)¹⁰.

La velocidad de rotación de la rueda y el disco de freno, es igual porque están sujetos uno al otro mediante pernos, consintiendo la generación de fricción entre el disco y las pastillas de freno al presionar el pedal, dicha acción provoca que el disco se caliente y la termocupla expresando valores en °C o °F.

⁹ Parker Aerospace .Technician´s service guide.
<http://comanchegear.com/WHEEL%20and%20BRAKE%20svc%20guide.pdf>

¹⁰ Dave VanDenburg. Give me a brake.
http://www.eaa.org/chapters/resources/articles/give_me_a_brake.pdf.

3.3.4.1 Selección del motor

Una vez conocido la rapidez de la aeronave en tierra se procede a calcular el número de r.p.m, de la rueda.

$$W \text{ (velocidad angular)} = \frac{v \text{ (velocidad tangencial)}}{r \text{ (radio)}}$$

$$n \text{ (numero de r.p.m)} = \frac{60 \text{ seg} \cdot W}{2\pi \text{ rad}}$$

Por lo tanto a 35 Mph (Millas por hora) (15,65 m/s) tenemos:

$$W = \frac{15,56 \text{ m/s}}{0,067 \text{ m}}$$

$$W = 233,58 \text{ rad/seg}$$

Numero de r.p.m:

$$n = \frac{60 \text{ seg} \cdot 233,58 \text{ rad/seg}}{2\pi \text{ rad}}$$

A 35 Mph el número de r.p.m es de:

$$n = 2230,52 \text{ r.p.m}$$

A 30 Mph la rueda gira a:

$$n = 1911,29 \text{ r.p.m}$$

Una vez determinado el número de r.p.m se optó por adquirir un motor de 3520 r.p.m, con una potencia de 1hp, al mismo se le reducirá sus revoluciones utilizando un juego de poleas.



Figura 3.6: Motor.
Fuente: Investigación de Campo.

3.3.4.2 Selección de la polea

Optar por una polea y adaptarla al eje del motor es importante, para la transmisión de la cantidad de revoluciones adecuadas. (Cálculo realizado en pulgadas).

D (Diámetro de la polea mayor)

d (Diámetro de la polea menor)

n1 (Numero de r.p.m de la polea mayor)

n2 (Numero de r.p.m de la polea mayor)

$$d = D \left(\frac{n2}{n1} \right) ; d = 5,28 \text{ in} \left(\frac{2230,52 \text{ r.p.m}}{3520 \text{ r.p.m}} \right)$$

$$d = 3,35 \text{ in}$$

Posteriormente del resultado obtenido se justifica la compra de una polea de 4 pulgadas, que se aproxima al dato anterior, y se adquiere en el mercado, proporcionándonos 2668,9 r.p.m.

3.3.4.3 Selección de la banda de transmisión

Tabla 3.6. Datos para la selección de banda.

DATOS	
Distancia entre centros (C)	± 19,69 in (± 50 cm)
Ø de la rueda (D)	5,28 in (0,134m)
Ø de la polea (d)	4 in (0,1016m)
Factor de Servicio (Ks) ¹¹	1,2
Tipo de banda ¹²	A
Aumento de Longitud ¹³	1,3 in

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

1) Longitud de banda (**L_p**)

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

Se opera en pulgadas.

$$L_p = 2(16,69in) + 1,57(5,28in + 4in) + \frac{(5,28in - 4in)^2}{4(16,69in)}$$

$$L_p = 47,975 in$$

2) Perímetro interior

$$L = L_p - \text{Aumento de Longitud}$$

$$L = 47,975 - 1,3 ; L = 46,67$$

El aumento de longitud es un valor que se le suma a la longitud de paso para obtener o aproximarse a un tamaño estándar, gracias a esto se puede

¹¹ Joseph Edward Shingley. 1985. Diseño en ingeniería Mecánica. Tabla 17.9, para un tiempo de trabajo de 3 a 5 horas. México: Impresores y editores S.A.

¹² Tabla 17.2, según el diámetro de la polea menor, Idem.

¹³ Tabla 17-4, para bandas de comunes de servicio pesado (A), Idem.

especificar que la banda a usarse para la transmisión es una **A47**. La longitud de paso según la fórmula $L = Lp - \text{Aumento de Longitud}$ es igual a $L = 48,3^{14}$. (Anexo J).

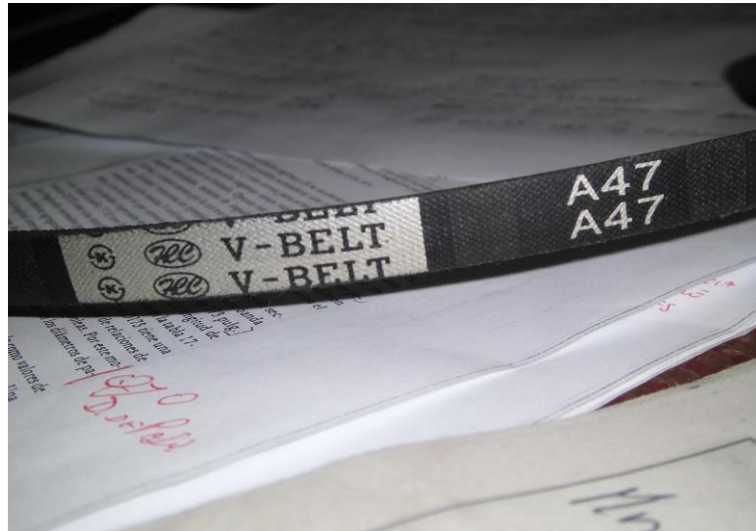


Figura 3.7: Banda de Transmisión.
Fuente: Investigación de Campo.

3.5 Construcción de la maqueta didáctica

Este apartado detalla el proceso de elaboración de la maqueta, pero antes se debe considerar que no todos los componentes que lo conforman fueron contruidos, muchos de estos forman parte del sistema hidráulico o eléctrico.

3.5.1 Elaboración de la estructura

Se realizó cortes en el tubo cuadrado con una amoladora y disco de corte propio para el acero, estos cortes se realizaron en 45 y 90 grados con el objeto de ahorrar material, posterior a esto se hizo el montaje de 4 tubos en la parte inferior de la lámina antideslizante, formando así la piso de la estructura.

¹⁴ Emerson. Guía de referencia de rodamientos. página 64. Tabla N° 1.
http://www.emersonindustrial.com/en-US/documentcenter/PowerTransmissionSolutions/Catalog/Form_8932S.pdf.



Figura 3.8: Piso de la Estructura.
Fuente: Investigación de Campo.

Las cuatro bases donde se ubicará el tablero, fueron cortadas de forma inclinada con el fin de ofrecer una buena apreciación de los instrumentos, dos de estas bases poseen una longitud mayor a las otras dos, y están soldadas entre sí por tres tubos que mantienen la rigidez de la estructura.



Figura 3.9: Suelda de las bases del tablero.
Fuente: Investigación de Campo.

Para terminar la estructura se realizó el montaje de una silla en el lado posterior del piso, manteniendo una distancia adecuada para la operación del sistema de frenos, los pedales que permiten generar presión hidráulica fueron

construidos con lámina de acero estructural de 2 milímetros los mismos que poseen un mecanismo tipo bisagra que permiten su movilidad, y fueron instalados en el piso de la estructura.

Una base de tubo rectangular estructural fue instalada en el lado frontal derecho de la estructura, a una distancia prudente para la colocación de la banda de transmisión y soportar el peso del motor eléctrico. Para su fácil transporte se realizó el montaje de cuatro ruedas, cada una de estas soporta 100 Kg de peso.

3.5.2 Tablero

Un corte de triplex de 64 x 44.4 centímetros con un espesor de 12 milímetros fue perforado para la apropiada instalación de manómetros y de la válvula de estacionamiento, luego fue lijado para corregir sus imperfecciones y enviado a una ebanistería a tallarse un borde y a lacarlo de un color madera.



Figura 3.10: Montaje del tablero.
Fuente: Investigación de Campo.

Para culminar se realizó el montaje sobre cada una de las bases de la estructura, utilizando tornillos (triple pato) apropiados para la madera, luego de esto se atornilló sobre el tablero un protector donde se ubica el termómetro y la ubicación de adhesivos que identifican los componentes del tablero.



Figura 3.11: El tablero y sus componentes.
Fuente: Investigación de Campo.

3.5.3 Circuito eléctrico

Al funcionar el motor con una fuente de energía de 220 Vac, se utilizó alambre flexible número 12 de color rojo y azul, los mismos que se encuentran dentro del tubo que conforma la estructura y en la parte inferior del piso.

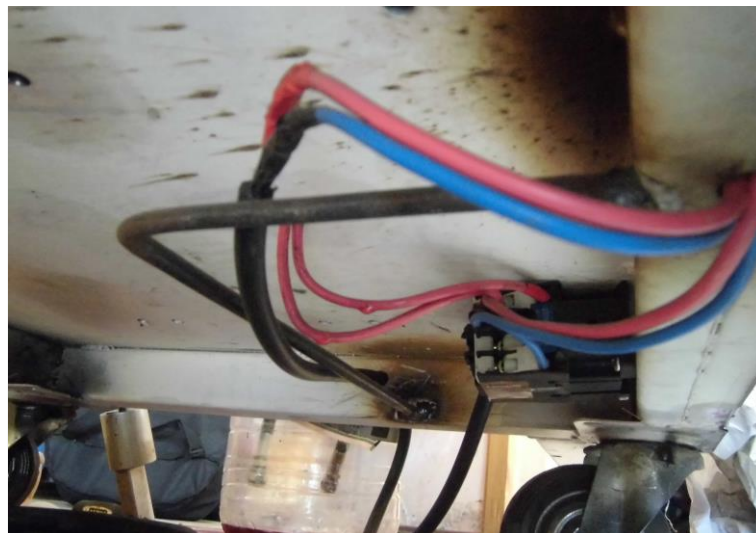


Figura 3.12: Cableado y bobina tipo pulsador.
Fuente: Investigación de Campo.

Se realizó la conexión desde la fuente hacia la bobina tipo pulsador que tiene el objetivo de apagar el motor tras presionar un pulsador normalmente cerrado (permite el paso de corriente) ubicado en la parte posterior del pedal

derecho, este interruptor permite el energizado del bobinado que a su vez permite el paso de corriente hacia el motor como se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.13: Pulsador normalmente cerrado.
Fuente: Investigación de Campo.

La conexión en la bobina en los puertos de A1 y A2 permiten la energización de la misma que a su vez permite el funcionamiento del motor, un puente desde el polo negativo (cable azul) hacia el pulsador impide que se energice la bobina al ser presionado ya que reprime el paso de energía hacia A1.



Figura 3.14: Conexión en el Bobinado.
Fuente: Investigación de Campo.

Antes de conectar el motor eléctrico se realizó la selección de cables que salen de este según el diagrama que se encuentra en el propio motor, se realizó varios empalmes entre estos los que permiten la conexión entre la bobina tipo pulsador y el motor.

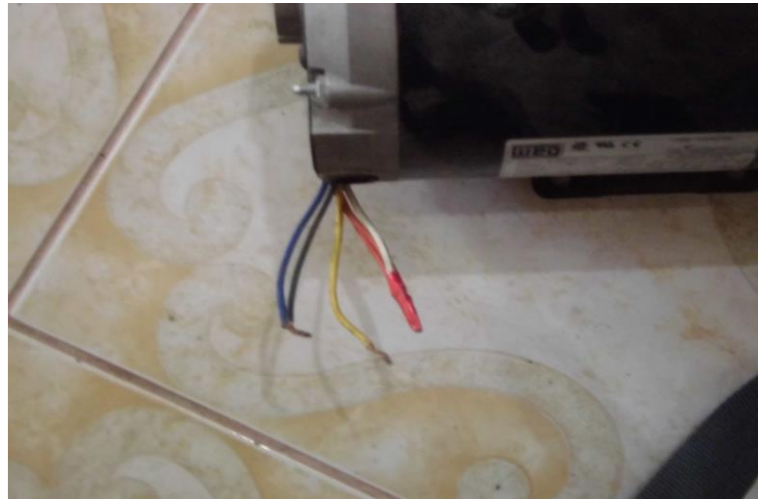


Figura 3.15: Cables del motor.
Fuente: Investigación de Campo.

La fuente de poder va conectada hacia un interruptor de dos posiciones (ON/OFF) desde este punto se dirige a L1 y L2, y al encontrarse energizada la bobina, cede el paso de corriente hacia el motor por los puertos T1 y T2 de la bobina.

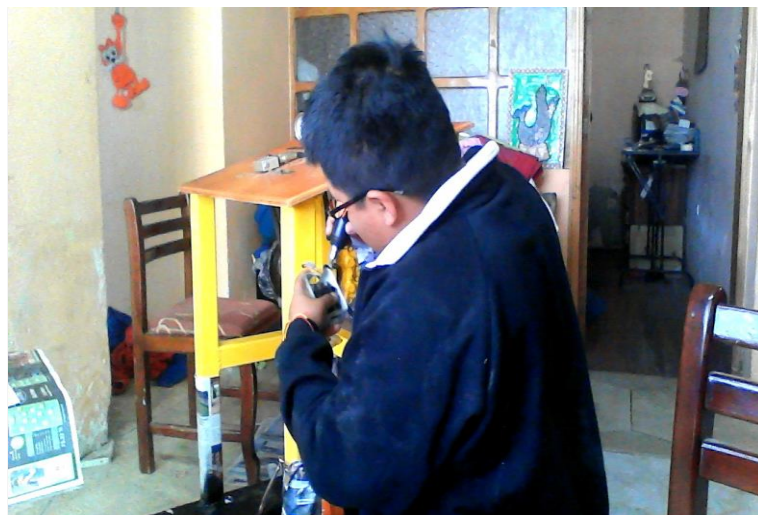


Figura 3.16: Instalación del interruptor.
Fuente: Investigación de Campo.

3.5.4 Circuito hidráulico

Previo al montaje del circuito hidráulico se instalaron los componentes que conforman el sistema de frenos en la estructura, con el objeto de conocer la longitud de las cañerías hidráulicas SAE 100 R1AT, las mismas que fueron remachadas con acoples en sus extremos de ajuste fijo y móvil.



Figura 3.17: T de acero inoxidable.
Fuente: Investigación de Campo.

Se utilizaron dos “T” de acero inoxidable, las mismas que cumplen con la transmisión de potencia hidráulica desde la válvula de estacionamiento hacia las cámaras de freno y manómetros de los lados correspondientes.



Figura 3.18: Conexión terminada.
Fuente: Investigación de Campo.

Tras realizar la conexión entre todos los componentes se efectuó el abastecimiento de líquido hidráulico Aeroshell 41 (MIL-H-5606) por el puerto de sangrado ubicado en la cámara de frenos, para lo cual se utilizó un aceitero y una manguera transparente la misma que sirve para impedir el ingreso de aire al sistema hidráulico. Ver (**Anexo K**).



Figura 3.19: Abastecimiento de líquido hidráulico.
Fuente: Investigación de Campo.

3.5.5 Procesos varios

Para el montaje del motor y los ejes de las ruedas se usaron pernos de 3/8 de pulgada de 2 ½ y 3 pulgadas de longitud correspondientemente, al montar los ejes se colocaron arandelas de presión las mismas que evitan el aflojamiento progresivo de las tuercas, por efecto de la vibración del motor.



Figura 3.20: Montaje del eje.
Fuente: Investigación de Campo.

Se realizó la apropiada lubricación de los cojinetes y ejes utilizando grasa industrial sintética ABRO #3, resistente a altas temperaturas y revoluciones, apropiada para el uso automotriz, este proceso se lo efectuó basándose en el libro de mantenimiento FAA-H-8083-3, (**Anexo L**). Para culminar se realizó la colocación de los sillones utilizando tornillos triple pato para madera.



Figura 3.21: Lubricación de los componentes móviles.
Fuente: Investigación de Campo.

3.5.6 Elementos no construidos

- Manómetros.
- Cámaras de freno.
- Cilindros maestros.
- Válvula de estacionamiento (Parking Brake Valve).
- Cañerías Hidráulicas.
- Ruedas.
- Ejes de Rueda.
- Motor de 1 HP.
- Banda de transmisión.
- Polea
- Tapicería



Figura 3.22: Maqueta Terminada.
Fuente: Investigación de Campo.

3.6 Pruebas y análisis de resultados

Al presionar el pedal derecho o izquierdo se genera una presión que varía desde 0 – 400 psi, según la cantidad de bombeadas que se dé al cilindro master, en el caso del freno del lado derecho la velocidad de la rueda es disminuida, pero si el frenado es brusco el motor eléctrico se desconecta gracias a un interruptor normalmente cerrado que se encuentra detrás del pedal, y que es activado para la

protección del motor, para evitar que la rueda se frene por la transmisión se procede a alejar el interruptor según sea conveniente del pedal.

El motor se debe desconectar cuando el dial del manómetro se encuentra entre unos 50 a 100 psi, esta presión es suficiente para forzar el motor a detenerse, ocasionando que el motor se recaliente.

La temperatura del disco va incrementándose según la fricción que se genere, por lo tanto la termocupla ubicada en el tablero es la encargada de medir el incremento de temperatura que va desde unos 15°C a unos 80 °C, una vez que se haya acercado su extremo al disco de freno.

La válvula de Parking Brake se la activa (posición close) una vez presionado los pedales o antes de presionarlos, esto se comprueba ya que el dial de los manómetros se queda estático a la presión que se encuentre el circuito hidráulico, una vez que la válvula pase a la posición "OPEN" la presión vuelve a caer gradualmente.

3.7 Codificación de equipos y herramientas

Tabla 3.7. Equipos.

Equipo	Características	Código
Amoladora	110V	E1
Taladro	110V	E2
Suelda Mig	220V	E3
Compresor	220V	E4

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

Tabla 3.8. Herramientas.

Herramienta	Código	Herramienta	Código
Rayador	H1	Cinta aislante	H9
Escuadra	H2	Disco de corte	H10
Flexometro	H3	Disco de desbaste	H11
Juego de llaves Mixtas (inch)	H4	Lija para madera	H12
Martillo	H5	Pistola atomizadora de pintura	H13
Destornillador (estrella y plano)	H6		
Alicate	H7	Cierra Eléctrica	H14
Pinza	H8	Cepillo de acero	H15





Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8 Diagrama de procesos

Brevemente se relata el desarrollo del proceso de construcción de la maqueta didáctica del sistema de frenos independientes y parking brake, para lo cual se lo ilustra mediante figuras geométricas, que representan un proceso, como se puede ver a continuación.

Tabla 3.9. Simbología de Procesos.

Figura	Significado
	Procedimiento
	Inspección
	Conector
	Producto terminado

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8.1 Elaboración de la Estructura

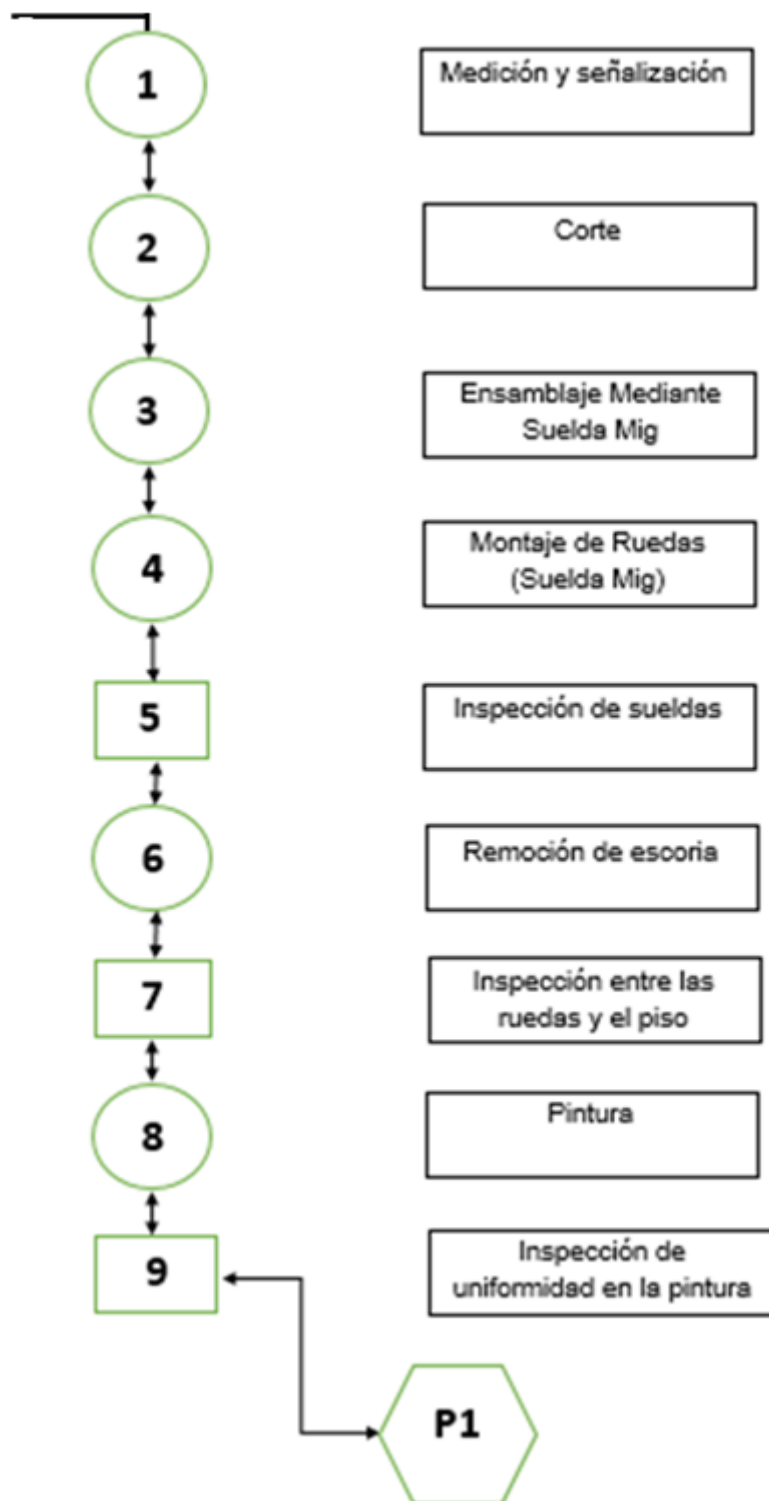


Figura 3.23: Elaboración de la estructura.
Fuente: Investigación de Campo.

Tabla 3.10. Tabla de procesos de la elaboración de la estructura.

N°	Proceso	Equipo	Herramienta
1	Medición y señalización		H1 – H2
2	Corte	E1	H10
3	Ensamblaje mediante suelda mig	E3	
4	Montaje de ruedas	E3	
6	Remoción de escoria	E1	H11 – H15
8	Pintura	E4	H13

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8.2 Elaboración del tablero

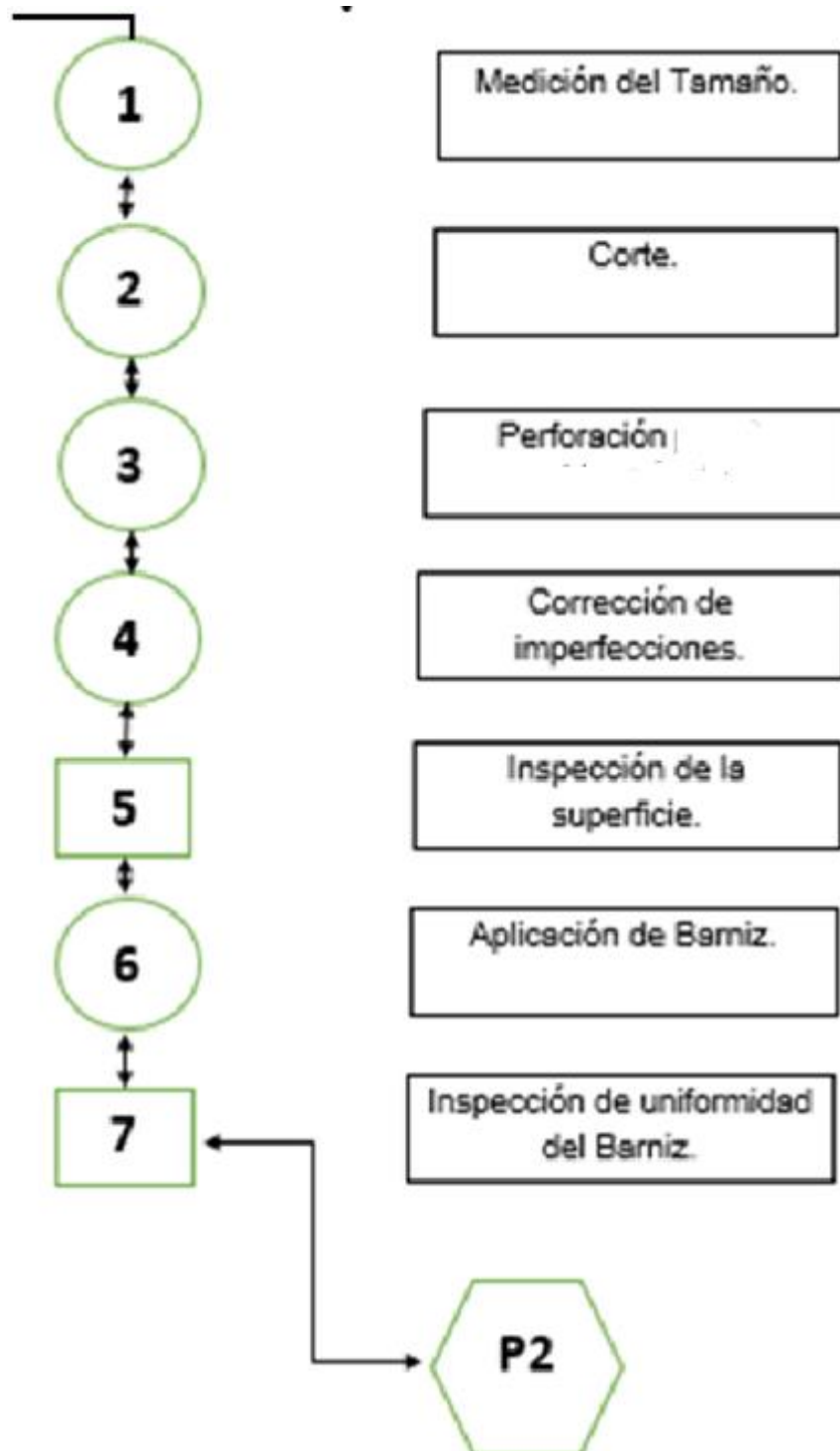


Figura 3.24: Elaboración del tablero.
Fuente: Investigación de Campo.

Tabla 3.11. Tabla de procesos de la elaboración del tablero.

N°	Proceso	Equipo	Herramienta
1	Medición del tamaño		H1 – H2
2	Corte		H14
3	Perforación	E2	
4	Corrección de imperfecciones		H12
6	Aplicación de Barniz	E4	H13

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8.3 Montaje del sistema de freno independiente y parking brake

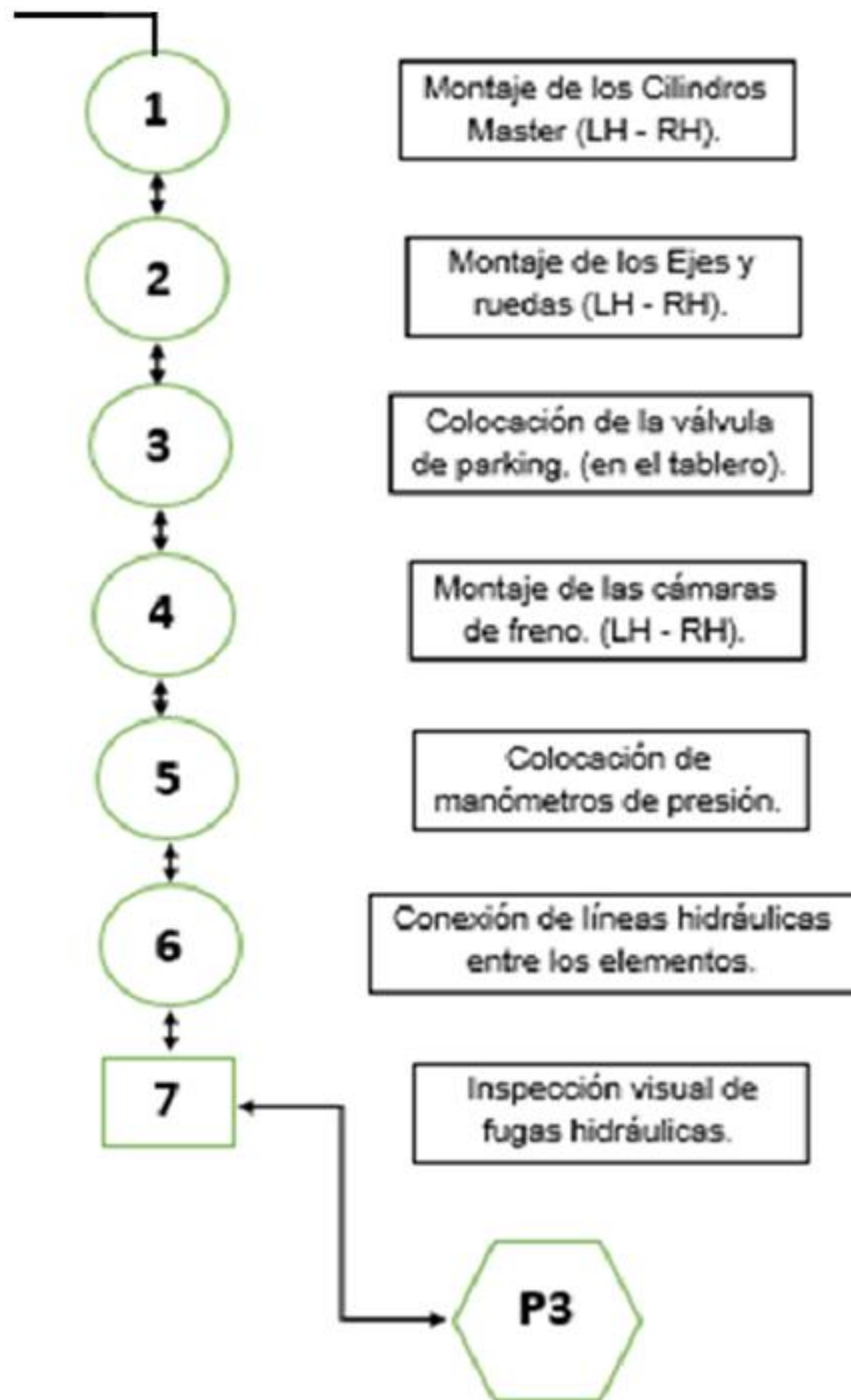


Figura 3.25: Montaje de elementos del sistema de frenos.

Fuente: Investigación de Campo.

Tabla 3.12. Montaje del sistema de frenos Independiente y parking brake.

N°	Proceso	Herramienta
1	Montaje de los cilindros master	H6 – H8
2	Montaje de los ejes y ruedas	H4
3	Colocación de la Válvula	H6 – H8
4	Colocación de manómetros de presión	H4
6	Colocación de las líneas hidráulicas	H4

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8.4 Instalación del motor

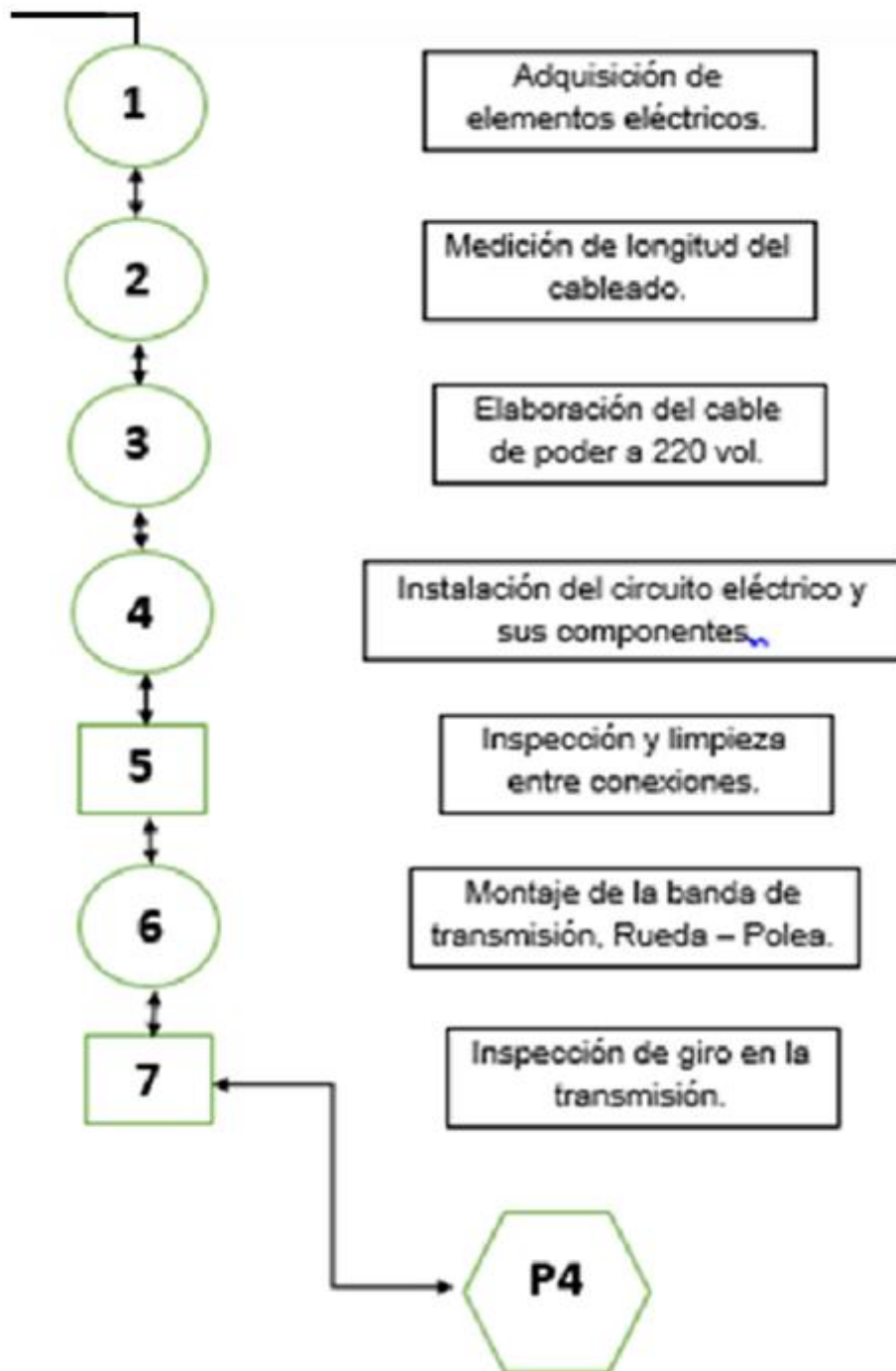


Figura 3.26: Instalación del motor.

Fuente: Investigación de Campo.

Tabla 3.13. Instalación del motor.

N°	Proceso	Equipos	Herramientas
1	Mediciones longitud del cableado		H3
2	Elaboración del cable de poder a 220 vol.		H7 – H8 – H9
3	Instalación del circuito eléctrico y sus componentes	E2	H6 – H7 – H8 – H9
4	Montaje de la transmisión Rueda - Polea		H6

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

3.8.5 Ensamble final

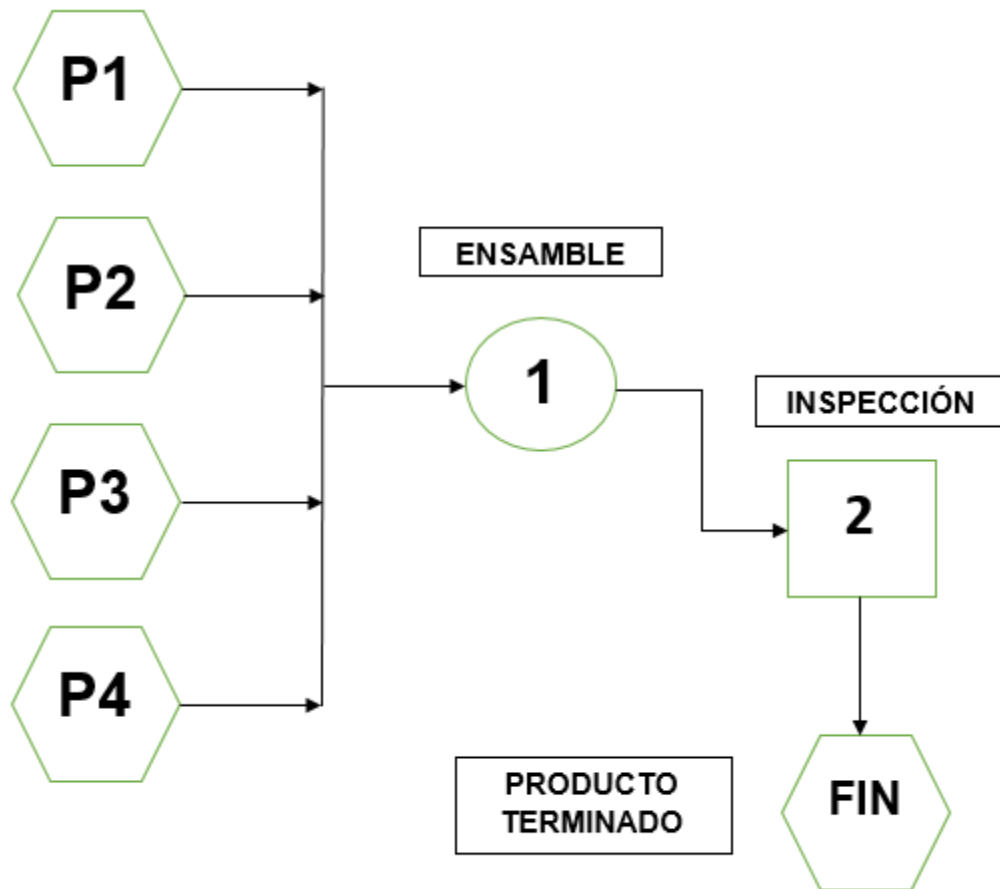



Figura 3.27: Ensamble final.
Fuente: Investigación de Campo.

3.9 Manuales

A continuación se describen los manuales de la maqueta para su apropiada manipulación, y correcto mantenimiento con el objeto de brindar un apropiado funcionamiento al ser empleada.

3.9.1 Manual de operación

I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 1 de 3
	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-O1
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO N° 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

1.- OBJETIVO:

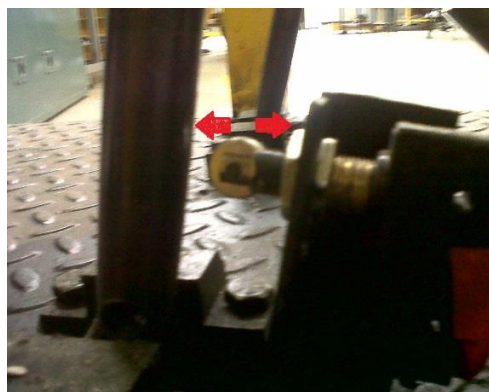
Documentar el método de operación adecuado para la maqueta del Sistema de Freno Independiente y Parking Brake.

2.- ALCANCE:


Brinda los conocimientos necesarios al operador para el correcto uso de la maqueta.

3.- SEGURIDAD

- Verificar que los cilindros maestros contengan fluido hidráulico y que no existan fugas de fluido entre las cañerías. (Use fluido hidraulico MIL-H5606).
- Inspeccione las partes móviles de la transmisión Motor – Rueda, antes de encender el motor.
- Asegurarse que el motor eléctrico esté conectado, a una fuente de 220 V, Ac.



- Constatar la correcta ubicación del pulsador normalmente cerrado, de no ser así, no encender el motor hasta que este se encuentra a una distancia conveniente del pedal. (Esto evitara que el motor sea forzado).
- Utilizar protectores auditivos.


I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 2 de 3
	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO Nº 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

4.- PROCEDIMIENTOS

- Presionar por varias ocasiones los pedales, con el fin de presurizar el sistema hidráulico.
- Encender el motor presionado “ON” en el switch de encendido, ubicado en el lado derecho de la estructura, (esto provocara que el motor gire, y a su vez la rueda).
- Comprobar que la válvula de estacionamiento (parking brake valve), se encuentre en la posición “OPEN”
- Presionar el pedal derecho suavemente, con el fin de generar calor, por efecto de la fricción entre el disco y las pastillas de freno.
- Constatar la presión con el dial del manómetro y mantenerla mientras el disco se calienta.



- Encender el termómetro digital y seleccionar el (T1) o (T2), independientemente del puerto donde se conecte la termocupla.
- Acercar el terminal de la termocupla al disco de freno con el fin de conocer la temperatura a la que se encuentra este.

I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 3 de 3
	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO N° 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013



- Para operar la válvula de Parking Brake o el freno de estacionamiento se debe apagar el motor (presionar “OFF” en el switch de ensendido), de esta forma se evita la avería del mismo.
- El freno del lado izquierdo puede ser operado con libertad ya que este no cuenta con un mecanismo que permita el giro de la rueda.


NOTAS:

- 1) Si el pedal derecho es presionado demasiado fuerte, provocará que el motor se apague con el fin de prevenir averías ya que sería desacelerado bruscamente.
- 2) Evitar tener contacto con la transmisión motor – rueda, por posibles lesiones.
- 3) Tener contacto directo con el disco de frenos puede causar quemaduras.

RESPONSABLE:

Nombre: _____ Firma: _____

3.9.2 Manual de Mantenimiento

I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 1 de 4
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DIDACTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO N° 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

1.- OBJETIVO:

Textualización de los procedimientos para el mantenimiento adecuado, que se brindara a la maqueta, y sus componentes.

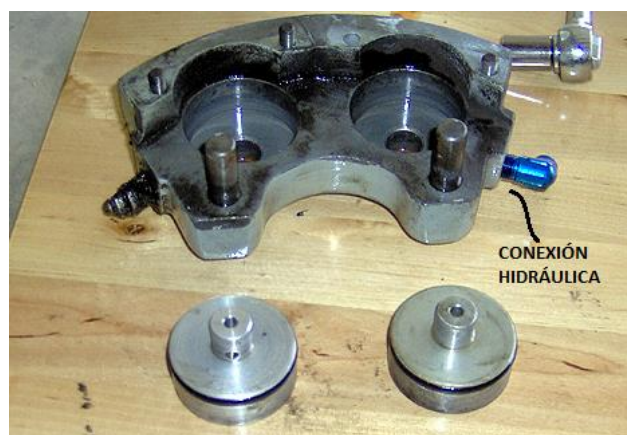
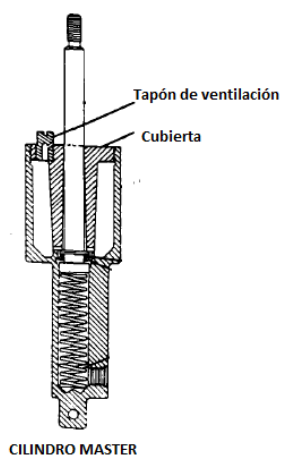
2.- ALCANCE:


Conservar el apropiado funcionamiento de sus partes hidráulicas y eléctricas, y por ende las condiciones de operación de la maqueta.

3.- INSTRUCCIONES

Los siguientes pasos deben ser cumplidos anualmente, por personal con criterio técnico, sin omitirlos:

- 1) Limpiar todos los componentes con combustible (**AVgas de 100-130 octanos o Extra de 79-80 octanos**), excepto las pastillas de freno y los O-ring, y secarlos o dejarlos secar totalmente.
- 2) Inspeccione los O – ring, del cilindro mater y de la cámara de freno si existe daños replácelos, caso contrario límpielos con un paño y líquido hidráulico. (Para abrir la cubierta del cilindro master utilice la llave “key-brake”, y para tener acceso a la cámara de freno use presión neumática en la conexión de la línea hidráulica).

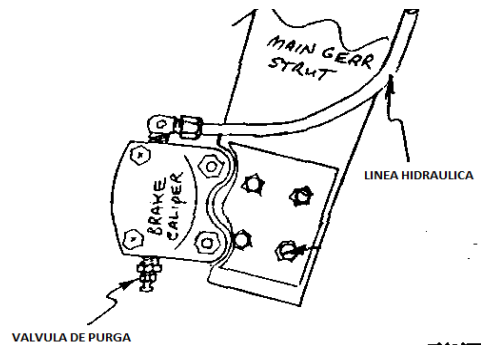


I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 2 de 4
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DIDACTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO Nº 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

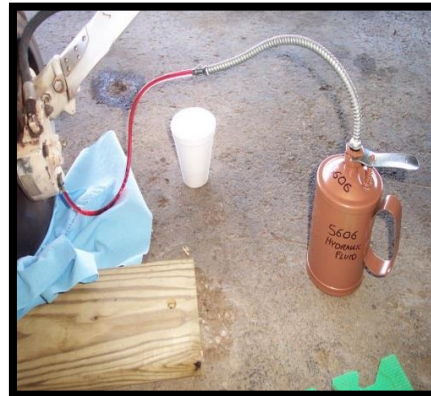
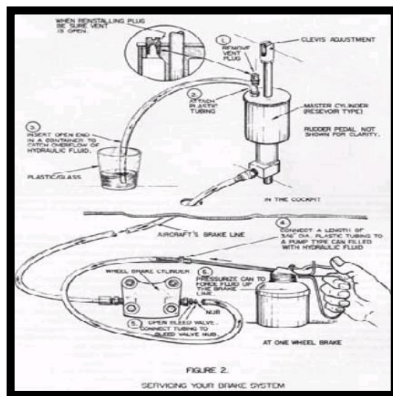
3) Utilice una llave o copa 7/16 y desajuste los pernos de la cámara de freno, e inspeccione el deterioro de las pastillas, y si en necesario cámbielos. **(Use pastillas 066-10500 Cleveland brake lining).**


4) Inspeccione el desgaste del disco de freno, si existen deformaciones corríjalas con un disco de desbaste o envíelo a una rectificadora.

5) Destornille el tapón del cilindro maestro y desajuste la válvula de purga en la cámara de freno hasta que empiece a salir líquido, para el sangrado del sistema hidráulico o servicio del mismo (desajustar suavemente con una llave 5/16 in, hasta despresurizar, eso evitara posibles lesiones).

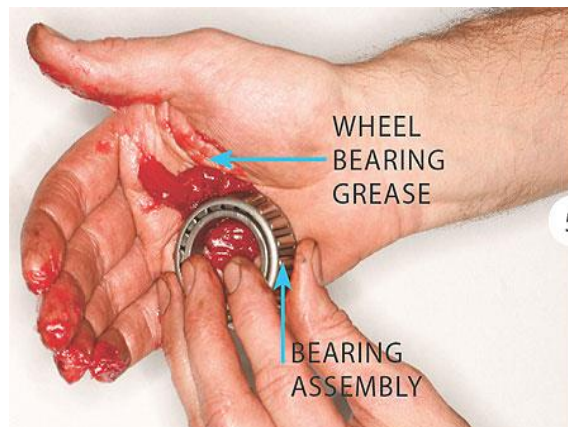


6) Abastezca líquido hidráulico al circuito hidráulico, conectando una manguera transparente totalmente llena de líquido a la válvula de purga, esto evita la formación de burbujas de aire (el tapón del cilindro maestro debe estar abierto en este proceso, utilice el aceitero con MIL-H-5606, como se muestra en la imagen).




I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 3 de 4
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DIDACTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO Nº 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

- 7) Presione el cilindro master varias veces hasta que las burbujas de aire hayan sido eliminadas o hasta que el dial del manómetro marque presión.
- 8) Si existe fugas en las mangueras o en los acoples por posibles fisuras, reemplace la manguera o mangueras afectadas. (Se puede utilizar la manguera, **SAE 100 R1AT**, de diámetro interior de 3/16 in, u otra que sea compatible con líquido MIL-H-5606).
- 9) Comprobar el correcto estado de la banda de transmisión y su polea, con el fin de asegurar el giro de la misma, evitar que existan residuos o acumulaciones de polvo que puedan causar una elevación de temperatura en la banda, evitar el contacto de aceites o grasas evitando así la avería de la misma
- 10) Engrasar los cojinetes, al igual que el eje de las ruedas, como se muestra en la imagen. (Use grasa ABRO #3).



- 11) Realizar una inspección visual de las conexiones eléctricas.
- 12) Reemplazar la batería de la termocupla tipo K (batería de 9 Volts).

I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 4 de 4
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DIDACTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE.	Código: SIS-BRAKE-01
	Elaborado por: John. E. Alajo .H.	REVISADO Nº 1
	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 12/08/2013

Notas:

- El torque de los pernos que sujetan las pastillas de freno son de 80 Lb/in. Para la sujeción de la rueda con el disco de freno se aplica un torque de 140 a 150 Lb/in.
- Para mayor información sobre el sistema de frenos de cessna, ver **Anexo M.**

Lubricantes:

Para un correcto mantenimiento y para evitar averías se debe utilizar:

- Líquidos hidráulicos compatibles con el sistema como: MIL-H-5606 o su sustituto MIL-H-832802.
- Grasa ABRO #3, de uso General resistente a la alta temperatura (Para altas rpm, motores a gasolina o grasa domestica),

3.10 Informe económico

Para elaboración del proyecto es importante tener en cuenta todos los costos involucrados para esto es necesario describirlos obteniendo así el costo real de la construcción de la maqueta terminada, etc.

3.10.1 Presupuesto

Al principio se inició con un presupuesto estimado de \pm 950 dólares americanos que se describe en el ante proyecto, el mismo que superó la base mínima de cualquier proyecto de grado, a continuación se describe el costo real de la maqueta una vez terminada que a su vez es de mil treientos veinte y siete dólares americanos, los cuales no incluyen gastos en artículos de bajo valor.

Tabla 3.14 Descripción de costos

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Cámara de frenos	2	100	200
Cilindro Maestro	2	100	200
Válvula de Paking (USA)	1	100	110
Manómetro	2	12	24
Ruedas	2	40	80
Ejes	2	80	160
Juego de Cañerías	2	50	100
Tubo Cuadrado	8 metros	3.75	30
Lamina Antideslizante	1	50	50
Pintura	3 litros	6	18
Ruedas de piso	4	5	20
Tapicería	1	10	10
Mano de Obra	1	120	120
Motor eléctrico	1	135	135
Termocupla (USA)	1	65	70
TOTAL \$			1327

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: John. E. Alajo. H.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La información teórica, expuesta en este trabajo fue obtenida de varios textos propiamente aeronáuticos, los mismos que en sus hojas contenían el tema referente a este proyecto.
- Se plantearon dos alternativas de construcción, de estas la primera fue la más favorable para el proyecto (Maqueta Matco).
- El material utilizado para la estructura cumple estándares ASTM y fue simulada en el software de diseño estructural SAP 2000.
- Las cañerías hidráulicas fueron obtenidas en la industria automotriz, pero pueden utilizarse con el líquido hidráulico MIL-H-5606 según la especificación SAE R1AT.
- Tras varias pruebas, la operación del sistema de frenos independiente fue favorable al igual que la aplicación del freno de estacionamiento o Parking brake.
- Los manuales de mantenimiento como de operación se realizaron en base a libros didácticos correspondientes a la aviación, los mismos que se encuentran en la bibliografía del presente documento.

4.2 Recomendaciones

- El presente proyecto pasa a servir como material didáctico, el mismo que puede ser mejorado según las conveniencias del o los interesados.
- El circuito hidráulico del sistema de frenos, puede usar un reservorio independiente con líquido, siempre y cuando se usen cilindros maestros adecuados.
- Cabe sugerir se realice un investigación, que implemente un mecanismo de Anti Skyd.
- Evitar que esta maqueta sea un objeto de juego (juguete), ya que puede ser averiado fácilmente o causar incidentes.
- Los componentes que conforman este proyecto son propios de aviación y de alto valor económico por lo que se debe evitar su maltrato.
- Revisar los manuales de Operación y Mantenimiento.

GLOSARIO

A

ATA.- El listado ATA 100, es una forma de organizar las distintas partes, reparaciones o tipos de sistemas de cualquier aeronave (avión o helicóptero).

ASA.- Aviation supplies & academics (suministros de aviación y académicos)

Aterrizaje.- El aterrizaje es la fase final de un vuelo, que se define como el proceso que realiza una aeronave que culmina con el contacto del aparato con la tierra

Aeronave.- Según la OACI, aeronave es toda máquina que puede desplazarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronáutica.- La aeronáutica o disciplina cuyo ámbito es el estudio, diseño y manufactura de aparatos mecánicos capaces de elevarse en vuelo, así como el conjunto de las técnicas que permiten el control de aeronaves.

Aeródromo.- Los aeropuertos son las terminales en tierra donde se inician y concluyen los viajes de transporte aéreo en aeronaves.

Alumel.- Es una aleación que consiste en aproximadamente 95% de níquel, 2% de manganeso, 2% de aluminio y silicio de 1%.

Aleación.- Una aleación es una combinación, de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos, de los cuales, al menos uno es un metal.

Aluminio.- El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13.

B

Brake.- Freno.

Booster.- Amplificador, Aumentador de presión.

Brida.- Es el elemento que une dos componentes de un sistema.

Buje.- Un buje es el elemento de una máquina donde se apoya y gira un eje. Puede ser una simple pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión.

Brea.- La brea es un residuo de la pirolisis de un material orgánico o destilación de alquitranes. Es sólida a temperatura ambiente y está constituida por una mezcla compleja de muchos hidrocarburos.

Bobina.- Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

C

Cleveland.- Aircraft Wheel & Brake ha sido un reconocido líder en la fabricación de ruedas de aeronaves y sistemas de frenos hidráulicos y productos relacionados para la aviación general.

Cuña.- La cuña es una máquina simple que consiste en una pieza de madera o de metal con forma de prisma triangular con la punta muy filosa.

Cromel.- Cromel es una aleación de 90% de níquel y 10% de cromo que se usa en conjunto con otra aleación llamada alumel que es 94% níquel, 2% aluminio, 3% manganeso y 1% silicio, para formar el termopar denominado K.

Cilindro.- Los cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, que es típicamente algún tipo de aceite.

Carreteo.- Una pista de carreteo, pista de rodaje, pista de taxeo o calle de rodaje (del inglés taxiway) es parte de la infraestructura del "lado de aire" (del inglés airside), la cual permite conectar las zonas de hangares y terminal con la pista de aterrizaje.

Corrosión.- La corrosión es una reacción química (oxido reducción) en la que intervienen tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica.

D

D.G.A.C.- Dirección General de Aviación Civil, ente regulador de la aviación en Ecuador.

Didáctico.- Disciplina científico-pedagógica que tiene como objeto de estudio los procesos y elementos existentes en la enseñanza y el aprendizaje. Es, por tanto, la parte de la pedagogía que se ocupa de las técnicas y métodos de enseñanza.

Despegue.- Es la fase inicial y esencial de un vuelo, que se logra tras realizar la carrera de despegue sobre una pista de despegue y aterrizaje de un aeropuerto o en una superficie extensa de agua, con la cual se consigue el efecto aerodinámico

de la sustentación, que es provocado por el flujo a una determinada velocidad del aire sobre las alas.

E

Energía Cinética.- Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada.

Energía Térmica.- La Energía térmica se debe al movimiento de las partículas que constituyen la materia. Un cuerpo a baja temperatura tendrá menos energía térmica que otro que esté a mayor temperatura.

Envergadura.- La envergadura es el ancho de la vela mayor de una embarcación a vela, el ancho que tienen de frente las aves u otros animales alados (como pterodáctilos, murciélagos o insectos) con las alas totalmente extendidas hacia los lados o, por extensión, el ancho de una aeronave de un extremo a otro de las alas.

Embolo.- Disco que se ajusta y mueve alternativamente en el interior de una bomba para comprimir un fluido o para recibir de él movimiento.

F

F.A.A.- Federal Aviation Administration (Administración Federal de Aviación).

Fiabilidad.- El término fiabilidad es descrito en el diccionario de la RAE como "probabilidad de buen funcionamiento de algo".

Fricción.- Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, a la fuerza entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del deslizamiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, mayormente microscópicas, entre las superficies en contacto.

Fluido.- Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y/o las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases.

Fuerza.- Según una definición clásica, fuerza es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los materiales.

G

Goodyear.- Casa fabricante de neumáticos y productos que conforman frenos utilizados en aviación.

Gomas.- La goma es una sustancia resinosa con un alto peso molecular, estructuralmente muy compleja, siempre con carácter ácido. Es sólida, aunque su consistencia varía según su procedencia y las condiciones a las que se somete, y tiene la peculiaridad de ser genuinamente elástica.

H

Hidráulica.- La hidráulica es una rama de la mecánica de fluidos y ampliamente presente en la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos.

Heurístico.- Se puede definir Heurística como un arte, técnica o procedimiento práctico o informal, para resolver problemas. Alternativamente, se puede definir como un conjunto de reglas metodológicas no necesariamente formalizadas, positivas y negativas, que sugieren o establecen cómo proceder y qué problemas evitar a la hora de generar soluciones y elaborar hipótesis.

I

I.T.S.A.- Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Incompresible.- Que no se puede comprimir o reducir a volumen menor.

L

Landing Gear.- Tren de Aterrizaje.

Líquido hidráulico.- El aceite o fluido hidráulico es un líquido transmisor de potencia que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

Linings.- Pastillas de frenos que se colocan en la pinza ubicada en la cámara de frenos.

Línea hidráulica.- Es también conocida como cañería o tubería hidráulica.

M

Matco.- Casa fabricante de conjuntos de frenos.

Maqueta.- Una maqueta es un montaje funcional, a menor "escala", con materiales pensados para resaltar, en su funcionalidad, la atención de aquello que, en su escala real, presentará como innovación, mejora o sencillamente el gusto de quien lo monta.

Manufactura.- Consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo.

Magnesio.- El magnesio es el elemento químico de símbolo Mg y número atómico 12.

Manómetro.- El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

MPH.- Millas Por Hora.

N

Neopreno.- Es la marca comercial para una familia de cauchos sintéticos basadas en el policloropreno (polímero del cloropreno).

O

O-ring.- Sello hidráulico de forma circular.

P

Parking Brake.- Freno de estacionamiento.

PSI.- Un PSI es (del inglés Pounds per Square Inch) una unidad de presión cuyo valor equivale a 1 libra por pulgada cuadrada.

Pavimento.- En ingeniería civil, es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.

Proliferación.- Multiplicación abundante de alguna cosa.

Piloto.- Es la persona cuya función es guiar aeronaves en vuelo. El término original era el de aviador, especialmente en Francia, de donde surgió el término avión.

Presión.- Es una magnitud física que mide como la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie (esa magnitud es escalar), y sirve

para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.

Pistón.- Pieza cilíndrica de un cilindro o una bomba que se mueve de forma alternativa y rectilínea de arriba abajo impulsando un fluido o recibiendo su impulso.

Perno.- El perno o espárrago es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro.

Polea.- Es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza

R

R.D.A.C.- Se denomina R.D.A.C, a las regulaciones impuestas por la dirección general de aviación civil, (Se las clasifican por partes así "RDAC Parte 001").

R.P.M.- Revoluciones por minuto, es la cantidad de vueltas que realiza un cuerpo en un minuto.

Rodaje.- Una pista de carreteo, pista de rodaje, pista de taxeo o calle de rodaje (del inglés taxiway) es parte de la infraestructura del "lado de aire" (del inglés airside), la cual permite conectar las zonas de hangares y terminal con la pista de aterrizaje.

Rotor.- La parte giratoria de una máquina, como por ejemplo el rotor de helicóptero.

Remachar.- Golpear la punta o cabeza de un clavo.

Radial.- Que tiene sus diversas partes dispuestas alrededor de un punto o de un eje, como los radios de una circunferencia.

S

SAE.- La norma AISI/SAE (también conocida por SAE-AISI) es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos. Es la más común en los Estados Unidos.

Servo.- Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Sedimento.- Materia que tras haber estado suspensa en un líquido se posa en el fondo del recipiente que la contiene.

Solvente Stoddard.- También denominado gasolina blanca, mineral spirits, esencias minerales, trementina mineral o solvente Stoddard es un disolvente extraído del petróleo, incoloro o muy levemente amarillento, olor a queroseno, muy poco soluble en agua y con un rango de ebullición de 130–231°C.

Skydrol.- Es un avanzado líquido hidráulico de aviación resistente al fuego. Apareció como la necesidad de un fluido hidráulico estable, no inflamable y que no pusiera en peligro latente al ser usado en aviones tanto comerciales, militares o de uso privado.

T

Timón.- Pieza articulado, de madera o de hierro, que sirve para gobernar una embarcación o un avión:

Tracción.- En el cálculo de estructuras e ingeniería se denomina tracción al esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Turbina.- Éstas son máquinas de fluido, a través de las cuales pasa un fluido en forma continua y éste le entrega su energía a través de un rodete con paletas o álabes.

Termocupla.- Es un Transductor de temperatura compuesto por 2 metales diferentes, que se encuentran a distintas temperaturas, una de referencia y otra desconocida.

Transmisión.- Mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina.

V

Vástago.- Varilla, barra que transmite el movimiento a algún mecanismo.

Válvula.- Es un Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.

Viscosidad.- De un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

Viscosímetro (Viscometro).- Es un instrumento empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido

Varsol.- Es una Mezcla de hidrocarburos alifáticos derivados del petróleo, químicamente estable y no corrosivo.

BIBLIOGRAFIA

- Aviation Maintenance Technician Series, Dale Crane, ASA, Airframe Vol.1 Structures.
- Aircraft Maintenance and Repair, McGraw-Hill Aviation Technology Series, FAR Parts 65 and 147, Advisory Circular (AC) 65-2D, AC 65-15A, and AC 43.13-1A&2A.
- Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe, Volume 2 2012, (FAA-H-8083-31), U.S. Department of Transportation FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, Flight Standards Service.
- A&P Technician Airframe Textbook, Jeppesen Maintenance.
- Entretenimiento Y Reparación de Aviones, Editorial Reverte.

NETGRAFIA

- <http://www.youtube.com/watch?v=--oSbXZkQDI>
- http://www.eaa.org/chapters/resources/articles/give_me_a_brake.pdf
- <http://www.fluidal.com/ficheros/CATALOGO%20TECNICO%20DE%20MANGUERAS.pdf>
- <http://www.static.shell.com/content/dam/shell/static/aviation/downloads/publications/aeroshellbook/aeroshellhydraulicfluids.pdf>
- <https://www.mitsuboshi.co.jp/english/catalog/pdf/transmissionproducts-spanish.pdf>

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES:

NOMBRE: ALAJO HINOJOSA JOHN EDISON

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

FECHA DE NACIENMIENTO: 29 DE MARZO DE 1991

CEDULA DE CIUDADANIA: 0503376246

TELEFONOS: 0984566359 / 032810853

CORREO ELECTRONICO: john290391@hotmail.com

DIRECCIÓN: AV. AYAHUALPA Y CALLA ALTAR - LATACUNGA



ESTUDIOS REALIZADOS:

PRIMARIA: Escuela "Isidro Ayora"

SECUNDARIA: Instituto Tecnológico Superior "Vicente León"

SUPERIORES: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

TITULOS OBTENIDOS:

- Bachiller en Ciencias, especialización: Físico Matemáticas. (27/06/2008).
- Suficiencia en el idioma ingles "English language training course". (ITSA 17/12/2012).
- Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA 2010 – Latacunga Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, 16 Horas

EXPERIENCIAS PROFECIONALES:

ALA DE COMBATE N° 23 DE MANTA

CARGO: Pasante –Area de Mantenimiento Power Plant

FUNCIONES: Inspección del motor, encargado de herramienta, lavado de compresores, inspección de tobera , línea de vuelo y manejo de manuales técnicos en las aeronaves, Súper Tucano y Kfir

JEFE DEL AREA: Sgos. Fierro

Febrero 2011 – Marzo 2011 (160 Horas)

ESCUELA DE AVIACION PASTAZA

CARGO: Pasante –Area de Mantenimiento

FUNCIONES: Inspección del motor, inspección rutinaria, línea de vuelo y manejo de manuales técnicos en las aeronaves, Cessna 150, 152, Piper Comanche

JEFE DEL AREA: Tec. Manuel Tendetza

Agosto 2011 – Septiembre 2011 (200 Horas)

SERVICIO AEREO REGIONAL

CARGO: Pasante –Area de Mantenimiento

FUNCIONES: Inspección del motor, inspección rutinaria, Inspeccion de 2000 horas, línea de vuelo y manejo de manuales técnicos de la aeronave y de helices, de la aeronave Islander Britten Norman.

JEFE DEL AREA: Tlgo. Miguel Pozo

Febrero 2012 – Marzo 2012 (200 Horas)

AMAZONAS AIR

CARGO: Pasante –Area de Mantenimiento

FUNCIONES: Inspección del motor, inspección rutinariahoras, línea de vuelo y manejo de manuales técnicos de las aeronaves Cessna 150 y Cessna 172

JEFE DEL AREA: Tec. Patricio Logacho

Julio 2012 – Agosto 2012 (200 Horas)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA
EL AUTOR**

John Edison Alajo Hinojosa

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Subs.Tec.Avc.Ing. Hebert Atencio

Latacunga, Octubre 21 de 2013.

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, John Edison Alajo Hinojosa, egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en el año 2013, con Cédula de Ciudadanía N°050337624-6, autor del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCION DE UNA MAQUETA DIDACTICA DEL SISTEMA DE FRENOS INDEPENDIENTE Y PARKING BRAKE PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

John Edison Alajo Hinojosa

Latacunga, Octubre 21 de 2013.