

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE BALANCEO DE
CONTROLES DE VUELO PARA LA AVIONETA PILATUS
PORTER PC-6**

POR:

JUAN SEBASTIÁN GUEVARA VILLALBA

**Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para la
obtención del Título de:**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2009

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Grado fue realizado en su totalidad por el SR. JUAN SEBASTIÁN GUEVARA VILLALBA, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Sgop. Tec. Avc. Ing. Washington Molina
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, agosto del 2009.

DEDICATORIA

A mi Madre

Que con infinito amor supo guiarme en el camino del estudio, para alcanzar mis objetivos y ser un hombre de bien y útil a la sociedad.

A ella dedico este trabajo fruto de una dedicación y esfuerzo constante, ya que supo ser padre y madre a la vez.

SEBASTIÁN GUEVARA V.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Señor por darme la vida y la salud, a mi Padre que aunque no esté físicamente a mi lado siempre está presente en mi corazón y en mi mente guiándome de una u otra forma, de igual manera agradezco enormemente a mi Madre Nancy mi Hermano Andrés y mi Tía Mariana por haberme enseñado a ser un hombre consciente, responsable con grandes sueños y ganas de llevar a cabo todas las metas que me he trazado para mi vida profesional, ante todo me enseñaron a ponerle empeño y ganas a todo lo que yo quiero realizar y que los sueños no se cumplen si no se realiza un esfuerzo.

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, a sus Maestros y al asesor de tesis, que con paciencia y empeño brindaron los conocimientos necesarios para llegar a cumplir uno de los objetivos más grandes de mi vida que es el de ser un Técnico de Aviación.

SEBASTIÁN GUEVARA V.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE ANEXOS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABLAS.....	XI
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XII
SIGLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Alcance.....	5

CAPÍTULO II

PLAN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Modalidad de la investigación.....	6
2.2. Tipos de investigación.....	6
2.3. Niveles de investigación.....	7
2.4. Población y muestra.....	7

2.5. Métodos de la investigación.....	8
2.5.1. Análisis.....	8
2.5.2. Síntesis.....	8
2.6. Técnicas.....	8
2.6.1. Observación.....	8
2.7. Encuestas.....	9
2.8. Recolección de datos.....	9
2.9. Procesamiento de la información.....	10
2.10. Análisis e interpretación de datos.....	10

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación.....	11
3.2. Fundamentación teórica	11
3.2.1. Controles de vuelo.....	11
3.2.2. Clases de controles de vuelo.....	12
3.2.2.1. Mandos primarios de vuelo.....	12
3.2.2.2. Mandos secundarios de vuelo.....	14
3.2.3. Sistemas de operación de controles de vuelo.....	14
3.2.4. Controles de vuelo de la avioneta PC-6.....	16
3.2.5. Equipo para balancear los controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6.....	18
3.2.6. Peso y balance de las superficies de control de la avioneta Pilatus Porter PC-6.....	19

CAPÍTULO IV

PLAN METODOLÓGICO

4.1. Ejecución del plan metodológico.....	21
4.2. Análisis e interpretación de datos.....	24
4.3. Conclusiones y Recomendaciones.....	32
4.3.1. Conclusiones.....	32

4.3.2. Recomendaciones.....	32
-----------------------------	----

CAPÍTULO V

FACTIBILIDAD

5.1. Factibilidad técnica.....	34
5.2. Factibilidad legal.....	35
5.3. Factibilidad de apoyo.....	35
5.4. Recursos.....	35
5.4.1. Recursos humanos.....	35
5.4.2. Recurso técnico.....	35
5.4.3. Recursos económicos.....	36
5.5. Presupuesto.....	36
5.6. Cronograma.....	38

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE FACTIBILIDAD

6.1. Antecedentes.....	39
6.2. Justificación.....	39
6.3. Objetivos.....	40
6.3.1. Objetivo general.....	40
6.3.2. Objetivos específicos.....	40
6.4. Alcance.....	40
6.4.1. Marco teórico.....	41
6.4.2. Soldadura.....	41
6.4.3. Estructuras simétricas.....	41
6.5. Equipo de balanceo de controles de vuelo.....	41
6.6. Planteamiento y estudio de alternativas.....	43
6.6.1. Planteamiento de alternativas.....	43
6.6.2. Estudio de alternativas.....	44

6.6.3.	Parámetros de evaluación.....	46
6.6.4.	Matriz de evaluación y decisión.....	49
6.6.5.	Selección de la mejor alternativa.....	49
6.7.	Requerimientos técnicos.....	50
6.8.	Construcción.....	62
6.8.1.	Orden de la construcción.....	62
6.8.1.1.	Detalles de la construcción de las diferentes partes del Equipo de balanceo de controles de vuelo.....	63
6.8.2.	Herramientas, máquinas y equipo.....	67
6.8.3.	Proceso de construcción.....	68
6.8.4.	Tabla de procesos.....	75
6.8.5.	Pruebas de funcionamiento.....	75
6.9.	Manuales y hojas de registro.....	77
6.9.1.	Manual de mantenimiento.....	78
6.9.2.	Manual de operaciones.....	79
6.9.3.	Hojas de registro.....	81
6.9.3.1	Hoja de registro de partes y repuestos.....	82
6.9.3.2	Hoja de registro de mantenimiento.....	83
6.9.3.3	Hoja de registro de libro de vida.....	84
6.10.	Presupuesto.....	85
6.11.	Conclusiones y recomendaciones.....	87
6.11.1.	Conclusiones.....	87
6.11.2.	Recomendaciones.....	88
6.12.	Bibliografía.....	89

Anexos

Planos

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: INVESTIGACIÓN.....	A
Avioneta Pilatus Porter PC-6.....	A1
ERJ 145 LR.....	A1
Equipo de balanceo para alerones de la avioneta Pilatus Porter.....	A2
Repuestos de los controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter...	A3
Tabla de chequeos de mantenimiento.....	A4
Equipo de balanceo OHM	A5
Ficha de observación Lago Agrio.....	A6
Ficha de observación Quito.....	A6
Encuesta.....	A7
ANEXO B: DESARROLLO DE LA FACTIBILIDAD.....	B
Estructura simétricas en pórticos con soportes fijos.....	B1
ANEXO C: ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL.....	C
Características tubo cuadrado.....	C1
Características generales del tubo cuadrado.....	C2
ANEXO D: CONSTRUCCIÓN.....	D
Estructura principal y superficie del equipo de balanceo.....	D1
Puntos de apoyo	D2
Soportes.....	D3
Equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta PC-6.....	D4
Alerón avioneta Pilatus Porter instalado en el equipo de balanceo ..	D5
ANEXO E: PLANOS.....	E

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 3.1.: Mandos primarios de vuelo.....	12
Figura N° 3.2: Controles de vuelo de la avioneta PC-6.....	16
Figura N°6.1: Soldadura.....	41
Figura N°6.2: Equipo de balanceo.....	42
Figura N° 6.3: Test bench.....	43
Figura N° 6.4: Equipo de balanceo de controles de vuelo.....	44
Figura N°6.5: Dimensionamiento.....	50
Figura N°6.5: Áreas cooperantes sentido Longitudinal.....	51
Figura N°6.6: Áreas cooperantes sentido transversal.....	52
Figura N°6.7: Carga distribuida uniforme	52
Figura N°6.8: Pórtico en sentido Longitudinal.....	53
Figura N°6.9: Diagrama de momentos.....	55
Figura N°6.10: Pórtico en sentido transversal.....	56
Figura N°6.11: Diagrama de momentos.....	57
Figura N°6.12: Diagrama comparativo.....	58
Figura N°6.13: Características del tubo cuadrado.....	61
Figura N° 6.14: Superficie de los tableros.....	63
Figura N° 6.15: Estructura principal.....	63
Figura N° 6.16: Puntos de apoyo.....	64
Figura N° 6.17: Soportes.....	65
Figura N° 6.18: Equipo de balanceo.....	67
Figura N° 6.19: Pruebas de equipo de balanceo.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 3.1: Avioneta Pilatus Porter PC-6.....	15
Tabla N° 3.2: Peso y dimensiones de los controles de vuelo primarios.....	16
Tabla N° 4.1: Límite máximo para peso del alerón.....	19
Tabla N° 4.2: Población y muestra.....	22
Tabla N° 4.3: Análisis de resultados Pregunta 1.....	25
Tabla N° 4.4: Análisis de resultados Pregunta 2.....	26
Tabla N° 4.5: Análisis de resultados Pregunta 3.....	27
Tabla N° 4.6: Análisis de resultados Pregunta 4.....	29
Tabla N° 4.7: Análisis de resultados Pregunta 5.....	30
Tabla N° 4.8: Análisis de resultados generales.....	31
Tabla N° 5.1: Recurso humano.....	35
Tabla N° 5.2: Presupuesto primario para la construcción.....	36
Tabla N° 5.3: Presupuesto secundario para la construcción.....	37
Tabla N° 5.4: Presupuesto total del proyecto.....	37
Tabla N° 6.1: Primera alternativa.....	45
Tabla N° 6.2: Segunda alternativa.....	46
Tabla N° 6.3: Matriz de evaluación y decisión.....	49
Tabla N° 6.4: Significado de símbolos de las fórmulas.....	55
Tabla N° 6.5: Datos técnicos de las herramientas, máquinas, equipos codificación.....	67
Tabla N° 6.6: Simbología	68
Tabla N° 6.7: Tabulación de procesos.....	74
Tabla N° 6.8: Prueba de alerón.....	76
Tabla N° 6.9: Codificación de los manuales.....	77
Tabla N° 6.10: Presupuesto.....	85
Tabla N° 6.11: Costos secundario.....	86
Tabla N° 6.11: Costo total.....	86

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Definiciones:

OVERHAUL: Reparación o revisión general de un componente o accesorio de una aeronave que tiene un límite de condición operativa, pudiendo ser ésta por horas de funcionamiento o tiempo de vida.

STOL: Significa despegue y aterrizaje cortos, usado en aviación para referirse a capacidades especiales de los aviones.

MANUAL GENERAL DE MANTENIMIENTO: Es la recopilación de procedimientos escritos para ejecutar una tarea, seguida de orden, proceso y control para el desarmado, limpieza, inspección, cambio, etc.

TABS: Son pequeñas aletas que se ubican en el borde de salida de los mandos primarios pueden ser fijos o móviles.

FLAPS: Son aletas aerodinámicas que se encuentran en el borde de ataque y salida del ala, cumplen la función de aumentar el nivel de sustentación, por medio del aumento de la curvatura y la superficie alar.

SLAT: Son superficies secundarias que se ubican solamente en el borde de ataque del ala como también en la raíz del ala. Su finalidad es aumentar el Ángulo de ataque para ganar sustentación.

RUDDER: La Dirección del avión se lo realiza por medio del Rudder o timón de dirección, que es operado desde la cabina presionando alternativamente los pedales.

SIGLAS

- **AMM:** Aircraft maintenance manual, (manual de mantenimiento del avión)
- **AOC:** Air Operator certificate, (certificado de operador Aéreo)
- **MPP:** Manual de Políticas y Procedimientos.
- **OHM:** Manual de Overhaul
- **STOL:** Short Take-Off and Landing (despegue y aterrizaje cortos)
- **TMAE:** Talleres de mantenimiento aeronáutico
- **VC:** Velocidad crucero.
- **VNE:** Velocidad nunca a exceder.
- **VNO:** Velocidad máxima operativa.

RESUMEN:

La construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6, surge con la finalidad de optimizar el tiempo al igual que los recursos en los procesos de las tareas de peso y balance de las superficies de mando.

Cuando se inició el presente proyecto de grado, se planteó objetivos para realizar la investigación, con la finalidad de establecer las condiciones físicas y técnicas, por medio de manuales de mantenimiento y técnicas de investigación, con el objetivo de mejorar los procesos de los trabajos de balanceo de las superficies de vuelo. Finalmente después de haber desarrollado el proceso de investigación; se concluye que es factible la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter. Una vez identificado, solucionado el problema se procede al desarrollo de la factibilidad, en el cual inicialmente se plantean objetivos para la construcción del equipo de balanceo.

Con los objetivos planteados procedemos a la determinación de dos alternativas, para luego realizar un análisis, seleccionar la mejor alternativa, que cumpla con los objetivos planteados. Seleccionada la mejor opción, se procede a una evaluación en la que se tomará en consideración: las ventajas, desventajas, los factores mecánicos, económicos y complementarios. Concluida la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo, se procede a la realización de los manuales de mantenimiento y operación, para preservar la vida útil del equipo con la finalidad de realizar un correcto uso.

Finalmente se desarrollan las pruebas respectivas, con el objetivo de analizar el funcionamiento del equipo. Las mismas que dieron resultados óptimos ya que se cumplió conjuntamente los objetivos, requisitos además procesos generales para la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La Unidad de Aviación de Petroecuador con sede en Quito, tiene como principal objetivo el transporte de su personal técnico-administrativo, con los más altos estándares de calidad y seguridad.

El Departamento de Mantenimiento, es responsable de mantener la aeronavegabilidad de avionetas, motores, componentes, así como la correcta certificación de accesorios, materiales, equipos de emergencia y supervivencia utilizados en las aeronaves.

Esta unidad cuenta con un avión Embraer 145 LR, tres avionetas PC-6 éstas últimas, prestan servicios de transporte aéreo al personal que trabaja en el Oriente. **(VER ANEXO A.1)**

La sección de mantenimiento del hangar de Lago Agrio de la Unidad de Aviación de Petroecuador, posee un equipo de balanceo que no brinda los servicios necesarios para la elaboración del peso y balance de los controles de vuelo primarios de la avioneta Pilatus Porter, lo cual provoca pérdida de tiempo y recursos, por consiguiente la avioneta tendrá suspender la operación, hasta conseguir un equipo de balanceo.

El mal estado del equipo de balance, que posee actualmente la unidad de aviación, podría convertirse en un riesgo para las operaciones aéreas. **(VER ANEXO A.2)**

De no solucionarse este problema, dará como resultado la pérdida de tiempo y recursos.

El problema que se planteó, surge al revisar el manual de mantenimiento, overhaul del fabricante, en el cual se informa que después de realizar el desmontaje, trabajos de pintura de las superficies de control de la avioneta Pilatus Porter, es necesario realizar el balanceo de estas superficies, para tener una mayor facilidad de operación por parte del piloto y evitar accidentes, ya que si se realiza un balanceo impreciso los controles de vuelo pueden volverse muy pesados e imposible de controlarlos. Por lo tanto el manual de la avioneta, aconseja realizar el balanceo de los controles de vuelo por medio de un equipo de balanceo.

La avioneta Pilatus Porter PC-6 está próxima a una inspección mayor, por lo que necesita un equipo de balanceo de controles de vuelo, ya que cada vez que se realice una inspección mayor, reparación o trabajos de pintura en las superficies de control, es necesario realizar los trabajos de balance los mismos. **(VER ANEXO A.3)**

Este equipo se utilizara para las dos nuevas avionetas Pilatus Porter PC-6 que adquirió Petroecuador, de igual forma este equipo será usado para balancear los alerones que se encuentran en el hangar del Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio.

El mantenimiento de las avionetas, se lo realiza en el hangar de la Unidad de Aviación de Petroecuador, del Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio;

Por lo mencionado, el mejoramiento del equipo para inspección mayor de la avioneta Pilatus Porter PC-6 de la unidad de aviación de Petroecuador, es de vital importancia para las operaciones normales de la avioneta Pilatus Porter PC-6.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo optimizar el tiempo y los recursos, del departamento de mantenimiento de la Unidad de Aviación de Petroecuador, mediante el mejoramiento del equipo de balanceo de la avioneta Pilatus Porter?

1.3. Justificación e importancia

Se tiene claro que la unidad de aviación de Petroecuador dispone de personal capacitado, pero la carencia de un equipo de balanceo de controles de vuelo primarios, impide un mejoramiento en las actividades de peso y balance de las superficies de vuelo.

La finalidad del presente trabajo de investigación, es encontrar una solución clara, precisa y definitiva al problema que se planteó al inicio de este trabajo, de esta manera contribuir a la optimización de tiempo al igual que los recursos de la Unidad de Aviación de Petroecuador.

Con la utilización de un equipo de balanceo de controles de vuelo primarios, los trabajos de balance serán más confiables y eficientes, lo que permitirá disminuir el margen de error de los trabajos de balanceo, para evitar contratiempos o en el peor de los casos ocasionar accidentes.

Con la ayuda de un equipo de balanceo de superficies de vuelo, los conocimientos de los técnicos de mantenimiento que trabajan en la unidad de aviación, se podrá reducir tiempo y recursos, ya que mientras más rápido se ensamblen las avionetas, se realice la inspección mayor, se podrán poner en operación las avionetas.

En conclusión, la utilización del equipo de balanceo permitirá reducir tiempo, menorar recursos, además brindar un servicio de transporte confiable.

Por lo anteriormente mencionado, es de vital importancia el uso del equipo de balanceo de controles de vuelo, de la avioneta Pilatus Porter PC-6, para poder consolidar un mejoramiento en los procesos de balanceo de controles de vuelo.

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivo general:

Analizar la situación actual del equipo de balanceo de la avioneta Pilatus Porter PC-6 que posee la Unidad de aviación de Petroecuador, mediante un plan metodológico de investigación para la optimización de tiempo y recursos.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Recopilar información para facilitar el desarrollo del trabajo investigativo.
- Analizar la Unidad de aviación de Petroecuador para conocer las necesidades o problemas de la sección de mantenimiento, posteriormente encontrar una solución al problema planteado.
- Verificar los procedimientos actuales que aplican los técnicos de manteamiento en el equipo de balanceo de controles de vuelo.
- Plantear diferentes alternativas, para realizar los trabajos de balanceo de las superficies de vuelo.

1.5. Alcance:

El siguiente trabajo de investigación, va encaminado a facilitar las actividades de peso y balance de los alerones de la avioneta Pilatus Porter, que realiza periódicamente el personal técnico de la Unidad de aviación de Petroecuador, en el hangar del aeropuerto de Lago Agrio.

Al determinar las condiciones físicas al igual que técnicas, en las que se realizan actualmente los trabajos de balanceo de controles de vuelo de la avioneta de la unidad de aviación de Petroecuador; se establecerá las características del equipo, que ha de permitir la realización de los trabajos de balance de los alerones.

CAPÍTULO II

PLAN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Modalidad de la investigación

En el proceso del trabajo de investigación, se utilizará la investigación de campo ya que permitirá conocer las prácticas operacionales, para la realización de los trabajos de peso y balance de los controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

Posteriormente se utilizará la investigación bibliográfica - documental, la misma que permitirá conocer los requerimientos técnicos que describe el fabricante en los manuales, para el acople de los alerones en el equipo de balanceo de controles de vuelo y así poder realizar los trabajos de peso, balance correspondientes a las superficies de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6 de la unidad de aviación de Petroecuador.

2.2. Tipos de investigación

En esta parte del plan metodológico se propone utilizar la investigación no experimental, porque se limita a la observación de las prácticas operacionales de los trabajos de peso y balance de los controles de vuelo, por parte de los técnicos que laboran en la Unidad de aviación de Petroecuador. A su vez se registrará la información, por medio de una ficha de observación.

Durante el desarrollo de factibilidad y su aplicación, la investigación se tornará cuasi experimental, en lo referente a la configuración del equipo de balanceo, experimental durante la realización de los ensayos y pruebas operacionales del equipo de balanceo de controles de vuelo.

2.3. Niveles de investigación

Se hará uso de la investigación descriptiva, ya que enumera los procesos que se utilizan para realizar los trabajos de peso y balance de las superficies de control, específicamente de los alerones, que realiza el personal de mantenimiento habilitado en la avioneta Pilatus Porter.

De igual forma se usará la investigación exploratoria, porque detallará las visitas que se han realizado a los hangares de la Unidad de aviación de Petroecuador, con sede en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el Aeropuerto de Lago Agrio, donde se desarrollan los trabajos de peso y balance de los controles de vuelo de la avioneta PC-6.

2.4. Población y Muestra

Siendo el punto de partida la investigación, que se practicará a los técnicos del área de mantenimiento de la Unidad de aviación de Petroecuador (encuesta aplicada), ubicada en la ciudad de Quito, con la finalidad de obtener datos concretos y prácticos relacionados con la utilización para beneficio del equipo de balanceo de superficies de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

De los datos que se obtengan de las encuestas practicadas a la población beneficiaria, la misma que incluye directamente a 27 técnicos y 5 pilotos, los mismos que trabajan en Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el Aeropuerto de Lago Agrio; indirectamente a los usuarios permanentes de la avioneta Pilatus. Por lo tanto el Universo es la Unidad de Aviación de Petroecuador, la población es el personal que trabaja en la unidad de aviación, la muestra son los técnicos y los pilotos.

2.5. Métodos de la investigación.

2.5.1. Análisis:

Analizar los procedimientos que realizan los técnicos en los trabajos de peso y balance de los controles de vuelo, para saber si los procesos aplicados son los adecuados, esta técnica, se utilizará en las fichas de observación y la encuesta, ya que se podrá analizar todos los procesos usados por los técnicos en los trabajos de balanceo pudiéndose analizar la información obtenida.

2.5.2. Síntesis:

Por medio de este método de investigación, se conocerá si el equipo que se utiliza actualmente en la unidad de aviación es el recomendado por el fabricante, una vez analizada toda información obtenida en las encuestas y las fichas de observación, se procederá a interpretar los datos encontrados por medio de la aplicación de los métodos de investigación, para llegar a concluir cuál es el equipo recomendado por el fabricante.

2.6. Técnicas de investigación

2.6.1. Observación:

Esta técnica ayudará a obtener información que sirva de base para el desarrollo del trabajo de investigación, para lo cual se utilizará varios tipos de observación; con la ayuda de la Observación documental, se revisará la documentación bibliográfica que ayude a construir el marco teórico, la observación de campo, se ejecutará en los hangares de Petroecuador tanto en Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el Aeropuerto de Lago Agrio, con el objetivo de

obtener información a través de diálogos con los técnicos, que trabajan en las áreas de mantenimiento.

Finalmente por medio de la Observación indirecta, se analizará el objeto en estudio desde otra perspectiva, sin obstaculizar el trabajo desarrollado por los técnicos en las tareas de mantenimiento.

2.7. Encuestas

Las encuestas permitirán realizar un diagnóstico y análisis, mediante el uso de un cuestionario, el cual es un instrumento para recopilar información a través de preguntas de selección múltiple como también de estimación, las mismas que permitirán obtener respuestas específicas, concretas para despejar las incógnitas.

La encuesta se practicarán a 27 técnicos, 5 pilotos que trabajan en los hangares del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre y el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio; esta encuesta permitirá obtener información muy importante, con lo cual se podrá encontrar una solución al problema que se plantea en la primera parte de la investigación.

2.8. Recolección de datos

La investigación se realizará en áreas de mantenimiento de la Unidad de Aviación de Petroecuador, en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio, ya que en estos lugares se encuentran los hangares en donde permanecen las aeronaves, en las que se realizan los mantenimientos respectivos.

Para la recopilación de información, en el presente trabajo de investigación se hará uso específicamente de dos técnicas. Otra técnica de investigación a utilizarse son las encuestas, con la finalidad de

investigar el criterio de los técnicos acerca de una posible solución, para esto se realizará un banco de preguntas y así obtener el criterio del personal de mantenimiento para encontrar una solución concreta al problema.,

Los resultados que se obtengan de las encuestas serán tabulados, representados en diagramas claros y de fácil comprensión.

Al final de todo el trabajo de investigación, se llegará a deducir conclusiones al igual que las recomendaciones en donde conste la solución al problema de una manera precisa.

2.9. Procesamiento de la información.

Después de haber aplicado todos los pasos planteados en el plan de investigación, se procederá a seleccionar la información necesaria, para tabular datos y representar gráficamente la información obtenida.

2.10. Análisis e interpretación de datos.

Luego de tabular y representar gráficamente los datos; el siguiente paso es analizar e interpretar los resultados logrados en las técnicas de investigación, con la finalidad de establecer las conclusiones, recomendaciones, para poder solucionar el problema planteado al inicio del trabajo de investigación.¹

¹ Metodología de la Investigación Científica” Dr. Villalba Avilés Carlos”, 2003, primera edición.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación.

Antes de comenzar el trabajo de investigación se pudo determinar, mediante visitas a los hangares de la Unidad de aviación de Petroecuador, que no se han realizado trabajos similares al que se presenta en este proyecto de investigación, los cuales puedan ser de uso para el departamento de mantenimiento de la Unidad de Aviación.

En la investigación documental bibliográfica y consultas en Internet sobre empresas que posean este equipo no se logró encontrar información alguna, por lo tanto no se encontraron datos referenciales del equipo de balanceo de controles de vuelo en otros talleres de operadores aeronáuticos.

3.2. Fundamentación teórica

3.2.1. Controles de vuelo ².

Los controles de vuelo son superficies de mando, que permiten el movimiento de la aeronave a través de sus tres ejes.

Toda aeronave consta de tres ejes imaginarios, sobre los cuales se producen 3 movimientos, producidos por los controles de vuelo:

- Eje lateral - Cabeceo
- Eje longitudinal - Alabeo
- Eje trasversal - Guiñada.

² Conocimientos del avión "Esteban Oñate", 2000, segunda edición.

3.2.2. Clases de controles de vuelo.

Existen 2 clases de controles de vuelo:

- Mandos primarios de vuelo
- Mandos secundarios de vuelo.

3.2.2.1 Mandos primarios de vuelo³

Este grupo consta de 3 mandos primarios como son:

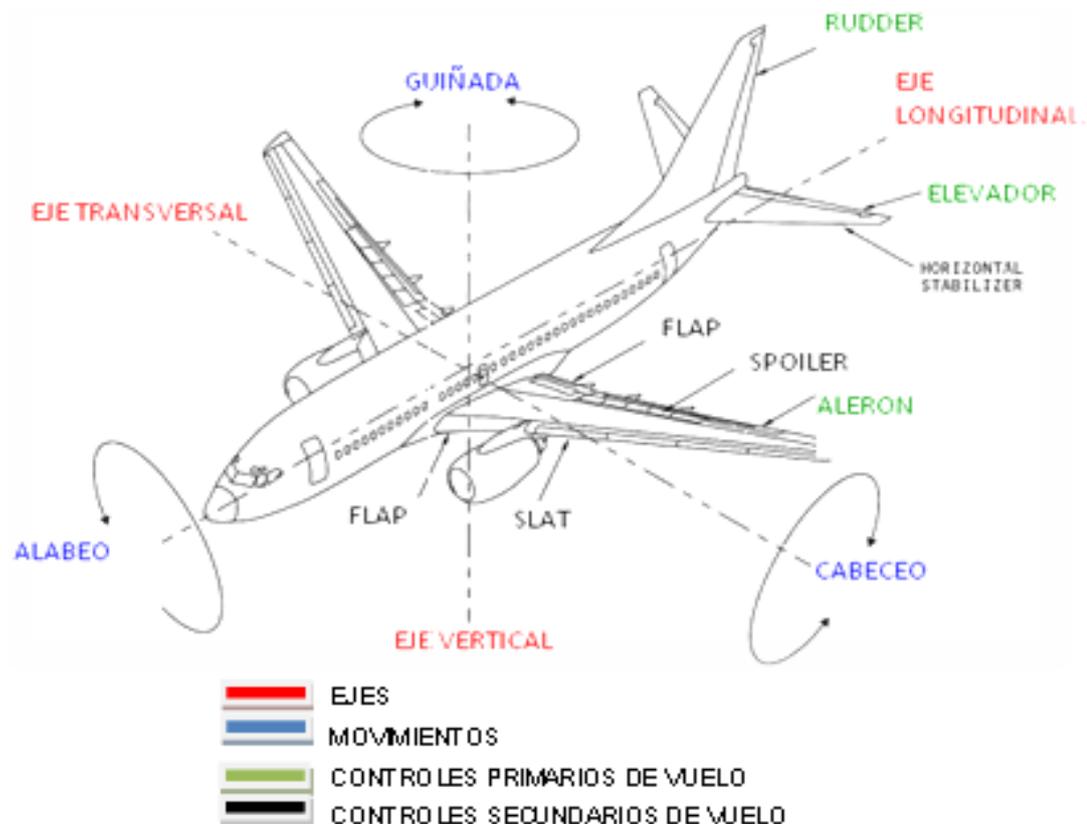


Figura 3.1: Controles de vuelo

- Alerones

Son dos superficies de control, que se encuentran en los bordes posteriores de ambas alas cerca de las puntas. Su función es inclinar el avión en torno a su eje longitudinal, con el fin de levantar un ala más que la otra, sobre todo al hacer un giro para cambiar la dirección. Esta inclinación la ejecuta el piloto haciendo girar el timón o la palanca hacia la derecha o la izquierda

³ www.Airbus.com: Airbus A-320

- **Elevadores**

Estas superficies se encuentran a la salida del estabilizador horizontal, se mueve hacia arriba o hacia abajo, los elevadores son controlados desde la cabina, cuando se empuja y se hala el bastón de mando, este movimiento lo realiza el avión en torno al eje lateral, el movimiento que se produce se denomina cabeceo.

- **Rudder**

La Dirección del avión se lo realiza por medio del Rudder o timón de dirección, que es operado desde la cabina presionando alternativamente los pedales. Este movimiento lo realiza el avión en torno al eje vertical, a este movimiento se le conoce como guiñada.

- **Tabs**

Son pequeñas aletas, que se ubican en el borde de salida de los mandos primarios, pueden ser fijos o móviles. Los Tabs cumplen dos funciones importantes:

- **Tab auxiliar.**

- Contribuir en las maniobras de la superficie de mando.
- Complementa el trabajo de las superficies de mando.

- **Tab compensador:**

- Alivia el esfuerzo que realiza el piloto para mover los controles de vuelo

3.2.2.2 Mandos secundarios de vuelo.

La finalidad de estas superficies es aumentar el nivel de sustentación, reforzando los movimientos de los mandos primarios.

Existen dos tipos de mandos secundarios:

- **FLAPS:**

Son aletas aerodinámicas que se encuentran en el borde de salida del ala. Cumplen la función de aumentar el nivel de sustentación, por medio del aumento de la curvatura y superficie alar.

- **SLAT**

Son superficies secundarias, que se ubican solamente en el borde de ataque del ala o en la raíz del ala. Su finalidad es aumentar el ángulo de ataque para ganar sustentación.

3.2.3 Sistemas de operación de los controles de vuelo

Existen tres tipos de sistemas como son:

- **Cable:**

Este sistema está compuesto por:

- Cables.
- Poleas.
- Terminales.
- Guías.
- Tensores.
- Palancas.

- **Varilla.**

El sistema de varilla es muy similar al sistema de cables, consta de:

- Barra de Vaivén.
- Palanca acodada.
- Tubo de torque.

- **Mixto.**

La combinación de cable y varilla de movimiento recíproco se usa cuando resulta conveniente el uso de una combinación de ambos sistemas.

Tabla N° 3.1: Avioneta Pilatus Porter pc-6 ⁴

ESPECIFICACIONES	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Tripulación	1
Capacidad	9 pasajeros
Longitud	10,90m
Envergadura	15,87 m
Altura	3.20 m
Superficie alar	30.15 m ²
Peso vacío	1.400 kg
Planta Motriz	1 turbohélice Pratt & Whitney Canada PT6A-27
Hélices	Tripoli Hartwell HC-B3TN-3D.
RENDIMIENTO	
Velocidad nunca a exceder (Ven)	151 nudos (279,62 km/h)
Velocidad máxima operativa (Vino)	125 nudos (231,48 km/h)
Velocidad crucero (Vic)	119 nudos (220,36 km/h)
Techo de servicio	6.248,40 m (20.500 pies) con máxima carga

Fuente: Personal administrativo y técnico

Elaborado: Sebastián Guevara

⁴Aircraft maintenance manual(AMM), 06-00-00. Dimensiones y áreas, 2009.

TABLA 3.2: Peso y dimensiones de los controles de vuelo primarios ⁵

NOMENCLATURA	DIMENSIONES	PESOS
ALERONES		
Envergadura	76 pl.	8.8 lb
Cuerda	22.4 pl.	
Profundidad	10 pl.	
ELEVADORES		
Envergadura	97.5 pl.	14.3 lb
Cuerda	28.5 pl.	
Profundidad	6 pl.	
RUDDER		
Envergadura	87.5 pl.	14.B lb
Cuerda	30 pl.	
Profundidad	7plg	

Fuente: Personal administrativo y técnico

Elaborado: Sebastián Guevara

3.2.4. CONTROLES DE VUELO DE LA AVIONETA PILATUS PORTER PC-6 ⁶

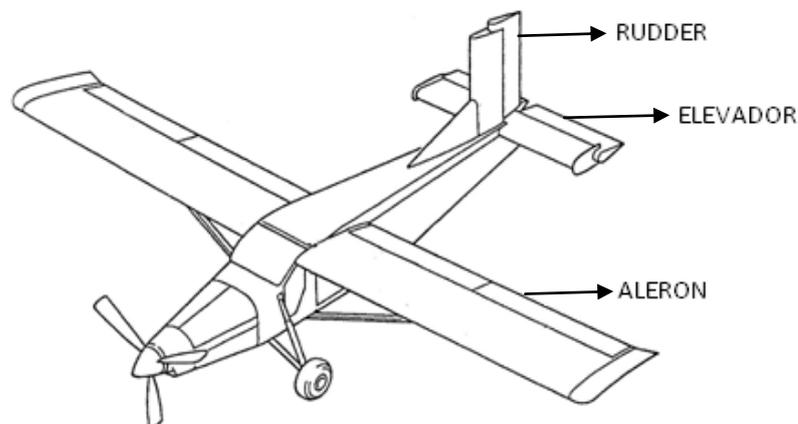


Figura 3.2: Controles de vuelo

⁵ Manual de reparación y overhaul (OHM), Chapter 10, 2005.

⁶ Aircraft maintenance manual (AMM), 27-12-11. Controles de vuelo , 2009

- **Alerones** ⁷

Los alerones son controlados desde la cabina cuando se mueve el bastón de mando hacia la derecha o hacia la izquierda, estos funcionan asimétricamente, es decir mientras un alerón sube el otro baja para así inclinar el avión.

Esta superficie de control de la avioneta Pilatus Porter PC-6 de la Unidad de Aviación de Petroecuador, están provistos de una barra de contrapeso, que se ubica en la mitad del cada alerón y sirve para balancear esta superficie.

Estos mandos de control se mueven mediante un sistema de operación mixto, es decir tienen cables y varillas para generar su movimiento desde la cabina por medio de la cabrilla o el bastón de mando.

- **Rudder** ⁸

El timón de dirección o rudder es accionado desde la cabina por medio de los pedales.

En la parte superior de esta superficie se encuentran ubicados los contrapesos, que tienen la forma de unas arandelas que al igual que la barra de contrapeso de los alerones, se usan para balancear las superficies de control.

El movimiento de esta superficie se produce, por medio de un tubo de torsión y cables que van conectados a los pedales, donde se genera el movimiento.

⁷ Aircraft maintenance manual (AMM) 27-10-00. Controles de vuelo, 2009.

⁸ Aircraft maintenance manual, (AMM) 27-20-00. Controles de vuelo, 2009

- **Elevadores** ⁹

Estas superficies de control, al igual que el timón de dirección, consta de unos contrapesos en forma de arandelas, estos contrapesos son hechos de plomo, se encuentran en las puntas de esta superficie.

El movimiento se produce desde la cabina en el bastón de mando, cuando se empuja o se hala el bastón, produciendo el ascenso y descenso de la nariz, dando origen a un movimiento llamado cabeceo.

Al igual que las otras superficies de control, la unión entre el bastón de mando con la superficie, es a través de cables, poleas y varilla.

Las tres superficies de control están provistas de tabas o aletas compensadoras móviles.

3.2.5 Equipo para balancear los controles de vuelo de la avioneta Pilatus.

Requerimientos para el equipo de balanceo¹⁰.

- Tiene que ser capaz de soportar el peso de cada uno de los alerones cuando estén montados en el equipo de balanceo.
- El equipo de balanceo tiene que ser rígido ya que si existe un ligero desnivel puede producir un balanceo incorrecto.
- La superficie del equipo tiene que ser regular es decir sin imperfecciones.
- Las dimensiones de la mesa dependerán de las distancias de los alerones
- Este equipo debe contar con una balanza para pesar la superficie.
- .

⁹ Aircraft maintenance manual, (AMM) 27-30-00. Controles de vuelo,2009

¹⁰ Manual de Overhaul y Reparación (OHM). Chapter 8, 2005.

3.2.6 Peso y balance de las superficies de control

¹¹ Balanceo de los alerones:

- Remover los alerones siguiendo los pasos del manual de mantenimiento, en la sección de controles de vuelo.
- Instalar la barra de contrapeso, el Tab y la varilla o push rod.
- Instalar el alerón sobre el equipo de balanceo.
- Colocar el Tab en posición neutral y asegurar la varilla con cinta adhesiva.
- Mover el alerón hasta un nivel, para chequear el balance.
- En caso de que el contrapeso este muy liviano se debe inyectar plomo líquido por el orificio de la barra de contrapeso.
- Verificar en la tabla de límites de pesos si el peso es satisfactorio según el número de parte del alerón.
- Instalar el alerón en la avioneta.

Tabla N° 4.1: límite máximo para peso del alerón¹²

Aileron Counterweight Maximum Limit		
Aileron Type	Counterweight type	
	111.45.08.001	6106.11
Aileron Part No. 6106.10/6106.0010.	Maximum: 2,2 Kg (4.85 lb)	Maximum: 2,4 Kg (5.06 lb)
Aileron Part No. 6106.34 / 6106.0034 / 119.99.06.555 and 119.99.06.556.	Maximum: 2,9 Kg (6.40 lb)	Maximum: 3,3 Kg (7.30 lb)

Fuente: Personal administrativo y técnico

Elaborado: Sebastián Guevara

¹¹ Aircraft maintenance manual (AMM) 27-00-00. Controles de vuelo, 2009.

¹² Aircraft maintenance manual (AMM) 27-00-00. Controles de vuelo, 2009.

Balanceo de los Elevadores¹³.

Para balancear estas superficies de vuelo se debe aplicar el siguiente procedimiento, el cual se encuentra detallado en el manual general de mantenimiento:

- Desconectar el sistema, es decir desconectar los cables
- Colocar los Tab en posición neutral.
- Si el contrapeso no es satisfactorio colocar más contrapesos al elevador.
- Los contrapesos tienen un peso máximo de 2.14kg (4.72lb).
- Una vez balanceado cada elevador conectamos el sistema.

Balanceo del Rudder¹⁴.

La aplicación del proceso para el desarrollo de los trabajos de peso y balance de estos controles es similar al de los elevadores, por lo que se debe aplicar el siguiente procedimiento:

- Desconectar el sistema, es decir desconectar los cables, solamente debe estar unido el Rudder a la barra de torsión.
- Colocar el Tab en posición neutral.
- Si el contrapeso no es satisfactorio colocar más contrapesos al elevador.
- Los contrapesos tienen un peso máximo de 1.8kg (3.97lb).
- Una vez balanceado el Rudder conectamos el sistema.

¹³ Aircraft maintenance manual (AMM) 27-00-00. Controles de vuelo, 2009.

¹⁴ Aircraft maintenance manual (AMM) 27-00-00. Controles de vuelo, 2009.

CAPÍTULO IV

PLAN METODOLÓGICO

4.1. Ejecución del plan metodológico.

Con el uso de la investigación de campo, se pudo conocer los procedimientos y equipos necesarios para realizar los trabajos de balanceo de los controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter, descritos en el marco teórico del presente trabajo de investigación.

¹⁵Los trabajos de peso y balance que se aplican a la avioneta Pilatus Porter, se los realiza cada 3500 horas o 7años, el fabricante denomina a esta inspección como Partial Overhaul. **(VER ANEXO A.4)**

¹⁶En la inspección de 7000 horas o 14años, el fabricante aconseja remover los alerones para realizar sus respectivos chequeos, el constructor designa a esta inspección como Complete Overhaul. **(VER ANEXO A.4)**

¹⁷ Según el manual de políticas y procedimientos de la unidad de aviación de PETROECUADOR, cumple con las condiciones del AOC, las Especificaciones Operacionales emitidas por la DGAC para PETROECUADOR, además implementa estándares y procedimientos recomendados que se utilizan en la industria aeronáutica.

Haciendo uso de la investigación bibliográfica – documental, se encontró información técnica acerca del equipo de balanceo, que recomienda el fabricante para realizar los trabajos de peso y balance de la avioneta PC-6.

¹⁵ Aircraft maintenance manual (AMM) 05: Límites de tiempo y chequeos de mantenimiento

¹⁶ Aircraft maintenance manual AMM) 05: Límites de tiempo y chequeos de mantenimiento

¹⁷ Manual de políticas y procedimientos (MPP), Capítulo 0

En el presente trabajo, el Universo está representado por la Unidad de Aviación de Petroecuador, la población es el personal que trabaja en la unidad de aviación y la muestra a ser investigada la conformaron 32 personas. Detalladas a continuación en la siguiente tabla, por lo tanto se tomó una muestra de 20 personas

Tabla N° 4.2: Universo, Población y muestra.

UNIDAD DE AVIACIÓN PETROECUADOR		
Personal Mantenimiento Aeródromo de Lago Agrio	Técnicos mantenimiento	15
Personal Mantenimiento Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre	Técnicos mantenimiento	12
	Pilotos de la avioneta PC-6	5
	TOTAL	32

Fuente: Personal administrativo y técnico

Elaborado: Sebastián Guevara

Interpretación general de resultados

Los datos que recoge la encuesta son de opiniones, experiencias pasadas y presentes de un equipo de trabajo, conformado por técnicos altamente preparados, que han desarrollado su trabajo en distintos lugares, conocedores del campo aeronáutico; afirman que es importante utilizar el equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

Los datos estadísticos de la encuesta son confiables, es decir ofrecen una consistencia en sus resultados, los mismos que han permitido constatar el problema que implica si no se realiza los procedimientos, para determinar el peso y el balanceo de las superficies de control de la avioneta Pilatus Porter PC-6.

Los resultados expuestos en la encuesta, dan a conocer que los equipos con los que cuenta actualmente la unidad de aviación, no son los adecuados para realizar los trabajos de balanceo, en las preguntas formuladas los técnicos están de acuerdo con la utilización del equipo.

El equipo de balanceo que posee actualmente la unidad de aviación de Petroecuador, no es el adecuado ya que se encuentra en malas condiciones lo que provoca un balanceo impreciso.

Según los manuales de mantenimiento y overhaul, el fabricante describe todas las características técnicas, que debe poseer el equipo de balanceo de controles de vuelo, estas características son referentes a las dimensiones y forma del equipo de balanceo. **(VER ANEXO A.5)**

La falta de un equipo de balanceo adecuado, para el desarrollo de los trabajos de peso y balance provoca:

- Pérdida de recursos.
- La avioneta tendrá que detener su operación por mas tiempo que el programado, lo que conlleva a una perdida de tiempo.
- Por el mal estado en el que se encuentra el equipo puede ocasionar accidentes al personal que opera este equipo.

Con la ayuda de la observación, se pudo establecer las falencias existentes al momento de realizar los trabajos de peso y balance, en las instalaciones de mantenimiento de la unidad de aviación de Petroecuador.

Se encontró un equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus PC-6 en el cual se realiza el balanceo de los alerones de mencionada avioneta, por las características que tienen las superficies de control de la avioneta PC-6, este equipo de balanceo no es el adecuado ya que se encuentra en malas condiciones

De igual forma con la ayuda de la observación, se pudo verificar que el manual de mantenimiento y overhaul del fabricante, recomienda realizar los trabajos de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6 Utilizando el equipo de balanceo.. **(VER ANEXO A.6).**

La encuesta se realizó a 27 técnicos, 5 pilotos que trabajan en los hangares del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre y el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio. **(VER ANEXO A.7)**

4.2. Análisis e interpretación de datos.

Con la inexistencia de un equipo de balanceo de controles de vuelo primarios para la avioneta Pilatus Porter, no se están cumpliendo con todas las normas operacionales que aconsejan el fabricante en el manuales de mantenimiento del avión, de reparación y overhaul, para el normal desarrollo de los procesos de los trabajos de balanceo, de las superficies de control de la avioneta PC-6.

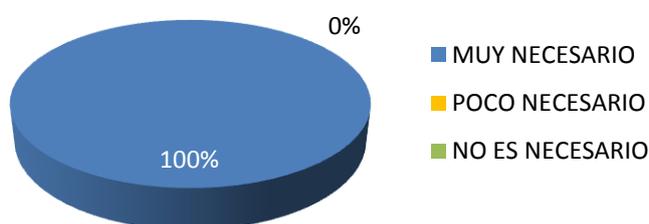
Para identificar la necesidad que tiene el departamento de mantenimiento, el mismo que está conformado por los técnicos que trabajan en la Unidad de Aviación de Petroecuador, con sede en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio, se realizó las siguientes preguntas:

PREGUNTA 1

- 1. ¿Cree usted que un equipo de balanceo de controles de vuelo es necesario, cuando se va a realizar una inspección mayor o en una reparación de la avioneta Pilatus Porter?**

Tabla N° 4.3: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUY NECESARIO	20	100%
POCO NECESARIO	0	0%
NO ES NECESARIO	0	0%
TOTAL	20	100%



Fuente: Encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Análisis

Se observa que el 100% es decir los 20 técnicos encuestados, manifiestan la importancia del equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6, cumpliendo con todos los requisitos que aconseja el fabricante en el manual de mantenimiento del avión.

Interpretación de resultados

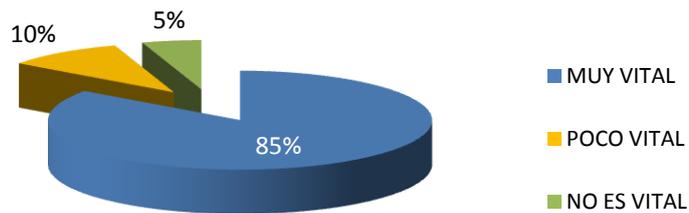
Luego de realizar la encuesta y tabulados los datos en los cuales se observó con gran claridad, que los técnicos que trabajan en departamento de mantenimiento de la Unidad de Aviación de Petroecuador, con sede en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y el de la ciudad de Lago Agrio, los encuestados afirman, que un equipo de balanceo de controles de vuelo es indispensable para realizar una inspección mayor o reparación a los alerones de la avioneta Pilatus Porter.

PREGUNTA 2

2. ¿Para usted es importante poseer una equipo de balanceo para la elaboración del peso y balance de los controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6?

Tabla N° 4.4: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUY VITAL	17	85%
POCO VITAL	2	10%
NO ES VITAL	1	5%
TOTAL	20	100%



Fuente: encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Análisis:

Se verifica que 17 técnicos corresponden al 85% determinan, que el equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6 es de suma importancia para la realización de los trabajos de peso y balance de las superficies de control, 2 técnicos equivalen a un 10% afirman, que es poco importante y únicamente el 5% que representa a 1 técnico indica que no es importante.

Interpretación resultados:

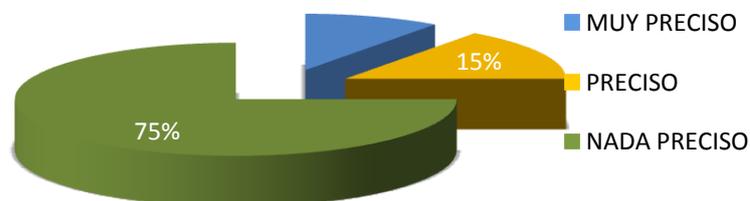
Es evidente que la mayoría de técnicos encuestados, en áreas de mantenimiento del hangar de Petroecuador en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre y el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio, afirman que es necesario realizar el trabajo de balanceo de los controles de vuelo por medio de un equipo de balanceo para las superficies de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

PREGUNTA 3

3. Realizar el peso y balance de los controles de vuelo por medio de otros procedimientos o equipos, pueden dar resultados.

Tabla N° 4.5: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUY PRECISOS	2	10%
PRECISOS	3	15%
NADA PRECISOS	15	75%
TOTAL	20	100%



Fuente: encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Análisis:

Se comprueba que 15 técnicos, confirman que realizar el peso y balance de los controles de vuelo, por medio de otros procedimientos no es la mejor opción, por lo tanto no es recomendable ya que no obtendremos resultados muy precisos.

El 15% de los encuadrados, que son 3 técnicos manifiestan que, realizar los trabajos de balanceo con otros equipos, puede dar resultados precisos, pero no tan satisfactorios ya que se tendrá un cierto margen de error. Dos técnicos que representan al 10% afirman los procedimientos utilizados actualmente son muy precisos.

Interpretación de resultados:

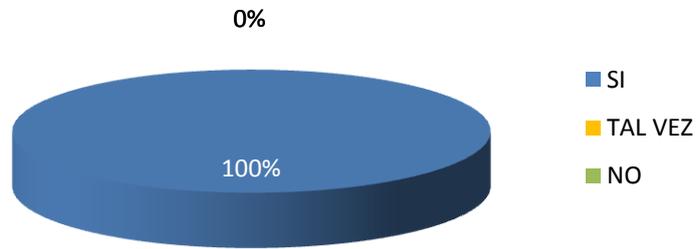
Los resultados que se pudo obtener en esta pregunta, da a conocer que los trabajos de balanceo que se realiza actualmente en la avioneta Pilatus Porter, no son los más convenientes, ya que por la inexistencia de este equipo la unidad de aviación tiene que contratar a otras empresas para realizar este trabajo, lo que implica gastos extras que la unidad no tiene planificado.

PREGUNTA 4

- 4. El manual de mantenimiento al momento de realizar una reparación o realizar una inspección mayor a la avioneta Pilatus Porter, da a conocer otra forma de balancear los controles de vuelo. ¿Cree usted que el equipo de balanceo ahorrará más tiempo y recursos que otros procedimientos que aconseja el manual?**

Tabla N° 4.6: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
TAL VEZ	0	0%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%



Fuente: encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Análisis:

Se observa que el 100% es decir los 20 técnicos encuestados, expresan que el equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus, ahorra más tiempo y recursos que otros procedimientos según el manual de mantenimiento.

Interpretación resultados:

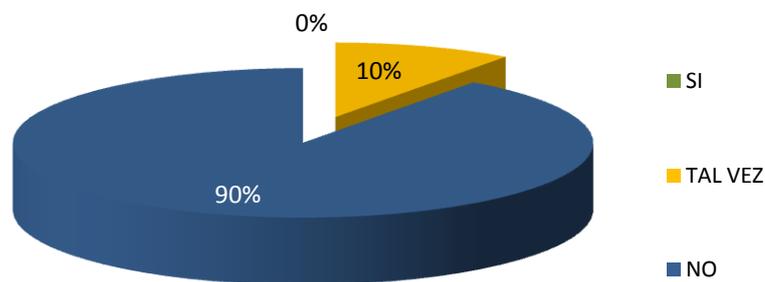
Todos los técnicos encuestados, tienen similitud en sus resultados, donde aseveran que al utilizar el equipo de balanceo de controles de vuelo, se optimiza tiempo y recursos en cada uno de sus procedimientos.

PREGUNTA 5

5. ¿Los procedimientos y equipos que tiene actualmente la unidad de aviación, son los necesarios para realizar un balanceo correcto, preciso y adecuado, para el normal funcionamiento de los controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter?

Tabla N° 4.7: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0%
TAL VEZ	2	10%
NO	18	90%
TOTAL	20	100%



Fuente: encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Análisis:

Se comprueba que 18 técnicos que corresponden a un 90% determinan, que el equipo actualmente utilizado no da resultados precisos, dos técnicos que equivalen al 10% afirman lo contrario.

Interpretación resultados:

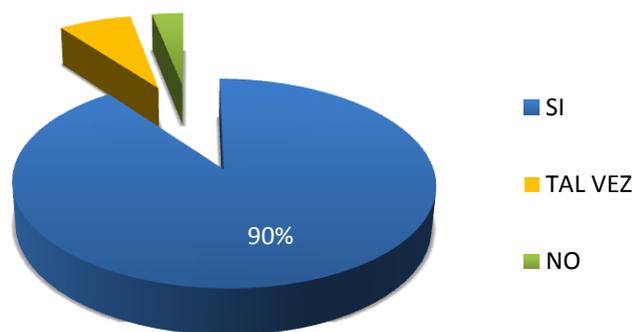
Es fundamental, utilizar un equipo balanceo de superficies de vuelo, que de resultaos precisos para un buen funcionamiento de la avioneta Pilatus Porter.

Análisis general de resultados

¿Es necesario la utilización de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatos Porter?

Tabla N° 4.8: Análisis de Resultados.

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	10	90%
TAL VEZ	7	7%
NO	3	3%



Fuente: encuesta a personal de mantenimiento

Elaboración: Sebastián Guevara

Los resultados generales de la encuesta aplicada a los investigados, se concluye, que es necesario y fundamental la utilización del equipo de balanceo en la avioneta Pilatus Porter.

4.3. Conclusiones y recomendaciones:

4.3.1 Conclusiones:

- Luego de haber aplicado el plan de investigación, se pudo concluir, que los trabajos de peso y balance que se realizan actualmente en el equipo de balanceo, que posee la Unidad de Aviación de Petroecuador, no es el indicado, ya que por las malas condiciones en las que se encuentra el equipo, no es posible realizar los trabajos de balanceo
- La información obtenida en la investigación documental y bibliográfica de los manuales de mantenimiento, permitieron establecer, que el equipo utilizado para la ejecución de los trabajos de peso y balance de controles de vuelo, no es el adecuado, lo que dificulta las actividades de mantenimiento.
- De la interpretación de los resultados obtenidos en la tabulación de la encuesta, se concluye, que la mejor alternativa es la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la Avioneta Pilatus Porter PC-6

4.3.2 Recomendaciones:

- Es prioritario, la implementación de un equipo de balanceo de controles de vuelo principales para la avioneta PC-6, con la finalidad de evitar la pérdida de recursos; ya que no se suspenderá por mucho tiempo las operaciones de la avioneta, por los trabajos de balanceo de los alerones. También se podrá evitar accidentes, provocados por un mal balanceo de los alerones, por tal razón se recomienda la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo, dando

una solución concreta al problema que se plantea al inicio del presente trabajo de investigación.

- Durante el desarrollo de este trabajo, se pudo encontrar la información necesaria, para la fabricación de este equipo que será de beneficio para la sección de mantenimiento de la Unidad de Aviación de Petroecuador.

- Con la investigación realizada y la información obtenida, es aconsejable la implementación de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6 con la finalidad de incrementar con un nuevo equipo, al departamento de mantenimiento de la Unidad de Aviación.

Tema:

**Construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo
para la avioneta Pilatus Porter PC-6**

CAPÍTULO V

FACTIBILIDAD

5.1. Factibilidad técnica

El presente trabajo de investigación, arrojó como resultado que es factible la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6, puesto que se cuenta con los materiales, taller y equipos necesarios para la construcción de este equipo.

5.2. Factibilidad legal ¹⁸

145.109 REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS, MATERIALES Y DATOS.

A menos que la DGAC prescriba lo contrario, una estación de reparación certificada tiene que tener el equipo, herramienta y material necesario para realizar el mantenimiento preventivo o alteraciones de acuerdo a su certificado de estación de reparación y especificaciones operacionales, de conformidad con la Parte 43.

Los equipos, las herramientas, los materiales tienen que estar localizados en las instalaciones, bajo el control de la estación de reparación cuando se realice el trabajo;

¹⁸ Recopilación de derecho Aeronáutico. Tomo II - TMAE

5.3. Factibilidad de apoyo

Para la construcción del equipo de balanceo, se cuenta con el respaldo de los técnicos, ya que este personal ha trabajado varios años en la avioneta Pilatus Porter. Con sus sugerencias, contribuyen al desarrollo de este proyecto, para la etapa de construcción de este equipo se utilizará las herramientas de la unidad de aviación de Petroecuador, ya que cuentan con equipos y herramientas de construcción del equipo de balanceo.

5.4. Recursos:

5.4.1. Recursos humanos.

El recurso humano para el desarrollo del presente trabajo de investigación, está compuesto por el personal de apoyo que permitirá ejecutar la investigación:

Tabla N° 5.1: Recurso humano

Numero	Recursos	Designación
1	Sebastián Guevara	Investigador
2	Sgop. Tec. Avc. Ing. Washington Molina	Asesor

Fuente: Consejo de carreras

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

5.4.2. Recurso técnico

Forman parte de los recursos técnicos, la documentación que sirven de base para la elaboración del proyecto, entre ellos se encuentran:

- Manuales de mantenimiento y overhaul.
- Referencias de los técnicos.
- Diccionario de Inglés Técnico Aeronáutico.

5.4.3. Recursos económicos

Los recursos económicos, son quizá los más importantes para el desarrollo de este proyecto, porque se tiene que adquirir varios materiales para la elaboración del proyecto, cabe indicar que el costo que demande este proyecto, será financiado en su totalidad por el autor.

5.5. Presupuesto

Tabla N° 5.2: Presupuesto primario para la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter pc-6

MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Plancha de tool galvanizado	2.40m x 1.20m x 15mm	2 und	50.38	100.76
Tubo cuadrado galvanizado	6m x 1 ½" x 1.5mm	3 und	24.66	73.98
Tubo cuadrado acero negro	6m x 2" x 1.5mm	1 und	25.80	25.80
Electrodos	60-11;	2 Lb	2.60	5.20
Lija 150		2 und	1.50	3.00
Tornillo sin fin	80cm	1 und	50.00	50.00
Pernos	5/8 x 4 plg	6 und	6.60	39.60
Remaches poff	3/16" x 1 ½"	10 und	0.12	1.20
Volante		1 und	30.00	30.00
Balanza		1 und	60.00	60.00
Pintura sintética automotriz		1 lt	20	20.00
Fondo epóxido		1 lt	25	25.00
Tiñer		3lt	1	3.00
Video				150.00
TOTAL GASTOS \$:				586,54

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

Tabla N° 5.3: Presupuesto secundario para la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter pc-6

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Pago aranceles Derecho de grado			120.00
Anillado	3 und	5	15.00
Cartucho de tinta	2 und	45.00	90.00
Copias	300	0.02	6.00
Empastado	3 und	10	30.00
Internet	10 horas	0.50	5.00
Material de oficina			20.00
Movilización	2 viajes por mes	10.00	120.00
RESMA	2	5.00	10.00
TOTAL GASTOS \$:			416.00

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

Tabla N° 5.4: PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

COSTOS	VALOR TOTAL \$
COSTO PRIMARIO	586.54
COSTO SECUNDARIO	416.00
TOTAL GASTOS \$:	1002.54

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara.

5.6. CRONOGRAMA

TIEMPO ACTIVIDADES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación del Anteproyecto	X	X	X																	
Recopilación de datos				X	X	X	X													
Desarrollo de la factibilidad						X	X	X	X											
Construcción del equipo de balanceo								X	X	X	X									
Informe de avance 100%												X								
Entrega de ejemplar													X							
Pre defensa del proyecto														X	X					
Entrega de ejemplares																X				
Designación tribunal																	X			
Entrega de original calificado x tribunal																		X		
Declaración de acto para la defensa																			X	
Defensa oral del proyecto																				X
Entrega de ejemplares empastados																				X

JUAN SEBASTIÁN GUEVARA VILLALBA
INVESTIGADOR

WASHINGTON MOLINA
SGOP. TEC. AVC.
DIRECTOR DEL PROYECTO

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE FACTIBILIDAD

6.1. Antecedentes

Mediante la investigación aplicada, se determinó que la unidad de aviación de Petroecuador, no dispone de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6, que presta servicios de transporte aéreo en el Oriente.

Los trabajos de peso y balance, se realizan en un equipo de balanceo, que se encuentra en malas condiciones lo que no garantiza un trabajo adecuado.

El mal estado del equipo de balanceo que posee actualmente la unidad de aviación es impreciso, por lo que puede provocar un accidente.

6.2. Justificación

La carencia de un equipo de balanceo de controles de vuelo primarios, dificulta los trabajos de peso y balance de las superficies de vuelo, convirtiéndose en un factor de riesgo, que impide que las actividades de mantenimiento se desarrollen de manera eficiente, luego de aplicar el proceso de investigación, es necesario que la empresa cuente con un equipo de balanceo de controles de vuelo adecuado, para la realización de estas tareas, en este sentido resulta elemental la construcción del equipo balanceo.

6.3. Objetivos

6.3.1. Objetivo general:

Construir un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta Pilatus Porter PC-6 de la Unidad de Aviación de Petroecuador.

6.3.2. Objetivos específicos

- Ejecutar un estudio técnico para la construcción de un equipo de balanceo de controles de vuelo para la avioneta PC-6.
- Diseñar la estructura del equipo de balanceo
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento conjuntamente con las hojas de registro.
- Construir el equipo de balanceo.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.

6.4. Alcance

Mediante la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter, se optimizará tiempo y recursos en los trabajos de balanceo de las superficies de control, conjuntamente con las actividades de mantenimiento respectivas.

El equipo de balanceo, será de fácil utilización para el personal de mantenimiento de Petroecuador que trabaja en el Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio, donde la avioneta Pilatus presta sus servicios.

6.4.1. Marco teórico.

6.4.2. Soldadura

Consiste en la unión de varios metales por uno o varios puntos, aplicando calor en las partes que se desea unir.



Figura N°6.1: Soldadura

6.4.3. Estructuras simétricas en pórticos con soportes fijos.¹⁹

- Ecuaciones de reacciones y momentos de la estructura.
- Carga vertical uniformemente repartida sobre una viga.
- Carga vertical uniformemente repartida sobre la parte central de una viga.

6.5. Equipo de balanceo de controles de vuelo

- **Balance Test bench**

En el manual de mantenimiento del fabricante, aconseja la utilización de un equipo de balanceo donde realizara el peso y balance de los alerones, mientras que para los elevadores como también para el rudder recomienda balancear estas superficies instaladas en la avioneta con el sistema desconectado.

¹⁹ Valerian Leontovich - Pórticos y Arcos. Anexo B

La avioneta Pilatus Porter, no cuenta con un equipo de balanceo, por lo que el fabricante recomienda que se construya el equipo de balanceo para mayor seguridad, por lo que esta alternativa consiste en reemplazar las piezas dañadas o repararlas, cabe recalcar que en su mayoría la madera usada para este equipo esta húmeda y trisada.

- **Equipo de balanceo de la Unidad de Aviación de Petroecuador**

Actualmente la unidad de aviación cuenta con un equipo para el peso y balance de los alerones, pero por las condiciones en las que se encuentra el mencionado equipo está fuera de servicio.

Este equipo fue usado hace mucho tiempo, no se han realizado mantenimientos oportunos, razón por la cual se encuentra deteriorado, encontrándose actualmente fuera de servicio. Figura 6.2



Figura N°6.2: Equipo de balanceo

6.6. Planteamiento y estudio de alternativas

6.6.1. Planteamiento de alternativas.

Del análisis de equipos realizado en la sección anterior podemos determinar dos alternativas:

- Actual equipo de balanceo de controles de vuelo
- Equipo de balanceo.

Estudio Técnico

Primera alternativa

Test bench

El equipo que se utiliza para realizar las pruebas, se encuentra en mal estado, debido al clima cálido húmedo se encuentra fuera de servicio, debido al clima húmedo, la madera en su totalidad está destruida, obligando a reemplazar varias partes importantes del equipo, como son los soportes en donde se apoya la superficie de control

Debajo de la superficie del equipo, se encuentran dos soportes de madera que no permiten que el equipo pandee cuando el control de vuelo está instalado, adicionalmente a esto no existen planos de este equipo, ya que fue construido hace mucho tiempo. En este equipo hace falta una balanza para pesar la superficie de vuelo. Figura 6.3.



Figura N° 6.3: Test bench

Segunda alternativa

Equipo de balanceo de controles de vuelo

Este equipo consta de una estructura metálica en la que se ensamblan los soportes para las superficies de control, para dar movimiento al soporte móvil, el mismo que esta unido a un tornillo sin fín. Este equipo es más resistente a las condiciones climáticas, la realización de su mantenimiento no consta de periodos muy largos. Figura 6.4.

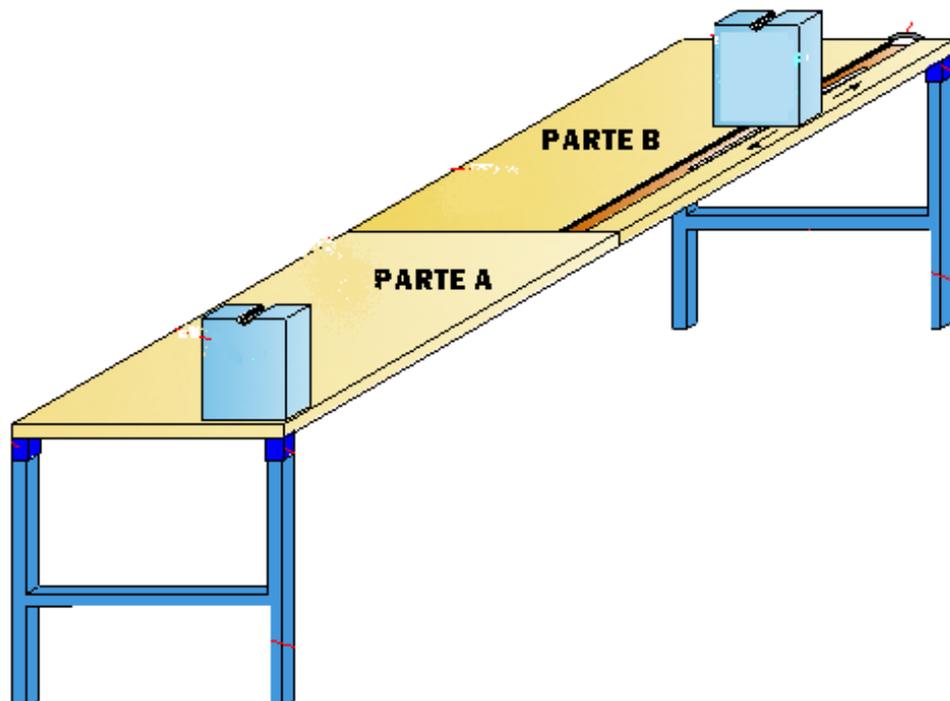


Figura N° 6.4: Equipo de balanceo de controles de vuelo

6.6.2. Estudio de alternativas.

Para ejecutar el estudio de alternativas se considera las ventajas y desventajas de cada alternativa planteadas, con la finalidad de seleccionar la mejor opción:

Primera alternativa:

Tabla N°6.1: Primera alternativa.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
» Está ubicado en El Aeropuerto de la ciudad de Lago Agrio.	» En su mayoría la madera está dañada y húmeda » Esta fuera de servicio. » No existen planos de su diseño. » En caso de reconstruir este equipo por las condiciones climáticas, la madera nuevamente se va a dañar y tendríamos que cambiar las piezas otra vez, lo que implica mayor costo económico.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

Segunda alternativa:

Tabla N° 6.2: Segunda alternativa.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">» Su mantenimiento es sencillo.» La estructura y los soportes metálicos no son muy complejos para construir.» Este equipo cuenta con una balanza para pesar la superficie de control.» Con la ayuda de un tratamiento anticorrosivo se podrá impedir ataques de corrosión.	<ul style="list-style-type: none">» Una vez construido el equipo de balanceo, se tendrá que trasladar el equipo de balanceo al hangar de la ciudad de Lago Agrio.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

6.6.3. Parámetros de evaluación.

De igual forma el estudio técnico para la evaluación se tomarán en cuenta las ventajas y desventajas, la alternativa que obtenga mayor puntaje será la seleccionada.

Los parámetros de evaluación escogidos se dividen en tres factores:

- Mecánico.
- Económico.
- Complementario.

Factor mecánico:

- Construcción.
- Facilidad de operación y control.
- Mantenimiento.
- Material.
- Operación.
- Transporte.

Factor económico:

- Costo de construcción.

Factor complementario:

- Tamaño.
- Forma.

A Continuación se describirá cada parámetro:

Factor Mecánico:

- **Construcción:**

El equipo a construir, no debe ser complicado de fabricar, razón por la que, cada parte por construir debe cumplir con las características mecánicas, obteniendo resultados satisfactorios.

- **Facilidad de operación y control:**

La finalidad que tiene la construcción de un equipo de balanceo, es garantizar los procesos de los trabajos de peso y balance de los alerones, evitando accidentes en la avioneta, utilizando el equipo adecuado, los trabajos que se realicen serán seguros y confiables.

- **Mantenimiento:**

Para conservar el equipo en buenas condiciones, se debe realizar mantenimientos, con el objetivo de alargar su vida útil y posteriormente no presente fallas en su funcionamiento.

- **Material:**

Es fundamental la selección del material a utilizar en la fabricación, con su debida justificación, los mismos que serán de beneficio en la construcción y funcionamiento del equipo de balanceo de los alerones.

- **Operación:**

El equipo que se fabrica no debe ser muy complicado de operar.

- **Partes del equipo:**

Se refiere a los componentes que debe tener el equipo, para realizar el balanceo de controles de vuelo.

Factor económico:

- **Costo de construcción:**

Al momento de seleccionar la alternativa correcta, este factor será de gran importancia, ya que se debe escoger la opción más económica y eficiente.

Factor complementario:

- **Tamaño:** Se refiere al área física ocupada por el equipo.

- **Forma:** El diseño de cada una de sus partes.

6.6.4. Matriz de evaluación y decisión

Los valores X dependerán de la importancia del parámetro y su valor de ponderación, este valor estará entre $0 < X < 1$

Las alternativas, serán evaluadas en base a los parámetros, ventajas, desventajas, la alternativa con mayor puntaje será la escogida, las alternativas tendrán un calificación entre 0 y 1.

Tabla N° 6.3: Matriz de evaluación y decisión:

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	F. POND X	ALTERNATIVAS			
		1	1x	2	2x
Construcción	0,2	3	0,6	4	0,8
Facilidad de operación y control	0,05	3	0,15	5	0,25
Mantenimiento	0,05	2	0,1	5	0,25
Material	0,2	2	0,4	5	1
Partes del equipo	0,1	1	0,1	5	0,5
Operación	0,1	4	0,4	5	0,5
Costo de fabricación	0,2	2	0,4	5	1
Tamaño	0,05	3	0,15	3	0,15
Forma	0,05	4	0,2	5	0,25
TOTAL	1		2,5		4,7

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

6.6.5. Selección de la mejor alternativa.

Una vez realizado el estudio técnico, el análisis de alternativas y la evaluación de parámetros, se pudo obtener como resultado que la segunda alternativa es la seleccionada, ya que resulta más conveniente la fabricación de un nuevo equipo de balanceo.

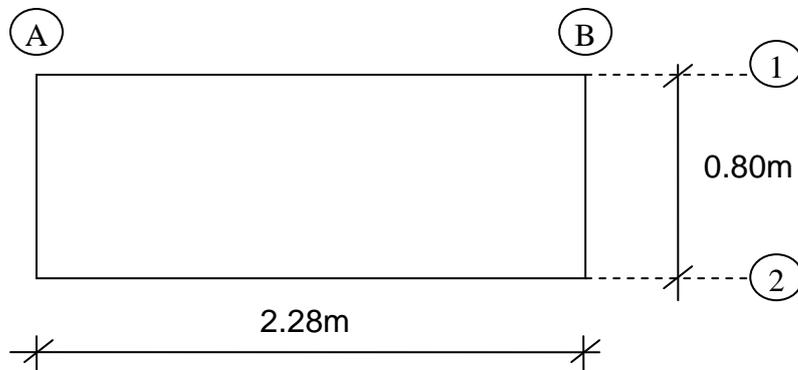
6.7. Requerimientos técnicos

Diseño y estructura del equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter pc-6

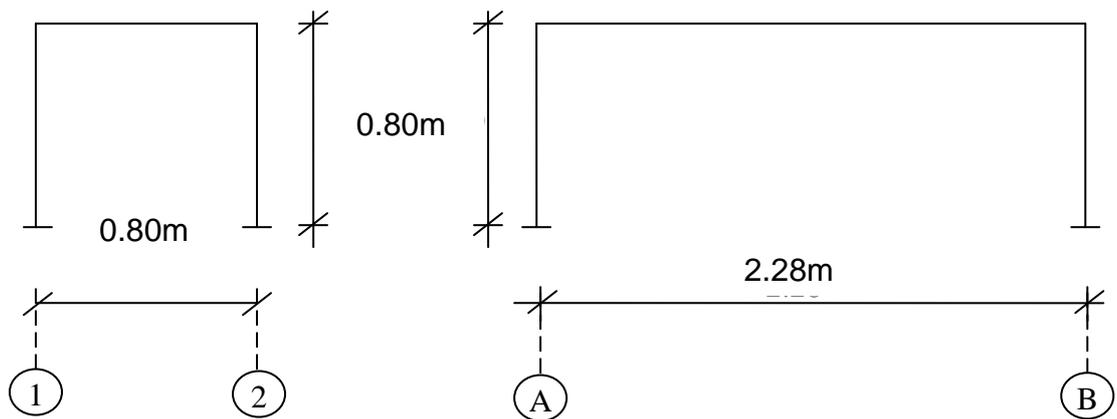
1. DIMENSIONAMIENTO

Para poder elaborar el equipo de balanceo primeramente se dimensionó la misma en base al requerimiento, cuyas medidas adoptadas son:

Planta



Elevaciones:



Vista Lateral

Vista Frontal

Figura N°6.5: Dimensionamiento del equipo de balanceo.

2. Estados de carga asumidas

Para diseñar el equipo de balanceo se imponen las cargas requeridas que estarán soportando la misma y así pre diseñar sus elementos.

Peso del alerón 8.8 libras. Total que repartido su montaje en toda la mesa cuya área es: $2.28 \times 0.80 = 1.82 \text{ m}^2$ sería $8.8 \text{ lbs.} \div 1.82 \text{ m}^2 = 4.84 \text{ lbs./m}^2$

Entonces, si $1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lbs.}$ Sería que 4.84 lbs. es igual a 2.2 Kg/m^2 para trabajar en kilos.

Cargas asumidas

- Peso de alerón por m^2	=	2.2. Kg/m^2
- Peso propio de la mesa	=	5.0 kg/ m^2
- Cargas externas adicionales	=	5.0 kg/ m^2
TOTAL	=	12.20 kg/ m^2
CARGA TOTAL ASUMIDA (W_T)	=	12.12 kg/ m^2

Áreas cooperantes:

a) Sentido longitudinal

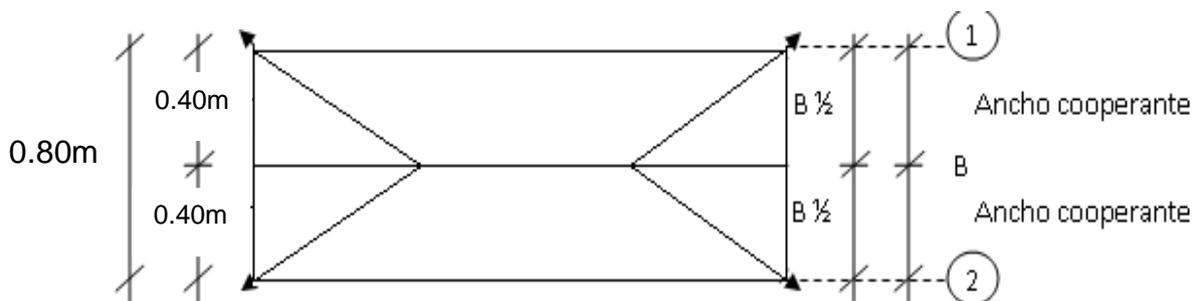
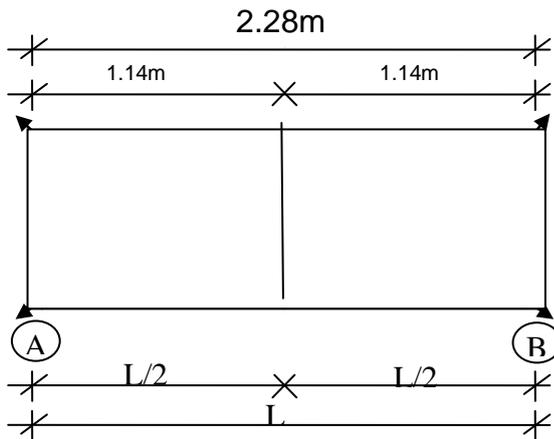


Figura N°6.5: Áreas cooperantes sentido longitudinal

Por lo tanto los pórticos (1) y (2) son simétricos y se podrá diseñar cualquiera.

b) Sentido Transversal



De igual manera, los pórticos A y B serían similares y se podrá diseñar cualquiera.

Figura N°6.6: Áreas cooperantes sentido transversal

DISEÑO ESTRUCTURAL

Una vez determinadas las cargas que soportaría la estructura del equipo de balanceo, se hará el diseño estructural, los mismos que se han adoptado de una investigación, tomando como referencia el método de cálculos del libro de análisis estructuras de Pórticos y Arcos de Valerían Leontovich.

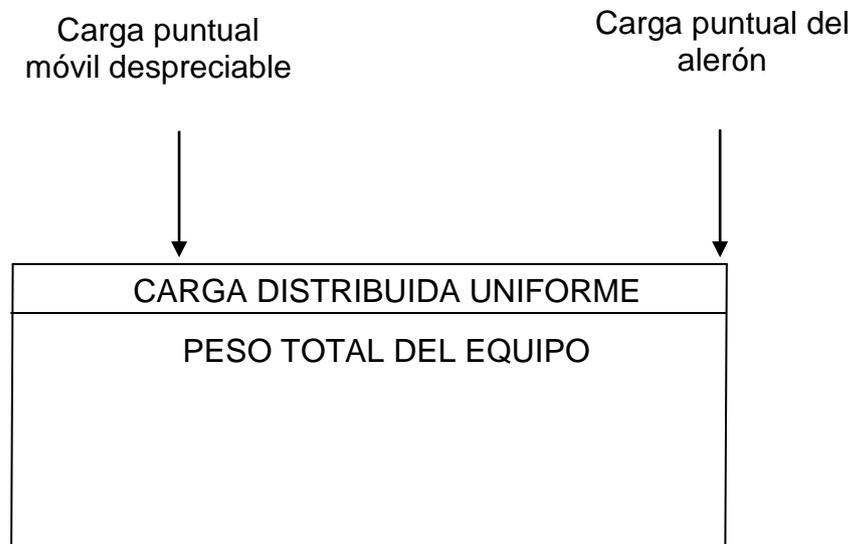


Figura N°6.7: Carga distribuida uniforme.

NOTA:

La carga puntual del alerón es pequeña, por lo tanto es despreciable, finalmente se concluye que, como las dos cargas puntuales son pequeñas son despreciables se asume una sola carga distribuida para el diseño.

Aplicación de fórmulas:

a) Pórtico en sentido longitudinal

W = carga vertical uniformemente repartida

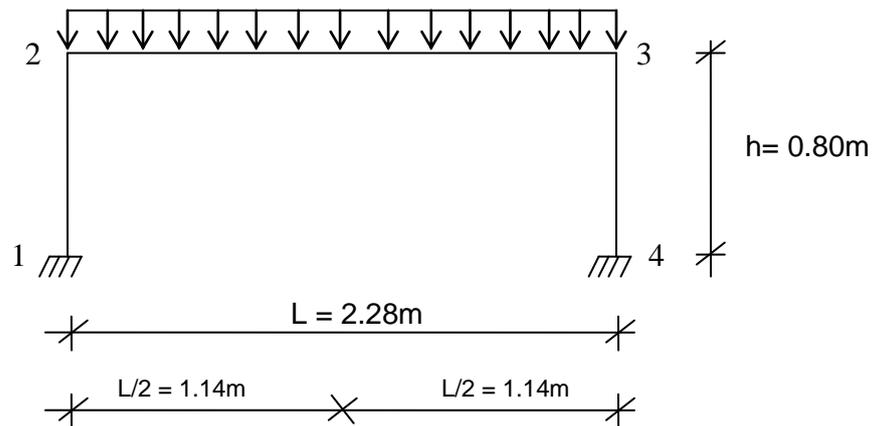


Figura N°6.8: Pórtico en sentido Longitudinal

NUESTRO CASO

$$W' = W_T \times \text{ancho cooperante} \quad (6.1)$$

$$W' = 12.12 \text{ kg/m}^2 \times 0.40 \text{ m}$$

$$W' = 4.85 \text{ kg/m}$$

$$W = W' \times L \quad (6.2)$$

$$W = 4.85 \text{ KG/m} \times 2.28 \text{ m}$$

$$W = 11.058 \text{ KG} = 0.011 \text{ Ton}$$

CONSTANTES DE LA ESTRUCTURA

$$\phi = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} \cdot \frac{L}{n} \quad \text{Inercia asumida} = 1 \quad (6.3)$$

$$\phi = \frac{1}{1} \times \frac{2.28\text{m}}{0.80\text{m}} = 2.85$$

$$D = 2 \left(1 + \frac{6}{\emptyset} \right) \qquad F = 6 \left(2 + \frac{1}{\emptyset} \right) \qquad (6.4)$$

$$D = 2 \left(1 + \frac{6}{2.85} \right) \qquad F = 6 \left(2 + \frac{1}{2.85} \right)$$

$$D = 6.21 \qquad F = 14.10$$

$$M_1 = M_4 = \frac{WL}{F} \qquad (6.5)$$

$$M_1 = M_4 = \frac{11.058 \text{ (kg)} \times 2.28 \text{ (m)}}{2 \times 14.10} = 0.89 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = M_3 = - \frac{WL}{F} \qquad (6.6)$$

$$M_2 = M_3 = - \frac{11.058 \times 2.28}{14.10} = -1.78 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$X = \text{La mitad} = 1.14 \text{ m}$$

$$M_x = \frac{w_x}{2} \left(1 - \frac{x}{L} \right) + M_2 \qquad (6.7)$$

$$M_{(1.14)} = \frac{11.058 \text{ kg} \times 1.14 \text{ m}}{2} \left(1 - \frac{1.14 \text{ m}}{2.28 \text{ m}} \right) + (-1.78 \text{ kg} \cdot \text{m})$$

$$M_{(1.14)} = 1.37 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$H_1 = H_4 = \frac{3M_1}{N} \qquad (6.8)$$

$$H_1 = \frac{3 \times 0.89 \text{ kg} \cdot \text{m}}{0.80 \text{ m}} = 3.33 \text{ kg}$$

$$V_1 = V_4 = \frac{w}{2} \qquad (6.9)$$

$$V_1 = \frac{11.058 \text{ kg}}{2} = 5.52 \text{ kg}$$

DIAGRAMA DE MOMENTOS

Signos

(+) = Hacia adentro

(-) = Hacia afuera

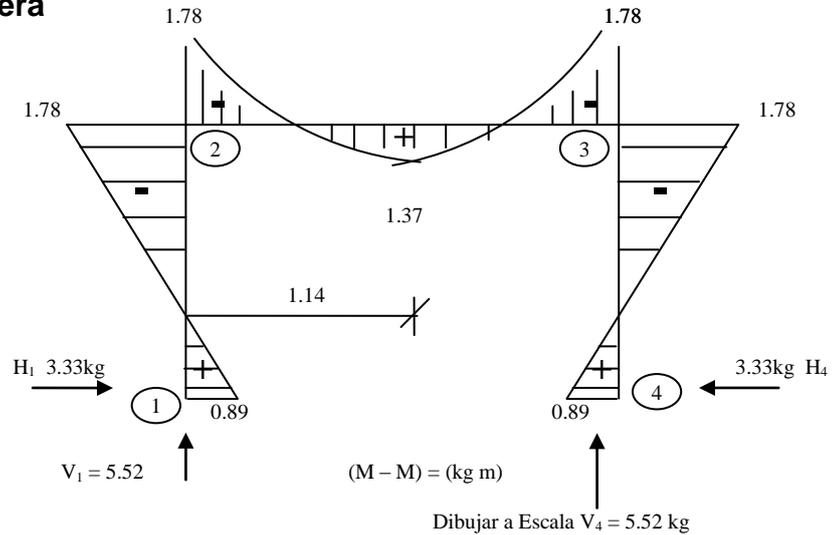


Figura N°6.9: Diagrama de momentos

Tabla N° 6.4: Significado de símbolos de las formulas.

W	Modulo resistente
W'	Carga asumida
W_T	Carga total asumida
∅	Constantes de la estructura.
D	Constantes de la estructura.
F	Constantes de la estructura.
M₁	Momento del pórtico en punto de apoyo.
M₂	Momento en el nudo (unión viga, columna).
M_x	Momento flector, en el centro de la viga.
H₁	Fuerzas horizontales de empuje.
V₁	Fuerzas verticales de apoyo.
σ	Esfuerzo de trabajo de acero
f_a	Esfuerzo de fluencia del acero

b) PÓRTICO EN EL SENTIDO TRANSVERSAL

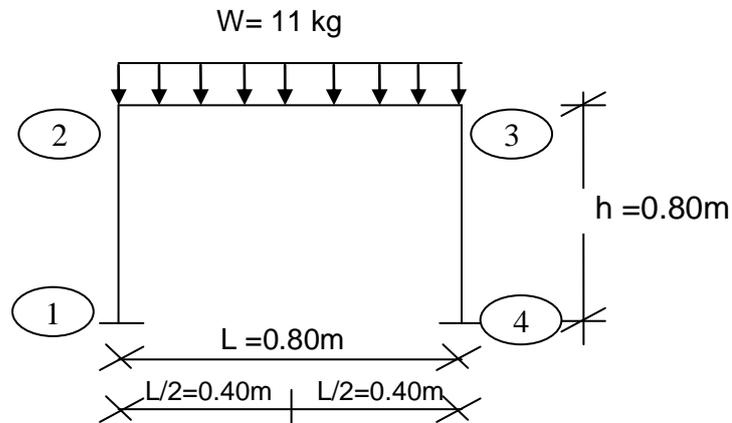


Figura N°6.10: Pórtico en sentido transversal

$$W' = W_T \times \text{Arco cooperate} \quad (6.1)$$

$$W' = 12.12 \text{ kg/m}^2 \times 1.14\text{m}$$

$$W' = 13.81 \text{ kg/m}$$

$$W = W' \times L \quad (6.2)$$

$$W = 13.81 \text{ kg/m} \times 0.80 \text{ m}$$

$$W = 11.05 \text{ kg}$$

Constantes de la estructura

$$\phi = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} \cdot \frac{L}{n} \quad (6.3)$$

$$\phi = 1 \cdot \frac{L}{n} = 1 \cdot \frac{0.80}{0.80} = 1$$

$$D = 2 \left(1 + \frac{6}{\phi} \right) \quad (6.4)$$

$$D = 2 \left(1 + \frac{6}{1} \right) = 14$$

$$F = 6 \left(2 + \frac{1}{\phi} \right) \quad (6.4)$$

$$F = 6 \left(2 + \frac{1}{1} \right) = 18$$

$$M_1 = M_4 = \frac{W \cdot L}{2F} \quad (6.5)$$

$$M_1 = M_4 = \frac{11.05 \text{ kg} \times 0.80\text{m}}{2 \times 18} = 0.245 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = M_3 = -\frac{W \cdot L}{F} \quad (6.6)$$

$$M_2 = M_3 = -\frac{11.05\text{kg} \times 0.80\text{m}}{18} = -0.49 \text{ kg.m}$$

$$M_x = \frac{W \cdot x}{2} \left(1 - \frac{x}{L}\right) + M_2 \quad (6.7)$$

$$x = 0.40\text{m}$$

$$M_x = \frac{11.05\text{kg} \times 0.40\text{m}}{2} \left(1 - \frac{0.40\text{m}}{0.80\text{m}}\right) + (-0.49\text{kg.m})$$

$$M_x = 0.615 \text{ kg.m}$$

$$H_1 = H_4 = \frac{3M_1}{h} \quad (6.8)$$

$$H_1 = \frac{3 \times 0.245 \text{ kg.m}}{0.80\text{m}} = 0.918 \text{ kg}$$

$$V_1 = V_4 = \frac{W}{2} \quad (6.9)$$

$$\frac{11.05\text{kg}}{2} = 5.52 \text{ kg//}$$

DIAGRAMA DE MOMENTOS

(+) = Hacia adentro

(-) = Hacia afuera

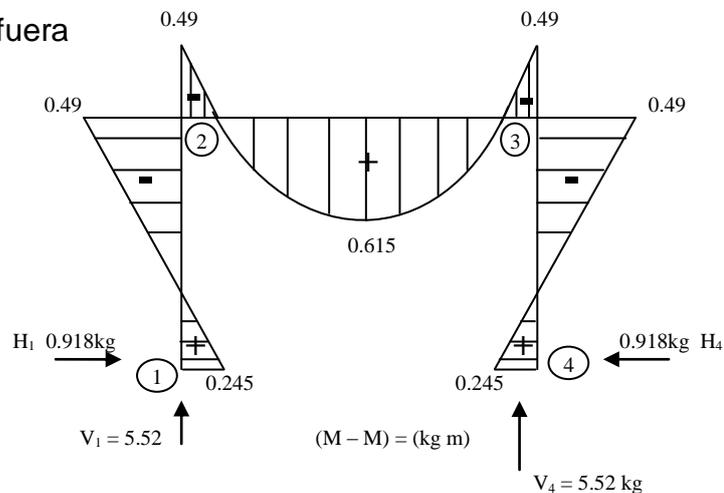


Figura N°6.11: Diagrama de momentos

Diagrama comparativo

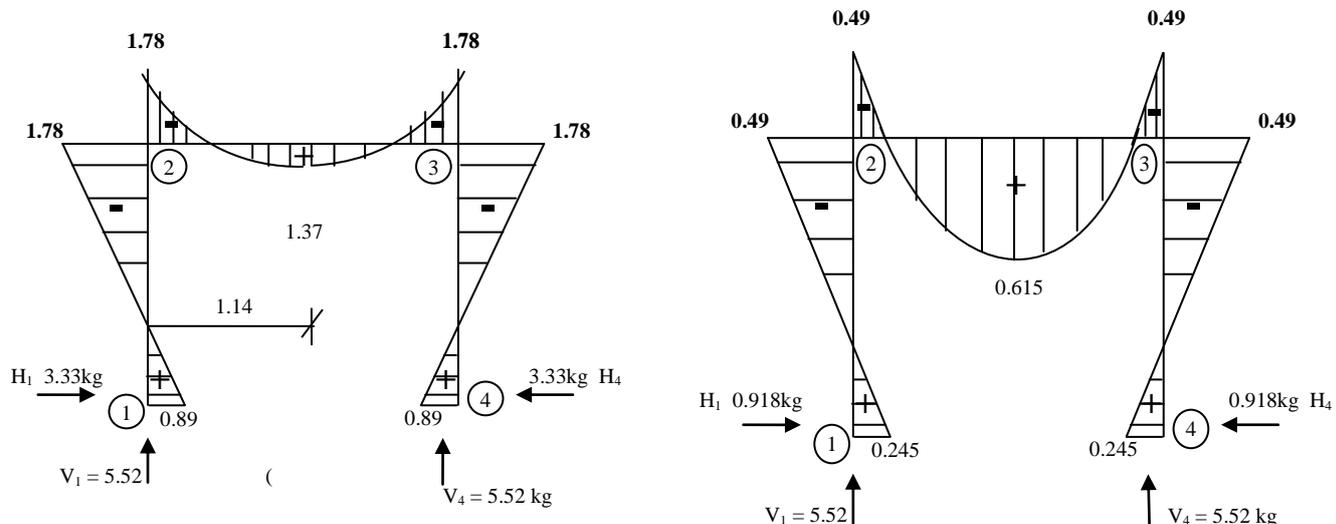


Figura N°6.12: Diagrama comparativo

NOTA: Una vez analizados los dos pórticos en los dos sentidos longitudinal y transversal se realizó una comparación y se utilizó el momento más alto para el pre diseño de los materiales a elegir y construir.

Momento de Diseño: 1.78 kg.m que es en los nudos (2) y (3) lo más crítico

DISEÑO DE ELEMENTOS METÁLICOS

Formula de esfuerzos:

- Para vigas $P = 0$ carga axial es despreciable $\rightarrow \frac{P}{A}$

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M.C}{I} \tag{6.10}$$

$$W = \frac{I}{c} \quad ; \quad \frac{\text{Inercia de la sección}}{\text{Distancia desde eje neutro al punto más tensionado}} \tag{6.11}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \Rightarrow \quad W = \frac{M}{\sigma} \tag{6.12}$$

$$(W) \text{ Módulo de resistencia} = \frac{(M) \text{ Momento de cálculo}}{(\sigma) \text{ Esfuerzo de trabajo del acero}}$$

- Esfuerzo de trabajo de acero A 36 = 60% del esfuerzo de fluencia del acero.

$$f_a = 0.60 \cdot f_g \quad (6.13)$$

- Acero A-36 (perfiles) = $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$f_a = 0.60 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO RESISTENTE

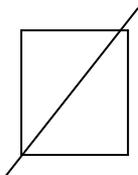
$$W = \frac{M}{f_a} \quad (6.12)$$

$$W = \frac{M}{1440 \text{ kg/cm}^2}$$

$$W = \frac{1.78 \times 10^{-3} \text{ T.m}}{1440 \text{ kg/cm}^2} = \frac{1780 \text{ kg.cm}}{1440 \text{ kg/cm}^2}$$

$$W = 1.236 \text{ cm}^3$$

Si adoptamos de la tabla de perfiles un tubo cuadrado



$$1 \frac{1}{4} \times 1.2 \text{ mm}$$

$$A = 1.39 \text{ cm}^2$$

$$\text{Módulo resistente } W = 1.28 \text{ cm}^3$$

Realizamos una comprobación para verificar como se comportaría este material, haciendo uso de la fórmula de esfuerzos permisibles

$$\frac{P/A}{\sigma a} + \frac{M/W}{\sigma a} \leq 1 \quad (6.13)$$

$$P = V = 5.52 \text{ Kg.}$$

$$\frac{5.52 \text{ kg}/1.39\text{cm}^2}{1440 \text{ kg/cm}^2} + \frac{1780\text{kg} \cdot \text{cm}/1.28\text{cm}^3}{1440 \text{ kg/cm}^2} \leq 1$$

$$2.75 \times 10^{-3} + 9.65 \times 10 \leq 1$$

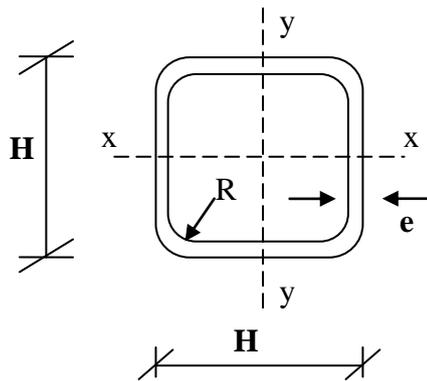
$$0.9684 \leq 1 \text{ ok.}$$

Una vez aplicada la fórmula se pudo obtener como resultado, que el tubo cuadrado de 1 ¼ plg x 1.2mm puede soportar las cargas asumidas del equipo de balanceo ya que $0.9685 \leq 1$.

Por efectos constructivos como:

- El equipo de balanceo tiene que ser desarmable, para tener mayor facilidad de movilización.
- En la parte longitudinal se hace necesario dividir en dos piezas por facilidad de transportación
- Por manipulación de la misma es necesario reforzar las paredes con el fin de evitar oxidaciones futuras.
- Analizando costos no afecta en una cantidad significativa.

Finalmente, después de haber realizado los respectivos cálculos estructurales, se pudo llegar a determinar que el tubo cuadrado de **1 1/2 plg x 1.5mm material** es el más adecuado para construcción de la estructura principal del equipo e balanceo, el cual consta de las siguientes características:



H = 1 ½ plg = 4cm	Dimensión
e = 1.5 mm	Espesor
A = 2.25 cm ²	Área
W = 2.74 cm ³	Módulo resistente
P = 1.77 kg/m	Peso

Figura N°6.13: Características del tubo cuadrado

Comparación de esfuerzos para saber cómo se comporta

$$\frac{P/A}{\sigma a} + \frac{M/W}{\sigma a} \leq 1 \quad (6.13)$$

$$\frac{5.52kg/2.25cm^2}{1440 kg/cm^2} + \frac{1780kg.cm/2.74 cm^3}{1440 kg/cm^2} \leq 1$$

$$1.703 \times 10^{-3} + 0.45 \leq 1$$

$$0.4528 < 1$$

Conclusión:

- 1) Este material es eficiente para la construcción y el ensamblaje del equipo de balanceo.
- 2) Se puede apreciar que la carga axial es muy baja y no afecta por lo que solamente se calcula con el momento como lo indicamos anteriormente.



- 3) Se colocó un elemento transversal constructivamente, para mayor rigidez de la mesa.

NOTA: Con el tubo cuadrado de **1 ½ plg. x 1.5mm** se decide realizar la construcción de la estructura principal y todos los elementos adicionales se determinan en la planilla de materiales y planos respectivos.

6.8. Construcción

Esta parte determina los procesos de fabricación y ensamble, para realizar la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo de la Avioneta Pilatus Porter PC-6.

Previo al inicio de la construcción, se realizó un estudio técnico, el cual permitió la elección del material adecuado para la fabricación del equipo de balanceo, de esta manera, una vez seleccionado y adquirido el material, se procede a construir, basándose en los planos elaborados, tratando de optimizar el mayor tiempo posible.

Con la finalidad de facilitar su construcción en corto tiempo, el equipo de balanceo fue construido por partes, obviamente siguiendo un orden según la planificación en el desarrollo de la construcción, evitando los posibles desperdiciar material.

6.8.1. Orden de la construcción

A continuación se va a detallar el orden en el cual se procedió a fabricar las distintas partes de equipo de balanceo:

- Superficie de los tableros
- Estructura principal
- Puntos de apoyo
- Soporte fijo y móvil
- Ensamble.
- Lijado.
- Fondear el equipo de balanceo
- Pintar.

6.8.1.1 Detalles de la construcción de las diferentes partes del equipo de balanceo de controles de vuelo.

Construcción de la superficie de los tableros

Para la fabricación de esta superficies, se hizo uso de tol galvanizado de 1.5mm de espesor, una vez tomadas las medidas procedemos a cortar el tol, luego doblamos las partes donde van a unirse la estructura principal y la superficie. Figura 6.14.



Figura N° 6.14: Superficie de los tableros

Estructura principal.

La estructura principal del equipo de balanceo, está fabricado de tubo cuadrado de 1 ½" x 1.2mm de espesor, consta de 2 travesaños en cada tablero donde se apoya la superficie del equipo de balanceo. Posteriormente se procede a la unión del la estructura principal y la superficie por medio de remaches pof de 3/16" x ½". Figura 6.15.

Tablero 1



Tablero 2



Figura N° 6.15: Estructura principal

Puntos de apoyo.

Los puntos de apoyo de este equipo de balanceo están fabricadas de tubo cuadro 1 ½" x 1.1mm de espesor. En las cuales se apoyarán la superficie del equipo de balanceo y los soportes. Figura 6.16.



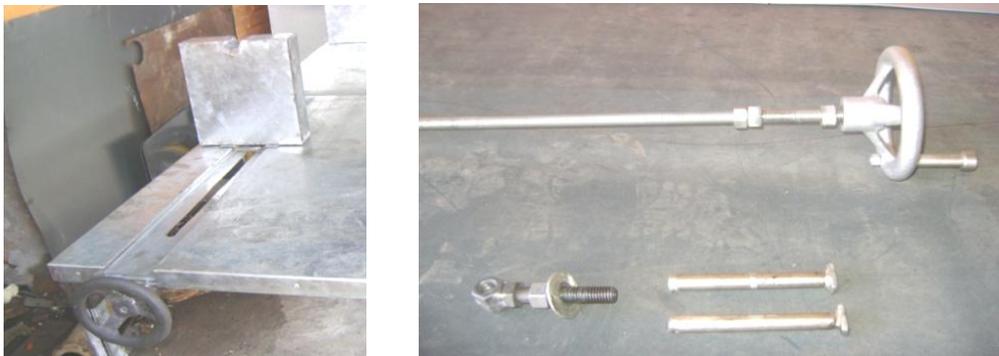
Figura N° 6.16: Puntos de apoyo

- **Soporte Fijo y móvil.**

Estos soportes están contruídos con tol galvanizado de 1.5mm de espesor, los que permitirán realizar los trabajos de peso y balance de los alerones. Figura 6.17.

Se fabricaron 2 soportes los cuales son:

- **Soporte móvil.** Alojado en el tablero 1



- **Soporte fijo.** Alojado en el soporte 2



Figura N° 6.17: Soportes

Una vez remachados las superficies de los tableros a las estructuras principales, procedemos a unir los tableros, por medio de dos pernos de 5/8plg, ya que la característica principal de este equipo es desarmable, permitiendo ser transportado de una manera más práctica al Aeropuerto de Lago Agrio.

El tablero 1 consta con un canal el cual aloja el soporte móvil, por debajo de este canal se encuentra el tornillo sin fin, que permitirá el movimiento al soporte móvil, de igual forma el tablero 2 alberga al soporte fijo y alojamiento para la balanza.

Ensamble de los soportes a los tableros y los puntos de apoyo.

Una vez unida las superficies a las estructuras de cada tablero, se procede a colocar los puntos de apoyo, los cuales van colocados en las celdas, de las respectivas esquinas del equipo, estas se unen a presión; luego colocamos el soporte fijo, éste va empernado debajo de las superficie del tablero 2.

Posteriormente, colocamos el soporte móvil en el tablero 1 debajo de este soporte se encuentra un acople, por el cual pasa el tornillo sin fin, el cual permite su movimiento; también consta de un perno de seguridad para tener una mayor estabilidad.

Pintado y acabado del equipo de balanceo

Luego de terminar el proceso de ensamblaje, se procedió a lijar las partes ásperas y se limo las partes donde se utilizó la suelda.

Después de revisar los acabados se aplico el fondo anticorrosivo, finalmente se procedió a pintar el equipo de balanceo, con pintura sintética automotriz de color gris. Figura 6.18



Figura N° 6.18: Equipo de balanceo

6.8.2. Herramientas, máquinas y equipo.

Tabla N°6.5: Datos técnicos de las herramientas, máquinas, equipos
codificación

MAQUINA HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO		
		Herra.	Maqui.	Equip.
Dobladora de tol				E1
Amoladora	220 V, 1400 rpm			E2
Cortadora de disco	110 V		M1	
Esmeril	110 V		M2	
Suelda eléctrica	110 V		M3	
Taladro de mano	220V, 1700rpm	H1		
Remachadora	Manual	H2		

Fuente: Investigación de campo

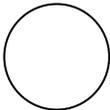
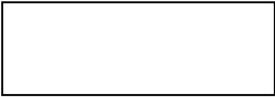
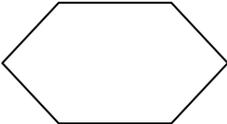
Elaborado por: Sebastián Guevara

6.8.3. Proceso de construcción

Simbología:

La simbología, se usará en la representación de los diferentes procesos, usados para la construcción del equipo de balanceo

Tabla N°6.6: Simbología

FIGURA	DETALLE
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN O VERIFICACIÓN
	ENSAMBLE

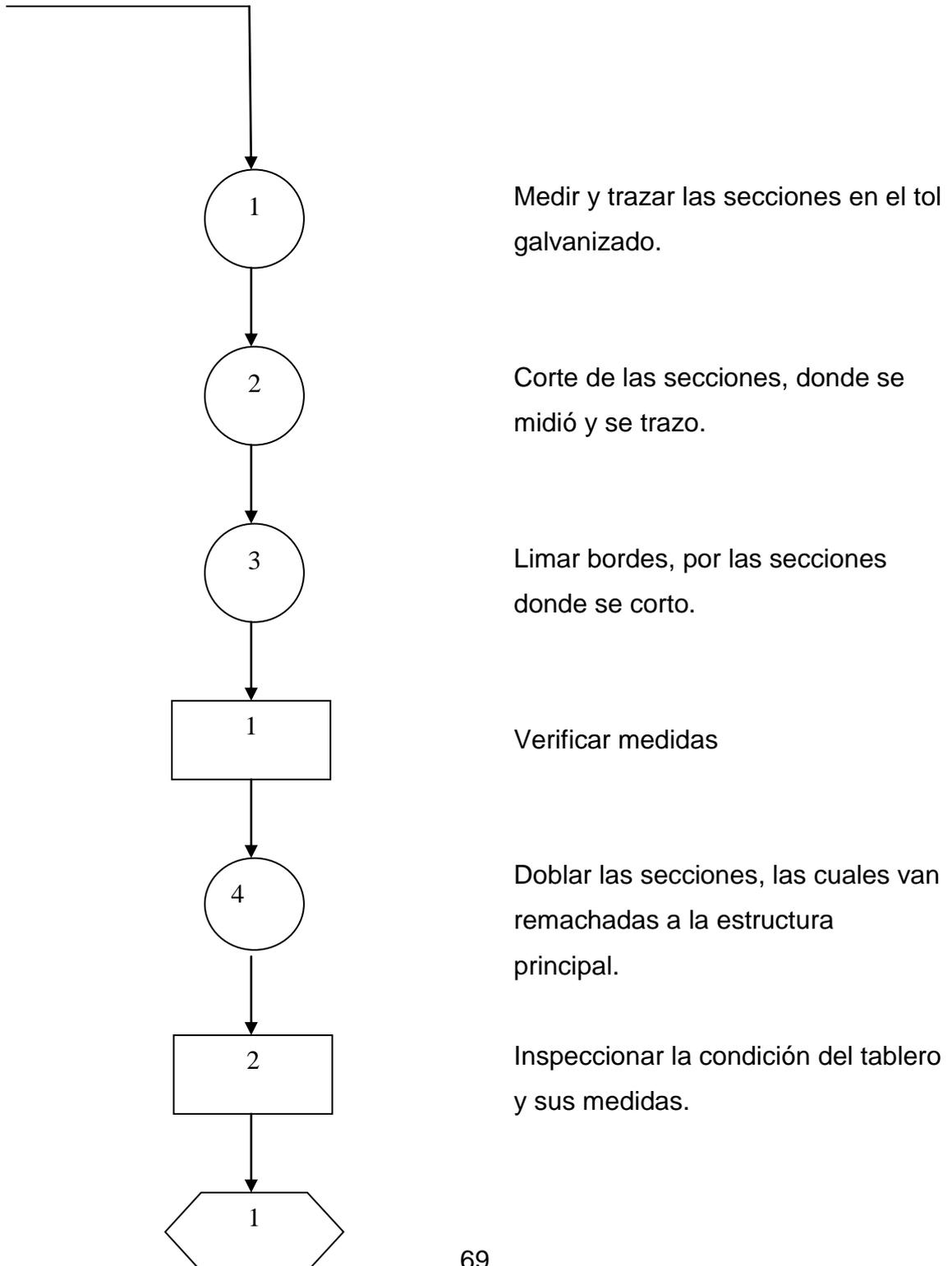
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

Diagrama de procesos

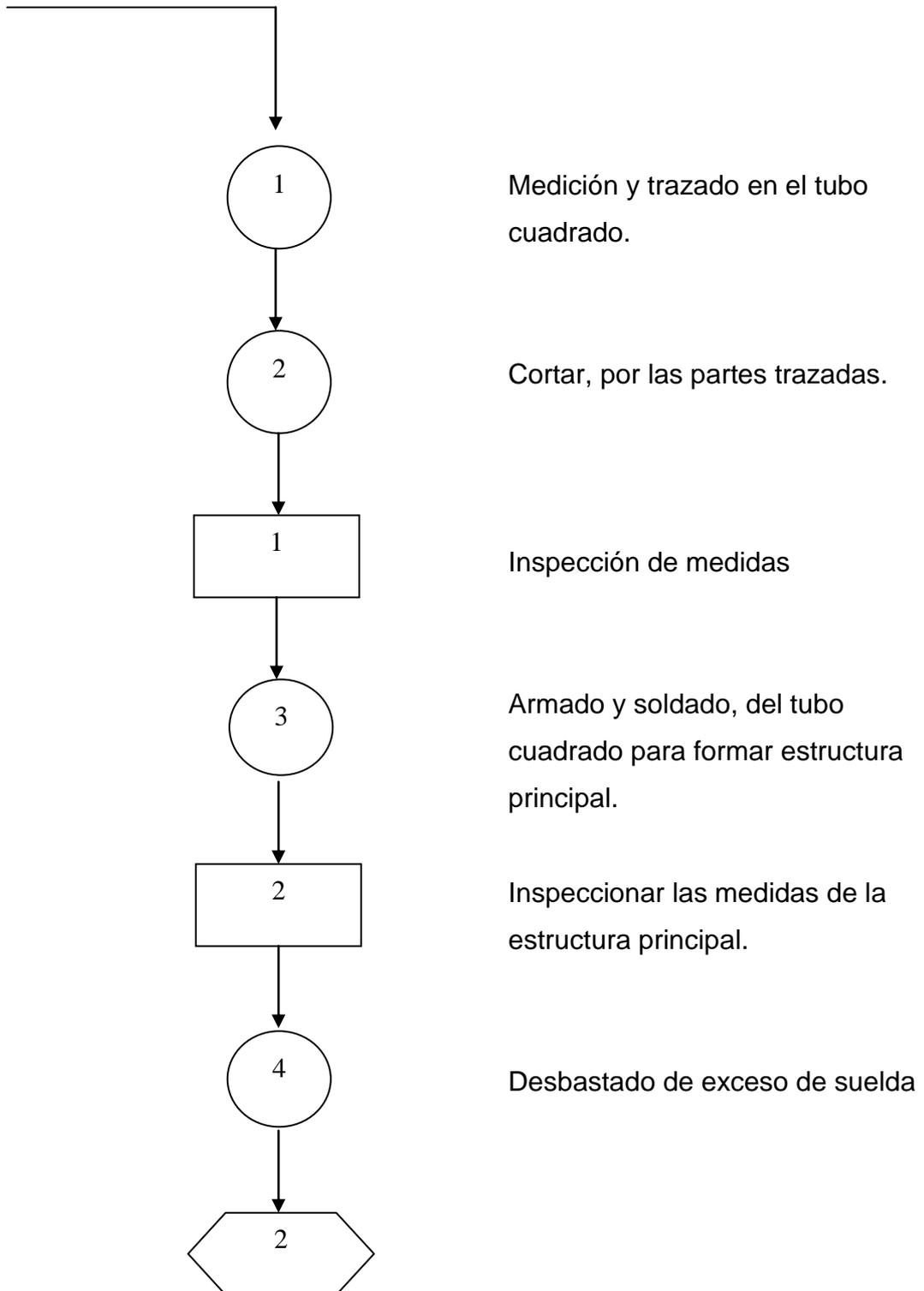
Construcción de los tableros

Material: tol galvanizado de 1.5mm.



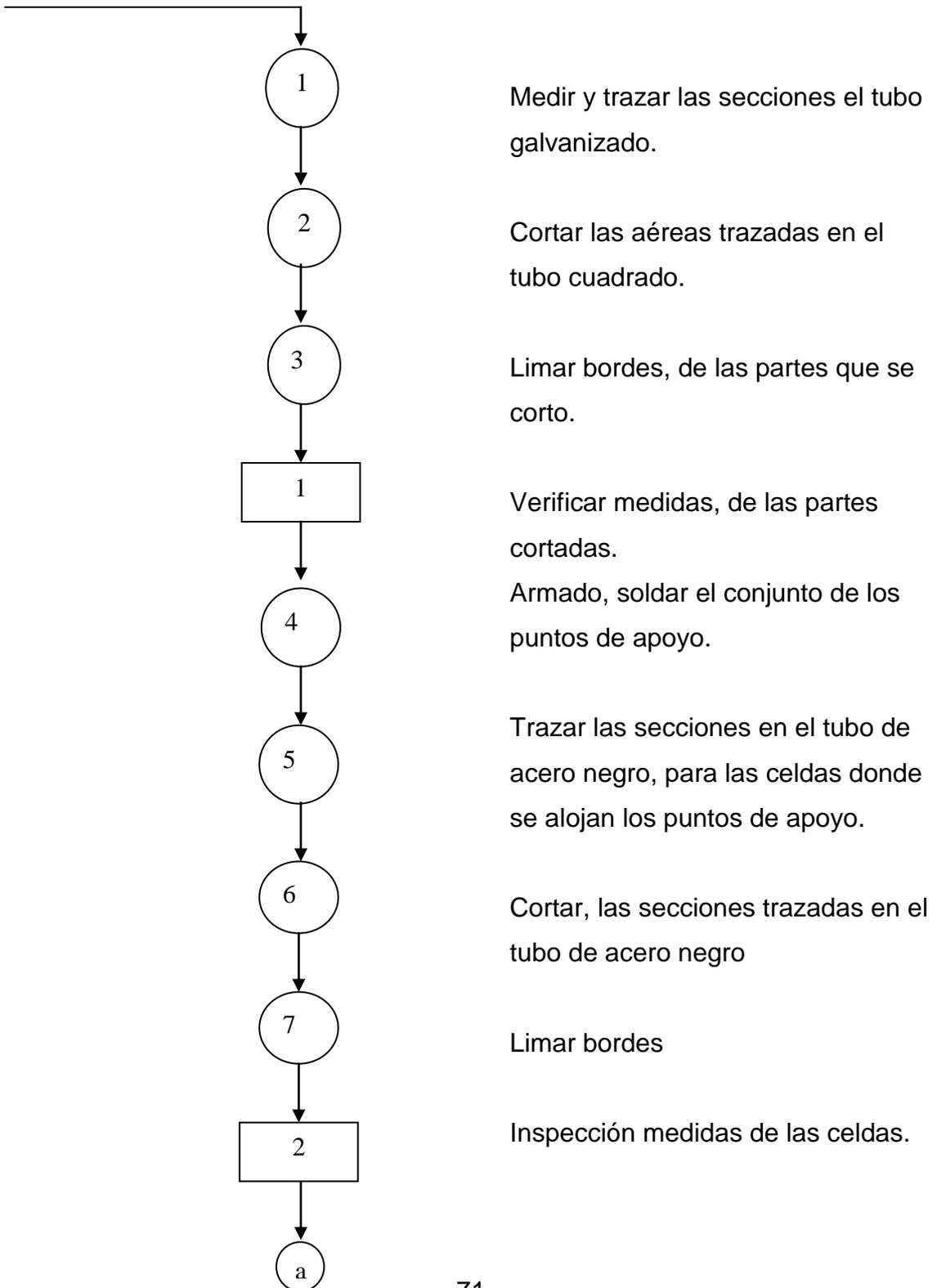
Estructura principal

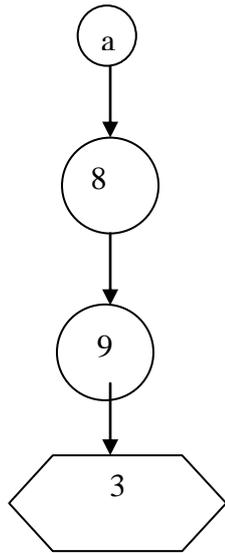
Material: tubo cuadrado de 1 ½" y 12mm



Puntos de apoyo

Material: Tubo cuadrado galvanizado 1 ½" x 1mm de espesor.
Tubo cuadrado acero negro de 2plg x 1.5mm de espesor





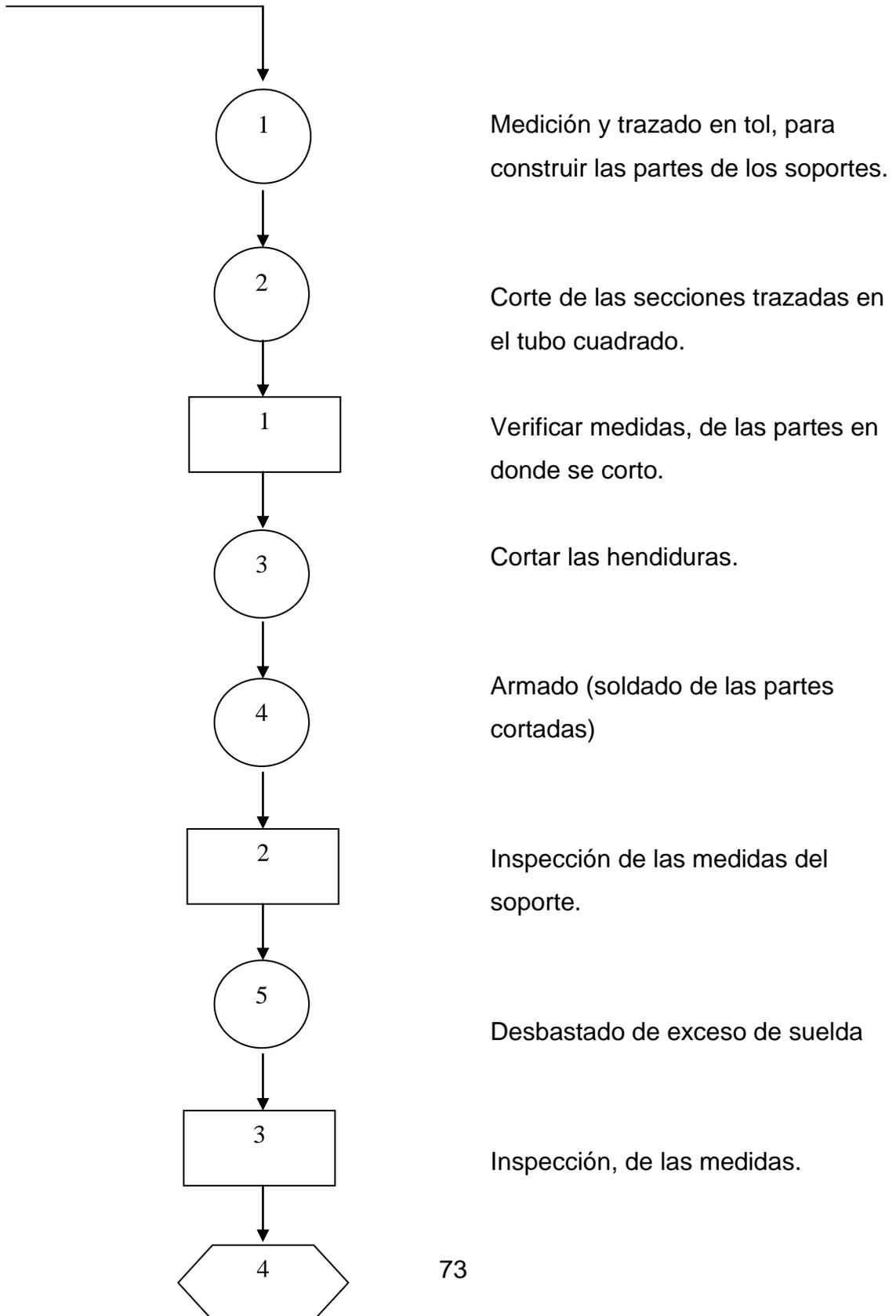
Armado, soldar las celdas a las esquinas de la estructura principal.

Desbastado de exceso de suelda

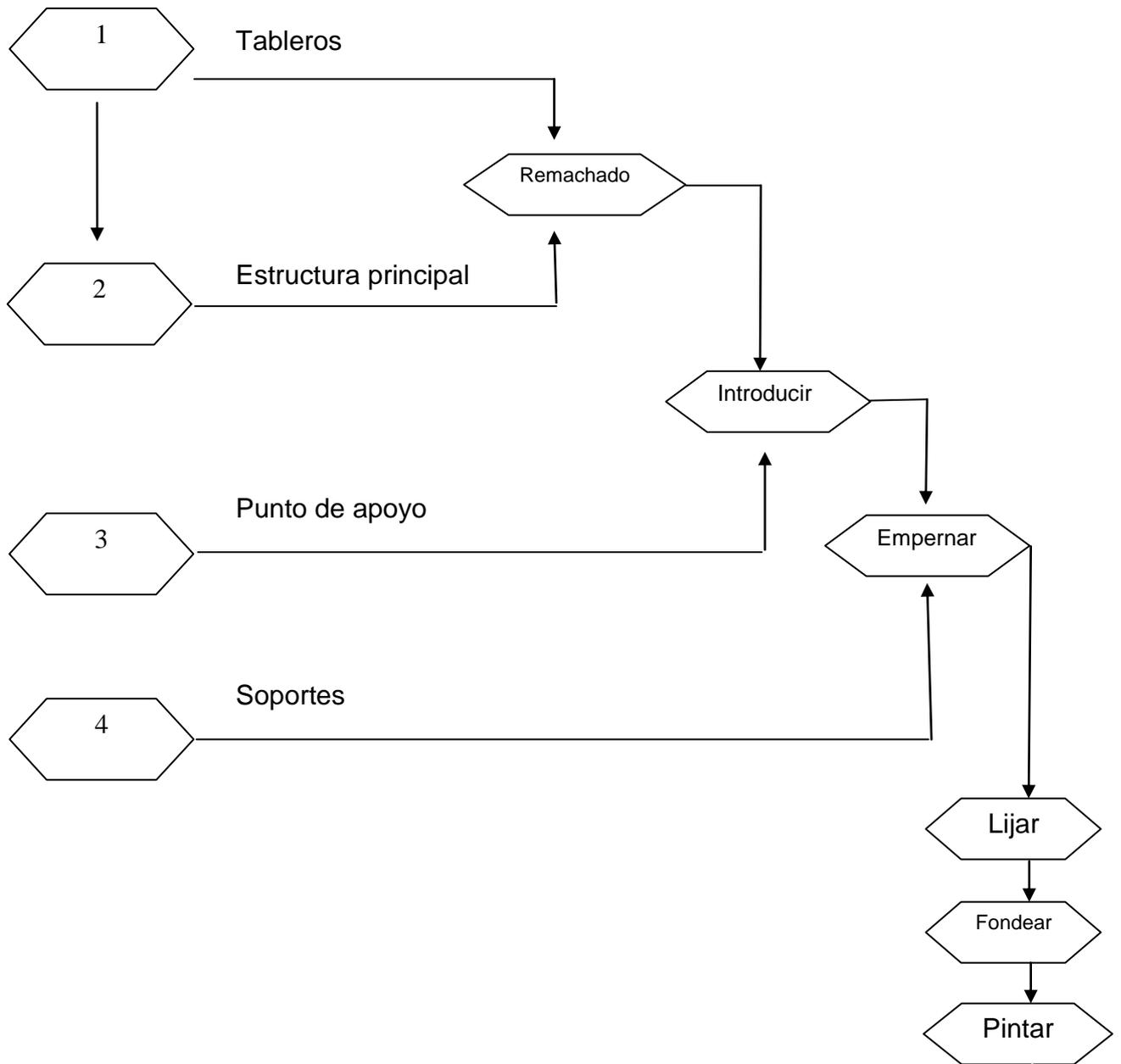
Verificar si las celdas encajan con facilidad en los puntos de apoyo.

Construcción de soportes:

Material: tol galvanizado de 1.5mm



Ensamble:



6.8.4. Tabla de procesos.

Tabla N °6.7: Tabulación de procesos.

Nº	PROCESO	CÓDIGO Y TIEMPOS						OBSERVACIONES
		H	T	M	T	E	T	
1	Medidas y trazos							Se realizado con flexómetro
2	Cortes			M1	4h			
3	Limar			M2	2h			
4	Doblar					E1	3h	
5	Perforado	H1	2h					
6	Remachado	H2	1h					
7	Soldado			M3	4h			
8	Desbastado del exceso de suelda					E2	1h	
9	Inspecciones y verificación de medidas							Se realizó después de cada proceso.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

6.8.5. Pruebas de funcionamiento

Culminada las actividades de construcción del equipo de balanceo, se procede a ensamblar el equipo y realizar el balanceo del alerón, seguidamente se revisa que todas las partes del equipo estén correctamente armadas, con el objetivo, que cumplan a cabalidad su función de estabilidad y rigidez. Figura 6.19.

Tabla N° 6.8: Prueba con el alerón.

ESTADO DE LAS PARTES DEL EQUIPO DE BALANCEO DE CONTROLES DE VUELO		
PARTES	CUMPLE	ENSAMBLE ÓPTIMO
Estructura principal	✓	✓
puntos de apoyo	✓	✓
Soportes	✓	✓

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Sebastián Guevara

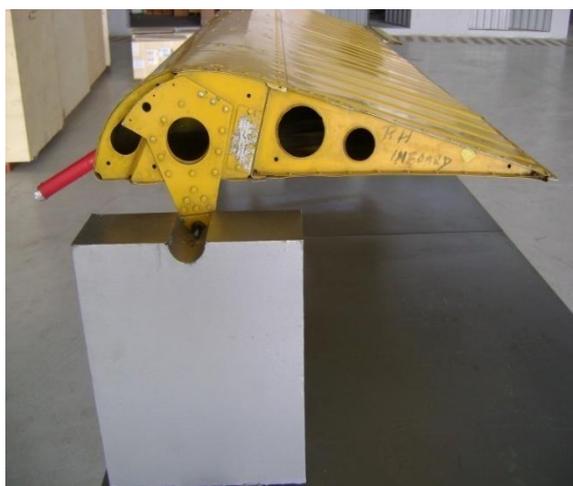


Figura N° 6.19: Prueba del equipo de balanceo

6.9. Manuales y Hojas de Registro

Descripción general

Para el correcto uso del equipo de balanceo, a continuación se va a detallar varios manuales que van ayudar a realizar un mantenimiento, para que no se produzcan daños en todas las partes del equipo de balanceo y prolongar la vida útil del equipo.

- Manual de mantenimiento.
- Manual de operaciones.
- Hoja de registro.

Tabla N°6.9 Codificación de los manuales.

PROCEDIMIENTOS	CÓDIGOS
Manual de mantenimiento	ITSA – EB – M1
Manual de operaciones	ITSA – EB – M2
Hojas de registro.	ITSA – EB - HR

Siguiendo con el proceso para la descripción de los distintos manuales, en los cuales se encontrará la información de la operación, funcionamiento, daños, entre otros del equipo de balanceo de alerones de la avioneta Pilatus Porter PC-6 la cual presta servicio de transporte aéreo, a los funcionarios de Petroecuador.

6.9.1 Manual de mantenimiento

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 2
	MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BALANCEO DE CONTROLES DE VUELO DE LA AVIONETA PILATUS PORTER PC6	Código: ITSA - EB - M1
	Elaborado por: Juan Sebastián Guevara Villalba	Revisión N°: 1
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha: 11/20/08

1. **Objetivo:**

Recopilar la información necesaria para detallar los procedimientos de mantenimiento del equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

2. **Alcance:**

Facilitar los procedimientos de peso y balance de los alerones para poder optimizar tiempo y recursos a la Unidad de Aviación de Petroecuador.

3. **Mantenimiento del equipo de balanceo:**

En base a los mantenimiento que determina el fabricante en el AMM, considero que al equipo de balanceo se le debe realizar una inspección anual, en la cual se debe realizar las siguientes actividades:

- Lubricar el tornillo sin fin.
- En caso de haber raspones o partes despintadas limpiar y pintar las partes afectadas, para evitar ataques de corrosión.
- Revisar todas las partes del equipo como son la estructura principal, soportes, puntos de apoyo y superficie, para descartar la presencia de corrosión.

FIRMA DEL TÉCNICO: _____

6.9.2 Manual de operaciones

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.: 1 de 2
	SEGURIDAD DEL EQUIPO DE BALANCEO DE CONTROLES DE VUELO DE LA AVIONETA PILATUS PORTER PC-6	Código: ITSA - EB - M1
	Elaborado por: Juan Sebastián Guevara Villalba	Revisión N°: 1
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha: 11 -20 -2008

1. Objetivo:

Recopilar la información para operar el equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

2. Código del Equipo: ITSA - EB – M2

3. Características del alerón.

3.1. Alerón:

- Dimensiones:

- Envergadura: 76.2 plg.
- Cuerda: 22.4 plg.
- Profundidad: 10.0 plg.

3.2 Número de parte de la barra de contrapeso: 6106.11

3.3 Número de parte del alerón: 6106.003.

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.: 2 de 2
	SEGURIDAD DEL EQUIPO DE BALANCEO DE CONTROLES DE VUELO DE LA AVIONETA PILATUS PORTER PC-6	Código: ITSA - EB - M1
	Elaborado por: Juan Sebastián Guevara Villalba	Revisión Nº: 1
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha: 11 -20 -2008

4. Procedimiento para el balanceo de los alerones.

- Remover los alerones siguiendo los pasos del manual de mantenimiento, según el ATA 27.
- Instalar la barra de contrapeso, el tab y el push rods en el alerón.
- Colocar el alerón sobre el equipo de balanceo.
- Poner el tab en posición neutral.
- Asegurarse que el peso del alerón es el necesario.
- Pesar el alerón y verificar que el peso del alerón es el adecuado según el AMM.

Aileron Counterweight Maximum Limit		
Aileron Type	Counterweight type	
	111.45.08.001	6106.11
Aileron Part No. 6106.10/6106.0010.	Maximum: 2,2 Kg (4.85 lb)	Maximum: 2,4 Kg (5.06 lb)
Aileron Part No. 6106.34 / 6106.0034 119.99.06.555 and 119.99.06.556.	Maximum: 2,9 Kg (6.40 lb)	Maximum: 3,3 Kg 7.30 lb

FIRMA DEL TÉCNICO: _____

6.9.3 Hojas de Registro.

Las hojas de registro serán utilizadas para documentar información acerca del equipo de balanceo, ya sea este correspondiente a mantenimientos, fallas o repuestos, en estas hojas se detallará todos los trabajos que se realicen en el equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter.

Es de vital importancia documentar las hojas de registro, luego de almacenador las hojas, cualquier técnico puede utilizar esta información para realizar los trabajos de mantenimiento o cambio de repuestos.

La hoja de registro consta de los siguientes datos:

- Número del registro.
- Número de actividad.
- Fecha del inicio y fin del trabajo realizado.
- Repuestos o material utilizado.
- Nombre del técnico.
- Observaciones, en caso de existir.
- Firma del técnico.

6.9.3.2 Hoja de Registro de mantenimiento.



REGISTRO	Registro N°:	Hoja: /
MANTENIMIENTO	Código: ITSA - EB - HR - R1	

N°	FECHA		TRABAJO REALIZADO	MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL			

RESPONSABLE: _____

6.9.3.3. Hoja de registro de libro de vida – daños



REGISTRO	Registro N°:	Hoja : /
LIBRO DE VIDA - DAÑOS	Código: ITSA - EB - HR - R1	

N°	FECHA		DAÑO PRODUCIDO	CAUSA DEL DAÑO	ACCIÓN CORRECTIVA	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL				

RESPONSABLE: _____

6.10 Presupuesto

Una vez desarrollado en su totalidad la construcción del equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6 a continuación se va a describir el costo primario, secundario y total.

Costo primario

Tabla n°6.10: Costo materiales

MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Plancha de tool galvanizado	2.40m x 1.20m x 15mm	2 und	50.38	100.76
Tubo cuadrado galvanizado	6m x 1 ½" x 1.5mm	3 und	24.66	73.98
Tubo cuadrado acero negro	6m x 2" x 1.5mm	1 und	25.80	25.80
Electrodos	60-11;	2 Lb	2.60	5.20
Lija 150		2 und	1.50	3.00
Tornillo sin fin	80cm	1 und	50.00	50.00
Pernos	5/8 x 4 plg	6 und	6.60	39.60
Remaches poff	3/16" x 1 ½"	10 und	0.12	1.20
Volante		1 und	30.00	30.00
Balanza		1 und	60.00	60.00
Pintura sintética automotriz		1 lt	20	20.00
Fondo epóxido		1 lt	25	25.00
Tiñer		3lt	1	3.00
Video				150.00
TOTAL GASTOS \$:				586,54

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

Costo secundario

Tabla N°6.11: Costos varios

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Pago aranceles Derecho de grado			120.00
Anillado	3 und	5	15.00
Cartucho de tinta	2 und	45.00	90.00
Copias	300	0.02	6.00
Empastado	3 und	10	30.00
Internet	10 horas	0.50	5.00
Material de oficina			20.00
Movilización	2 viajes por mes	10.00	120.00
RESMA	2	5.00	10.00
TOTAL GASTOS \$:			416.00

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

Costo total del proyecto

Tabla N°6.12: Costo total

COSTOS	VALOR TOTAL \$
COSTO PRIMARIO	586.54
COSTO SECUNDARIO	416.00
TOTAL GASTOS \$:	1002.54

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Sebastián Guevara

6.11 Conclusiones y Recomendaciones

6.11.1 Conclusiones

- El equipo de balanceo de controles de vuelo de la avioneta Pilatus Porter PC-6, fue construido tomando en cuenta todos los requisitos que aconseja el manual de mantenimiento, por lo cual el equipo de balanceo, no tiene ningún tipo de falla, ni dificultad para realizar los trabajos de balanceo.
- El desarrollo de la investigación permitió: plantear, analizar y seleccionar alternativas a llevar a cabo, pero con este estudio previo se pudo escoger la mejor alternativa, satisfaciendo los requerimientos relacionados a las dimensiones y su funcionalidad.
- En referencia a los trabajos de diseño, este equipo es más funcional, en lo concerniente a los materiales, ya que son de fácil mantenimiento y transportación, lo que no representa un gasto alto para Petroecuador.
- Los manuales desarrollados, permitirán realizar un mantenimiento oportuno, sencillo y práctico, con la finalidad de preservar y prolongar la utilidad del equipo de balanceo que brinda grandes beneficios, tanto para la avioneta como para los técnicos, de la sección de mantenimiento.

6.11.2 Recomendaciones

- Por el clima al que va a ser expuesto el equipo de balanceo recomendando al personal de mantenimiento de la Unidad de Aviación de Petroecuador cumplir con las actividades que se describe en el manual de mantenimiento
- Seguir el procedimiento indicado por el fabricante según manual de mantenimiento (AMM), para realizar el balanceo de los alerones de la avioneta Pilatus Porter PC-6, para obtener resultados óptimos.
- Aplicar el procedimiento detallado en el diagrama de ensamble del equipo de balanceo para armar correctamente el equipo y evitar dificultades en el procedimiento de balanceo del alerón.
- La superficie en donde se va a desarrollar el balanceo del alerón, debe ser totalmente recta, para lo cual se recomienda el uso de un nivel, con la finalidad de verificar la inclinación del piso en donde se va a realizar el peso y balance del alerón.

6.12 Bibliografía:

- **LEONTOVICH** Valerian, "Pórticos y Arcos", primera edición
- **OÑATE** Esteban Antonio (2000) "Conocimiento básico del avión", segunda edición, España
- Recopilación de Derecho Aeronáutico
- **VILLALBA** Avilés Carlos (2003) "Metodología de la Investigación Científica" primera edición, Quito – Ecuador.
- **www.airbus.com**

MANUALES:

- Aircraft maintenance manual (AMM) 2009 Pilatus Porter PC-6, Suiza.
- Overhaul manual (OHM) (2005) Pilatus Porter PC-6, Suiza

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Juan Sebastián Guevara Villalba

NACIONALIDAD: Ecuador

FECHA DE NACIMIENTO: 05 – Abril - 1987

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 100242456-0

TELÉFONOS: 2950028, cel 092958714

DIRECCIÓN: Ibarra, Jaime Rivadeneira 4-21 y Navas.

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela San Juan Bosco.

SECUNDARIA: Colegio Salesiano Sánchez y Cifuentes.

BACHILLER: Humanidades Modernas Especialización Físico Matemático.

SUPERIOR: I.T.S.A, Mecánica Aeronáutica – Estructuras

TÍTULOS OBTENIDOS

BACHILLER FÍSICO MATEMÁTICO: Colegio Salesiano Sánchez y Cifuentes

AUXILIAR TECNICO EN COMPUTACIÓN: Project Systems

SUFICIENCIA EN INGLÉS: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

PRACTICANTE: Desde 23-02-2007 hasta 23-03-2007. CID-FAE, Avión K-Fir.

PRACTICANTE: Desde 20-03-2008 hasta 20-05-2008.

Unidad de Aviación de Petroecuador, Avión Fairchild.

PRACTICANTE: Desde 15-06-2009 hasta 15-08-2009.

Unidad de Aviación de Petroecuador, Avión ERJ 145 LR.

CURSOS Y SEMINARIOS.

II JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESPE – ITSA.

III JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, CAPITULO AEROESPACIAL.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO:

Seminario de resistencia de Materiales con ensayos de tracción, compresión, torsión, dureza, flexión y Charpy.

CURSO INICIAL DE AVION EMBRAER 145 LR:

Realizado en el hangar de la unidad de aviación de Petroecuador, en la Quito, con una duración de 120 horas.

CURSO DE ENLLANTAJE, BF GOODRICH AEROSPACE:

Realizado en el hangar de la Unidad de aviación de Petroecuador, en la ciudad de Quito, con una duración de 60 horas.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Juan Sebastián Guevara Villalba.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECANICA AERONAUTICA

Ing. Guillermo Trujillo

Latacunga Diciembre 2009.

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, JUAN SEBASTIÁN GUEVARA VILLALBA, egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica - Estructuras, en el año 2008 con Cédula de Ciudadanía N°100242456-0, autor del Trabajo de Graduación CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE BALANCEO DE CONTROLES DE VUELO PARA LA AVIONETA PILATUS PORTER PC-6, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Nombres y apellidos del Graduado

Latacunga Diciembre 2009