



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “REGLAJE DEL SISTEMA DE ALERONES Y RUDDER,
EN LA AERONAVE FAIRCHILD F27J PARA LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL

DIRECTOR: TLGA. SAMANTHA ZABALA

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“REGLAJE DEL SISTEMA DE ALERONES Y RUDDER, EN LA AERONAVE FAIRCHILD F27J PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** , ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de febrero del 2017.

Tlga. SAMANTHA ZABALA.

DIRECTORA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL**, con cédula de identidad N° 1717919557, declaro que este trabajo de titulación “**REGLAJE DEL SISTEMA DE ALERONES Y RUDDER, EN LA AERONAVE FAIRCHILD F27J PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, contenido, legitimidad y peso científico, del presente proyecto de grado, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 24 de febrero del 2017.

CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL

171791955-7



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación “**REGLAJE DEL SISTEMA DE ALERONES Y RUDDER, EN LA AERONAVE FAIRCHILD F27J PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 24 de febrero del 2017.

CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL

171791955-7

DEDICATORIA

Este presente trabajo de graduación está dedicado a mi Dios quien me ha brindado sabiduría y fortaleza, a mis padres Miguel y Zoila por ser los pilares fundamentales en mi vida, quienes han sabido inculcar en mi persona los mejores valores y cada consejo sirvió para cumplir este sueño de ser un profesional, de igual manera a mis hermanos que de una u otra manera me apoyaron a culminar con éxito los estudios. A ellos dedico este trabajo que es fruto de sus esfuerzos y el apoyo incondicional a lo largo de todo este tiempo.

CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por brindarme salud y fuerza, a mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo moral y económico, por sus enseñanzas, consejos y apoyo incondicional día a día y lograr que este reto se haga realidad y a toda mi familia que me ha brindado su apoyo constantemente. A mis amigos y compañeros que han estado en situaciones buenas y malas de la vida y a todos los docentes que nos han transmitido todos los conocimientos que me permitirá desenvolverme en la vida profesional.

CONDOR SARAGOSIN CARLOS MIGUEL

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ABSTRACT	xiii

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivosespecíficos.....	3
1.5 ALCANCE.....	3

CAPÍTULO II

2.1 AVIÓN FAIRCHILD F27	5
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AVIÓN FAIRCHILD F27.....	6
2.3 EJES DEL AVIÓN.....	8
2.4 CONTROLES DE VUELO	9
2.4.1 Controles de vuelo primarios.	10
2.4.2 Alerones.	10
2.4.3 Timón de profundidad (elevador).....	11
2.4.4 Timón de dirección (rudder).....	12

2.5 Controles de vuelo secundarios	13
2.5.1 Flaps.....	14
2.5.2 Slats.....	15
2.5.3 Spoilers o aerofrenos.....	16
2.6 REGLAJE DE LOS CONTROLES DE VUELO	17
2.6.1 Reglaje de sistemas de control.....	17
2.6.2 Mantenimiento de los cables.	17
2.7 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO.....	19
2.7.1 Rueda de control (Control Wheel)	19
2.7.2 Eje Auxiliar (Auxiliary Shaft)	20
2.7.3 Sector Intermedio (Intermediate Sector).....	21
2.7.4 Sector Impulsor y Barra de Torsión	22
2.7.5 Spring Tab.....	23
2.7.6 Balance Tab	24
2.7.7 Sistema de cables	25
2.7.7.1 Inspección de cable	26
2.7.7.2 La tensión del cable.....	27
2.7.8 Poleas de cables	28
2.7.9 Guías de entrada (Fairlead).....	28
2.7.10 Los reguladores de tensión	29
2.7.11 Tensores (Turnbuckles).....	30
2.7.12 Conectores de cable.....	31
2.7.13 Las varillas de empuje (barras de control).....	31
2.7.14 Tubos de torque.....	33
2.8 CHEQUEO DE REGLAJE	33
2.9 COMPROBACIÓN Y ASEGURADO DEL SISTEMA	34
2.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).....	36

2.10.1 Clasificación de los E.P.P.....	36
----------------------------------------	----

CAPÍTULO III

3.1 PRELIMINARES.....	39
3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	39
3.2.1 Factor técnico.....	39
3.2.2 Factor económico.....	39
3.2.3 Factor legal.....	40
3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS.....	40
3.3 DESARROLLO DEL TEMA.....	40
3.4 .1 REGLAJE DE LOS ALERONES Y RUDDER.....	42
3.4.1.1 Reglaje de los alerones.....	42
3.4.1.2 Reglaje del rudder.....	51

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
4.1 CONCLUSIONES.....	60
4.2 RECOMENDACIONES.....	60
GLOSARIO.....	61
BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Avión Fairchild F27.....	6
Figura 2 Dimensiones del avión	7
Figura 3 Dimensiones Avión Fairchild F27	8
Figura 4 Ejes del avión.....	9
Figura 5 Alerones	10
Figura 6 Funcionamiento de alerones	11
Figura 7 Timón de profundidad (elevador)	12
Figura 8 Funcionamiento timón de profundidad	12
Figura 9 Timón de dirección (rudder)	13
Figura 10 Funcionamiento Rudder	13
Figura 11 Flaps	14
Figura 12 Slats	16
Figura 13 Spoilers	17
Figura 14 Rueda de control.....	20
Figura 15 Eje auxiliar.....	21
Figura 16 Sector Intermedio.....	22
Figura 17 Sector Impulsor y Barra de Torsión.....	23
Figura 18 Spring Tab.....	24
Figura 19 Balance Tab	25
Figura 20 Diámetro del cable	26
Figura 21 Inspección del cable.....	27
Figura 22 Tensión del Cable	27
Figura 23 Poleas	28
Figura 24 Guías de Entrada (Fairleads)	29
Figura 25 Tensores (Turnbuckles)	30
Figura 26 Frenado de tensores	31
Figura 27 Conectores de cables.....	31
Figura 28 Varillas de control.....	32
Figura 29 Asegurado con bridas	33
Figura 30 Tubos de torque	33
Figura 31 Asegurado del sistema.....	35
Figura 32 Pasadores	36

Figura 33 Equipos de protección personal	38
Figura 34 Aeronave nivelada.....	41
Figura 35 Aeronave completamente nivelada	42
Figura 36 Regla de calibración.....	43
Figura 37 Tensiómetro.	43
Figura 38 Columna de control en posición neutra.	44
Figura 39 Superficie alar alineada.....	44
Figura 40 Alerón en posición neutra.....	45
Figura 41 Medición del desplazamiento del alerón.	45
Figura 42 Cables y poleas.....	46
Figura 43 Medición de tensión en los cables.....	46
Figura 44 Cables de la mampara del compartimento de tripulación.....	47
Figura 45 Accesos parte superior.....	48
Figura 46 Cables superficie alar.....	48
Figura 47 Inspección visual de cables.....	49
Figura 48 Medición de desplazamiento superior.	49
Figura 49 Medición de desplazamiento inferior.....	50
Figura 50 Alambre de freno.....	50
Figura 51 Regleta del Rudder.	51
Figura 52 Ubicación del tensiómetro en los cables.	52
Figura 53 Pedales del rudder en posición neutra.	52
Figura 54 Rudder en posición neutra.	53
Figura 55 Varilla de conexión.....	53
Figura 56 Regulador de tensión.	54
Figura 57 Rudder en el punto 0.....	54
Figura 58 Accesos abiertos.....	55
Figura 59 Tubo de torque.....	56
Figura 60 Tensiómetro.	56
Figura 61 Rudder en 17°.	57
Figura 62 Rudder en 17°.	58

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, como es el reglaje del sistema de alerones y rudder se realizó por una necesidad existente en la Institución ya que los sistemas de la aeronave no están operativos para la instrucción a los estudiantes, debido a que en este sistema se necesita las herramientas necesarias como está indicado en el manual de mantenimiento de la aeronave, para poder realizar correctamente este trabajo, y por medio de esto una vez que se culmine los docentes pueden realizar prácticas con los estudiantes en este sistema de la aeronave.

En el capítulo I, se presenta el tema que es una necesidad en la Institución la cual se busca dar solución mediante el cumplimiento de los objetivos que están planteados para la realización del presente proyecto.

En el capítulo II, contiene el marco teórico en donde se hace referencia a la información del sistema de controles de vuelo, además de la información referente a fuentes bibliográficas y de documentación técnica de la aeronave.

En el capítulo III, se detalla todo el proceso de reglaje de los alerones y rudder, siguiendo cada uno de los procedimientos establecidos en el manual de mantenimiento. Tomando en cuenta todas las normas de seguridad.

En el capítulo IV, contienen las conclusiones que se obtiene luego de haber finalizado con todo el trabajo, para realizar sus respectivas recomendaciones durante el proceso de realización del mismo.

PALABRAS CLAVES:

- ✓ **REGLAJE**
- ✓ **PRÁCTICAS**
- ✓ **MANTENIMIENTO**
- ✓ **MANUALES**
- ✓ **HERRAMIENTAS**

ABSTRACT

This final graduation work which is the adjustment of the ailerons and rudder system was performed due to an existing need in the Institution since the aircraft systems are not operative for the instruction of the students because of this system needs the essential tools as indicated in the maintenance manual of the aircraft in order to be able to perform this work correctly. And at the end, it will be useful for teachers who can practice with the students in this aircraft system.

In chapter I, the topic is presented that is a necessity in the Institution which seeks to give solution through the fulfillment of the objectives that are proposed for the realization of the present project.

In Chapter II, it contains the theoretical framework where it refers to the information of the flight control system and also all the information regarding to the bibliographic sources and technical documentation of the aircraft.

In chapter III, it details the entire ailerons and rudder setting process, following each of the procedures established in the maintenance manual and taking into account all safety regulations.

In Chapter IV, this research contains the conclusions that are obtained after having finished with all the work to make their respective recommendations during its making process.

KEYWORDS:

- ✓ **ADJUSTMENT**
- ✓ **PRACTICES**
- ✓ **MAINTENANCE**
- ✓ **MANUALS**
- ✓ **TOOLS**

Checked by:

.....
Lic. Diego Granja P.
English teacher UGT

CAPÍTULO I

TEMA

Reglaje del sistema de alerones y rudder, en la aeronave Fairchild F27J para la Unidad de Gestión de Tecnologías.

1.1 ANTECEDENTES

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE está dedicada a prestar el servicio de educación a la colectividad en las diferentes carreras tecnológicas, entre la cual está la Carrera de Mecánica Aeronáutica, la misma que cuenta con talleres para la enseñanza a los estudiantes, que son necesarios para el aprendizaje y de esta manera fomentar futuros técnicos en mantenimiento aeronáutico.

La Unidad de Gestión de Tecnologías obtuvo una aeronave que cumplió con su tiempo de servicio en una empresa, mediante gestiones realizadas esta empresa decidió donar a la Institución, la cual trasladó la aeronave que en la actualidad se utiliza como avión escuela Fairchild F27J para que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos teóricos obtenidos en las aulas, mediante la práctica en los diferentes sistemas de la aeronave y mediante la observación del funcionamiento de los mismos, para lo cual la institución en la actualidad no cuenta con todas las herramientas y equipos necesarios para realizar este tipo de prácticas siendo fundamental para el desarrollo intelectual de los estudiantes ya que la institución cuenta con un avión escuela y debe ser usado como material didáctico para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

El presente proyecto servirá para evitar futuros accidentes cuando los estudiantes se encuentren en el campo laboral, citando como un ejemplo un incidente en la compañía Delta Airlines en el año 2010 en Atlanta USA en la cual no se realizó el correcto reglaje por parte del personal de mantenimiento generando la descompensación de sustentación del perfil alar, al no realizar el correcto trabajo produjo pérdidas en los vuelos programados perdiendo continuidad en rutas de viaje.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad de Gestión de Tecnologías cuenta con el avión escuela Fairchild F27J el cual desde que se trasladó a la institución únicamente se procedió a realizar el armado de sus alas, motores, estabilizadores, rudder entre otros elementos del avión pero, desde ese entonces no se ha realizado el respectivo mantenimiento de sus sistemas, por lo que este avión no cuenta con todos los sistemas operativos debido a que esta aeronave ya cumplió con sus horas de vuelo.

La institución cuenta con un avión escuela, pero algunos de los sistemas no se encuentran habilitados, por lo tanto los estudiantes no pueden observar el funcionamiento de estos sistemas, ni tampoco pueden realizar las prácticas ya que la institución no dispone de todas las herramientas y equipos necesarios que indica el manual de mantenimiento para realizar este tipo de trabajos en el avión.

En el caso de no solucionar esta necesidad que tiene la institución los estudiantes no pueden hacer uso de este avión escuela como material didáctico ya que no se puede observar el funcionamiento de sus sistemas, por lo que los estudiantes quedan solo con el conocimiento teórico, ya que este avión debe utilizarse como ayuda para mejorar el aprendizaje mediante la observación del funcionamiento y realizando diferentes prácticas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el presente proyecto de grado se verá involucrado el sistema de controles de vuelo de la aeronave durante la realización del proyecto, para lo cual la institución cuenta con los manuales necesarios que serán utilizados para realizar correctamente el trabajo siguiendo todo el proceso indicado en el manual.

Este trabajo se realizará de acuerdo al manual de mantenimiento adquiriendo las herramientas y equipos necesarios indicados en el manual para poder realizar el reglaje de los controles de vuelo, dejando a la institución con dichas herramientas que son necesarias para que los

estudiantes realicen sus prácticas en el sistema de controles de vuelo de alerones y rudder.

Mediante este proyecto se busca dar solución a una necesidad que se ha encontrado en La Unidad de Gestión de Tecnologías, con la implementación de este trabajo de graduación, beneficiará a la institución y principalmente a los estudiantes quienes podrán realizar las prácticas de reglaje de los sistemas primarios (alerones, rudder) en la aeronave, de acuerdo a los procedimientos indicados en el manual de mantenimiento de la misma.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar el reglaje del sistema de alerones y rudder, en la aeronave FAIRCHILD F27J para la Unidad de Gestión de Tecnologías para la instrucción práctica de los estudiantes utilizando los equipos y documentación técnica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar y clasificar toda la información necesaria de los manuales de la aeronave.
- Adquisición de las herramientas y equipos necesarios para realización del presente trabajo.
- Realizar las pruebas de reglaje de los sistemas de alerones y rudder.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto de grado, reglaje de los sistemas de alerones y rudder, en la aeronave Fairchild F27J para la Unidad de Gestión de Tecnologías, está dirigido a colaborar en las necesidades de todos los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de esta institución, ya que el sistema de controles de vuelo de alerones y rudder quedará operativo luego de culminar con el reglaje del mismo, además de implementar las herramientas necesarias para que se pueda utilizar como material didáctico, de esta manera se contribuirá con el mejor

entendimiento y aprendizaje de los conocimientos teóricos de los estudiantes de la institución realizando las prácticas necesarias.

CAPÍTULO II

2.1 AVIÓN FAIRCHILD F27

El Fairchild F-27 y el Fairchild Hiller FH-227 fueron aviones derivados del Fokker F27 holandés, construidos bajo licencia por Fairchild Hiller en su fábrica de Hagerstown, Maryland, en el estado de Virginia (EE. UU.).

En 1964 Fairchild se fusiona con el fabricante Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienzan los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo el Fokker F-27 y su planta motriz Rolls-Royce Dart.

Se cambia la denominación de los aviones producidos, que en el futuro se llamarán FH-227.

Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando una sección delante de las alas que aumenta su longitud en 1.98 m. Esto permite pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F.27 a 52 en los FH-227. Exteriormente, los aviones eran también reconocibles no solo por su mayor longitud, sino que ahora llevaban doce ventanillas ovales por lado, comparados a las diez de los F.27. Estos modelos iniciales fueron motorizados con Dart 532-7, los mismos motores de los F-27J.

El objetivo básico de la Fairchild Hiller era lograr un avión que fuera económicamente rentable, fiable y de fácil operación para las aerolíneas regionales. Los estudios de mercado le dieron la razón y pronto el libro de pedidos registraba 46 por el nuevo avión.

El primer aparato realizó su vuelo inaugural el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año y a principios de julio se entrega el primer ejemplar a la Mohawk Airlines . Esta compañía había seguido con mucho detalle todo el desarrollo y producción de sus aviones, teniendo permanentemente un representante técnico en la fábrica de Hagerstown.

Ambas empresas diseñaron variantes y adaptaciones propias introduciéndose aspectos como el uso del radar meteorológico, diferentes motores y aviónica. También se buscó incrementar el espacio de disponible para así aumentar la carga útil y número de pasajeros, las versiones más populares tenían capacidad de 52, 44 y 40 pasajeros. (Jonathan Olguin , 2011)



Figura 1 Avión Fairchild F27

Fuente: (Richard Vandervord , 1981)

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AVIÓN FAIRCHILD F27

Características generales.

- Tripulación: 3 (piloto, copiloto y sobrecargo)
- Capacidad: 48 a 52 pasajeros.
- Longitud: 25,5 m (83,7 ft)
- Envergadura: 29 m (95,1 ft)
- Altura: 8,4 m (27,6 ft)
- Peso vacío: 18 600 kg (40 994,4 lb)
- Peso útil: 6 180 kg (13 620,7 lb)
- Peso máximo al despegue: 20 640 kg (45 490,6 lb).
- Peso máximo al aterrizar: 20.410 kg
- Planta motriz: 2 motores turbohélice Rolls-Royce Dart 532-7L.
- Hélices: Cuadripala Rotol. Régimen máximo: 16.500 rpm
- Diámetro de la hélice: 3,81 m (12,5 ft)

Rendimiento de la aeronave.

- Velocidad nunca excedida (Vne): 478 km/h
- Velocidad máxima operativa (Vno): 420 km/h
- Velocidad crucero (Vc): 407 km/h (253 MPH; 220 kt)
- Velocidad de entrada en pérdida (Vs): 157 km/h
- Velocidad mínima controlable (Vmc): 166 km/h
- Alcance: 2 661 km (1 437 nmi; 1 653 mi)
- Techo de vuelo: 8 535 m (28 002 ft)

Estos motores permitían un máximo de 15.000 rpm, y se recomendaba evitar operaciones entre las 8.500 y las 9.500 rpm. El máximo de temperatura permitido era de 930° en el arranque y 905° en la fase de despegue por cinco minutos.

- Caja de reducción del motor: 0,093:1.
- Combustible: 5.150 l (1.364 galones).
- Consumo: 202 gal/hora. (Avia Pro, 2016)

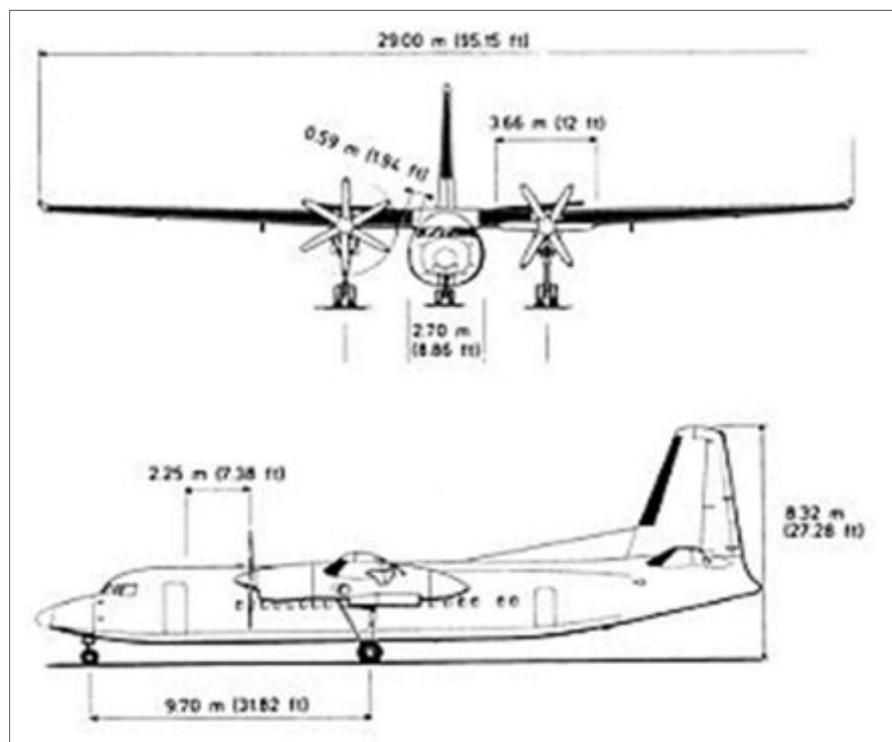


Figura 2 Dimensiones del avión

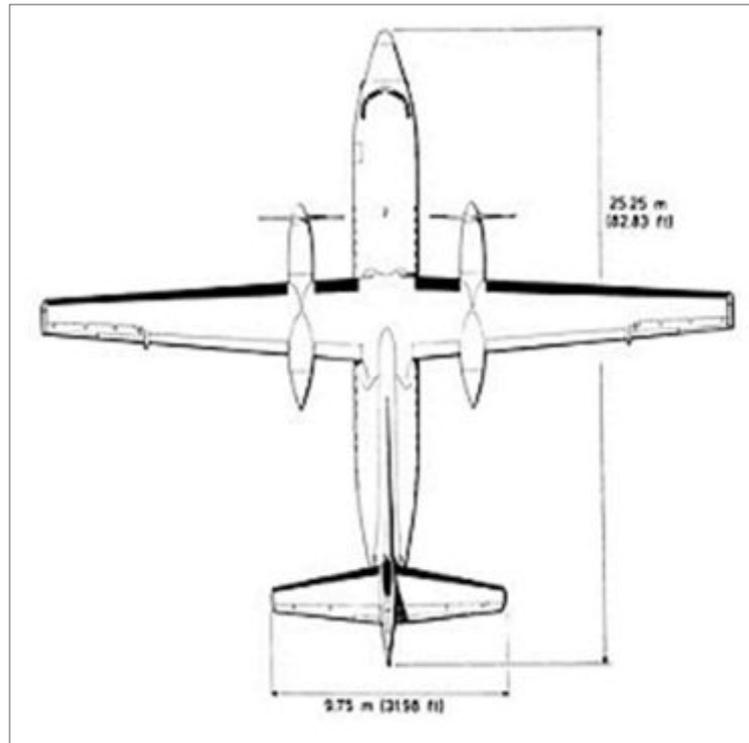


Figura 3 Dimensiones Avión Fairchild F27

Fuente: (Mark Anderson, 2015)

2.3 EJES DEL AVIÓN

2.3.1 Eje longitudinal.

Es el eje imaginario que va desde el morro hasta la cola del avión. El movimiento alrededor de este eje (levantar un ala bajando la otra) se denomina alabeo (roll) y se controla por medio de los alerones. (Miguel Angel Muñoz , 2000)

2.3.2 Eje transversal o lateral.

Eje imaginario que se extiende a todo lo largo de la envergadura de las alas, es decir, de una punta a la otra. El movimiento alrededor de este eje (morro arriba o morro abajo) se denomina cabeceo (pitch) y para controlarlo se utiliza el timón de profundidad o elevadores, situados en la cola del avión. (Miguel Angel Muñoz , 2000)

2.3.4 Eje vertical.

Eje imaginario que atraviesa el centro del avión. El movimiento en torno a este eje (morro virando a la izquierda o la derecha) se llama guiñada (yaw) y se controla por medio del timón de cola o dirección. (Miguel Angel Muñoz , 2000)

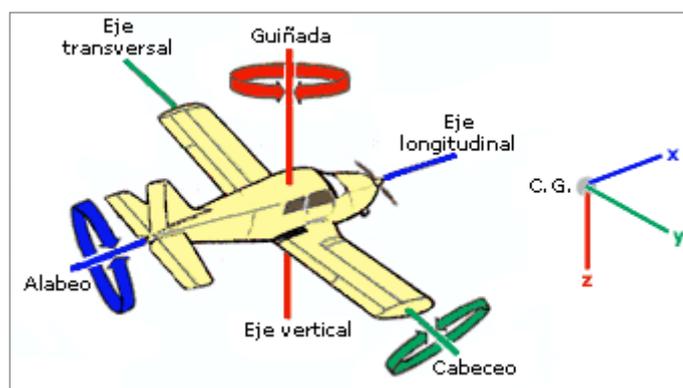


Figura 4 Ejes del avión

Fuente: (Miguel Angel Muñoz , 2000)

2.4 CONTROLES DE VUELO

El movimiento de un avión se define con el movimiento de traslación y de rotación alrededor de un conjunto fijo de ejes definidos. El sistema de control de vuelo de un avión es un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos, que permiten al piloto ejercer el control del avión durante todas las fases del vuelo. Este sistema de control de vuelo consta de los controles en cabina, sensores, actuadores (hidráulicos, mecánicos o eléctricos) que accionan las superficies de control y ordenadores.

Estas superficies aerodinámicas de control accionadas mediante diferentes sistemas son tres: el elevador o timón de profundidad, timón de dirección o rudder y alerones. Las superficies de control de vuelo modifican la aerodinámica del avión, provocando un desequilibrio de fuerzas, es decir, una o más cambian de magnitud. Este desequilibrio es lo que hace que el avión se mueva sobre uno o más de sus ejes, que incremente la sustentación, o que aumente la resistencia. De acuerdo con su función, los

mandos de vuelo que controlan las superficies se clasifican en dos grandes grupos: control de vuelo primario o secundario. (Miguel Angel Muñoz , 2000)

2.4.1 Controles de vuelo primarios.

Son superficies aerodinámicas movibles que, accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modifican la aerodinámica del avión provocando el desplazamiento de este sobre sus ejes y de esta manera el seguimiento de la trayectoria de vuelo deseada.

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies.

2.4.2 Alerones.

Palabra de origen latino que significa "ala pequeña", son unas superficies móviles, situadas en la parte posterior del extremo de cada ala, cuyo accionamiento provoca el movimiento de alabeo del avión sobre su eje longitudinal. Su ubicación en el extremo del ala se debe a que en esta parte es mayor el par de fuerza ejercido.

El piloto acciona los alerones girando el volante de control a la izquierda o la derecha, o en algunos aviones moviendo la palanca de mando a la izquierda o la derecha.

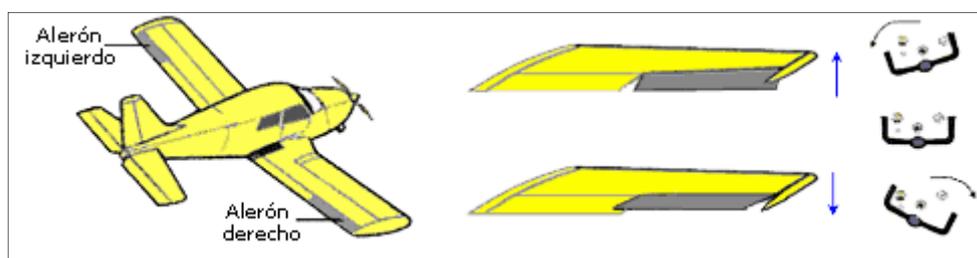


Figura 5 Alerones

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

Los alerones tienen un movimiento asimétrico. Al girar el volante hacia un lado, el alerón del ala de ese lado sube y el del ala contraria baja, ambos en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro dado al volante. El

alerón arriba en el ala hacia donde se mueve el volante implica menor curvatura en esa parte del ala y por tanto menor sustentación, lo cual provoca que esa ala baje; el alerón abajo del ala contraria supone mayor curvatura y sustentación lo que hace que esa ala suba. Esta combinación de efectos contrarios es lo que produce el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende. (Miguel Angel Muñoz , 2000)

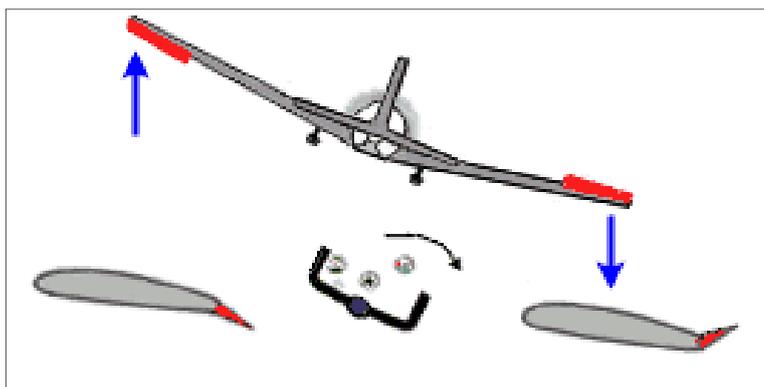


Figura 6 Funcionamiento de alerones

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

2.4.3 Timón de profundidad (elevador)

Es la superficie o superficies móviles situadas en la parte posterior del empenaje horizontal de la cola del avión. Aunque su nombre podría sugerir que se encarga de hacer elevarse o descender al avión, en realidad su accionamiento provoca el movimiento de cabeceo del avión (morro arriba o morro abajo) sobre su eje transversal. Obviamente, el movimiento de cabeceo del avión provoca la modificación del ángulo de ataque; es decir que el mando de control del timón de profundidad controla el ángulo de ataque.

En algunos aviones, el empenaje horizontal de cola es de una pieza haciendo las funciones de estabilizador horizontal y de timón de profundidad. El timón de profundidad es accionado por el piloto empujando o tirando del volante o la palanca de control, y suele tener una deflexión máxima de 40° hacia arriba y 20° hacia abajo.

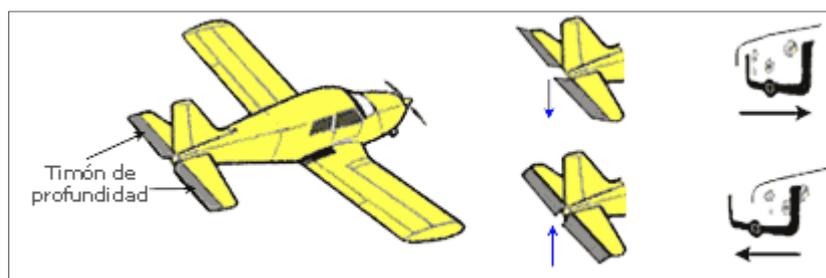


Figura 7 Timón de profundidad (elevador)

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

Al tirar del volante de control, esta superficie sube mientras que al empujarlo baja -en algunos aviones se mueve la totalidad del empenaje horizontal. El timón arriba produce menor sustentación en la cola, con lo cual esta baja y por tanto el morro sube (mayor ángulo de ataque). El timón abajo aumenta la sustentación en la cola, esta sube y por tanto el morro baja (menor ángulo de ataque). De esta manera se produce el movimiento de cabeceo del avión y por extensión la modificación del ángulo de ataque.

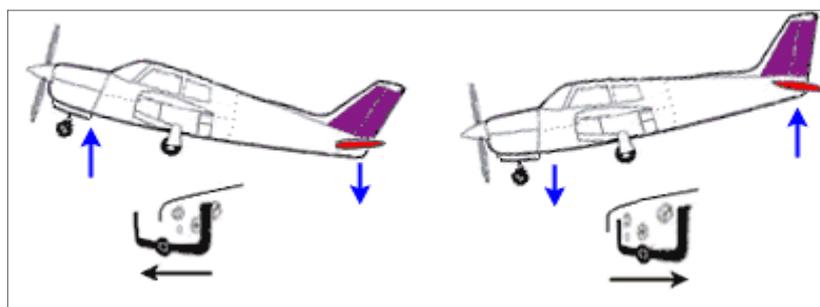


Figura 8 Funcionamiento timón de profundidad

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz, 2015)

2.4.4 Timón de dirección (rudder)

Es la superficie móvil montada en la parte posterior del empenaje vertical de la cola del avión. Su movimiento provoca el movimiento de guiñada del avión sobre su eje vertical, sin embargo ello no hace virar el avión, sino que se suele utilizar para equilibrar las fuerzas en los virajes o para centrar el avión en la trayectoria deseada. Suele tener una deflexión máxima de 30° a cada lado. Esta superficie se maneja mediante unos pedales situados en el suelo de la cabina.

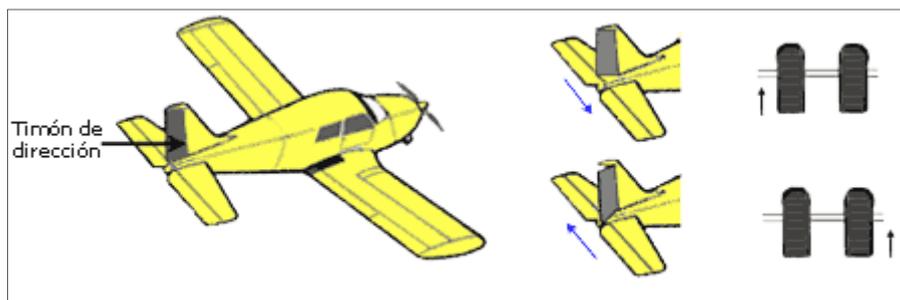


Figura 9 Timón de dirección (rudder)

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

Al pisar el pedal derecho, el timón de dirección gira hacia la derecha, provocando una reacción aerodinámica en la cola que hace que esta gire a la izquierda, y por tanto el morro del avión gire (guiñada) hacia la derecha. Al pisar el pedal izquierdo, sucede lo contrario: timón a la izquierda, cola a la derecha y morro a la izquierda.

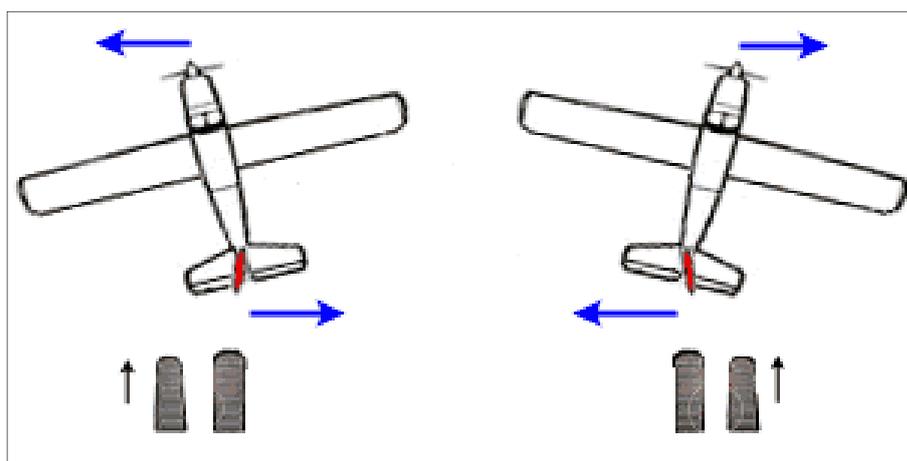


Figura 10 Funcionamiento Rudder

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

2.5 Controles de vuelo secundarios.

Es posible disminuir la velocidad mínima que sostiene a un avión en vuelo mediante el control de la capa límite, modificando la curvatura del perfil, o aumentando la superficie alar. Las superficies que realizan una o más de estas funciones se denominan superficies hipersustentadoras.

Las superficies primarias nos permiten mantener el control de la trayectoria del avión, las secundarias se utilizan en general para modificar la sustentación del avión y hacer más fáciles muchas maniobras. Las superficies secundarias son: flaps, slats y spoilers o aerofrenos.

2.5.1 Flaps.

Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala. Situados en la parte interior trasera de las alas, se deflectan hacia abajo de forma simétrica (ambos a la vez), en uno o más ángulos, con lo cual cambian la curvatura del perfil del ala (más pronunciada en el extrados y menos pronunciada en el intrados), la superficie alar (en algunos tipos de flap) y el ángulo de incidencia, todo lo cual aumenta la sustentación (y también la resistencia).

Se accionan desde la cabina, bien por una palanca, por un sistema eléctrico, o cualquier otro sistema, con varios grados de calaje (10° , 15° , etc..) correspondientes a distintas posiciones de la palanca o interruptor eléctrico, y no se bajan o suben en todo su calaje de una vez, sino gradualmente. En general, deflexiones de flaps de hasta unos 15° aumentan la sustentación con poca resistencia adicional, pero deflexiones mayores incrementan la resistencia en mayor proporción que la sustentación.

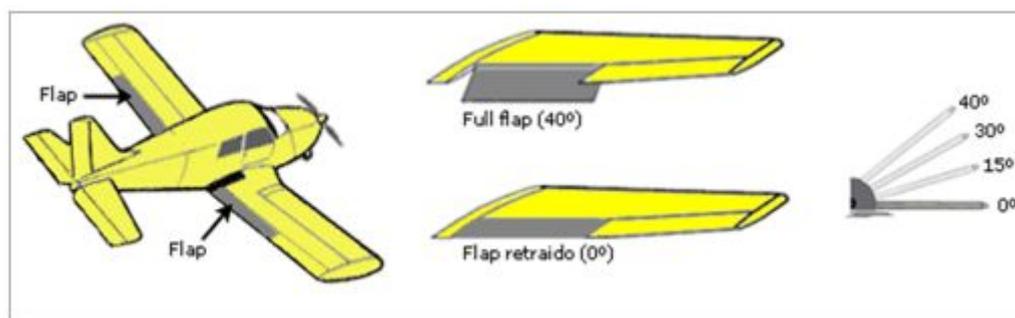


Figura 11 Flaps

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

Los flaps únicamente deben emplearse en las maniobras de despegue, aproximación y aterrizaje, o en cualquier otra circunstancia en la que sea necesario volar a velocidades más bajas que con el avión "limpio".

Los efectos que producen los flaps son:

- Aumento de la sustentación.
- Aumento de la resistencia.
- Posibilidad de volar a velocidades más bajas sin entrar en pérdida.
 - Se necesita menor longitud de pista en despegues y aterrizajes.
 - Crean una tendencia a picar.
 - En el momento de su deflexión el avión tiende a ascender y perder velocidad.

2.5.2 Slats.

Son superficies hipersustentadoras que actúan de modo similar a los flaps. Situadas en la parte anterior del ala, al deflactarse canalizan hacia el extradado una corriente de aire de alta velocidad que aumenta la sustentación permitiendo alcanzar mayores ángulos de ataque sin entrar en pérdida.

Se emplean generalmente en grandes aviones para aumentar la sustentación en operaciones a baja velocidad (aterrizajes y despegues), aunque también hay modelos de aeroplanos ligeros que disponen de ellos.

En muchos casos su despliegue y repliegue se realiza de forma automática; mientras la presión ejercida sobre ellos es suficiente los slats permanecen retraídos, pero cuando esta presión disminuye hasta un determinado nivel (cerca de la velocidad de pérdida) los slats se despliegan de forma automática. Debido al súbito incremento o disminución (según se extiendan o replieguen) de la sustentación en velocidades cercanas a la pérdida, debemos extremar la atención cuando se vuela a velocidades bajas en aviones con este tipo de dispositivo.

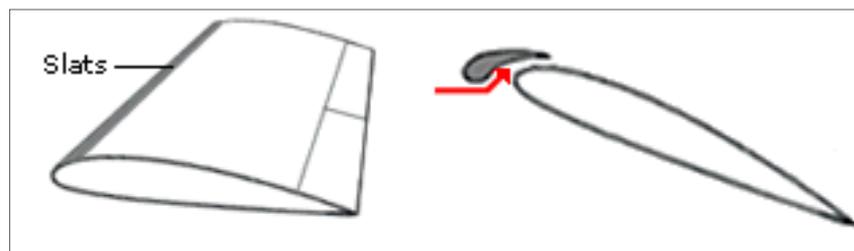


Figura 12 Slats

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

2.5.3 Spoilers o aerofrenos.

Al contrario que los anteriores, el objetivo de esta superficie es disminuir la sustentación del avión. Se emplean sobre todo en reactores que desarrollan altas velocidades y sirven para frenar el avión en vuelo, perder velocidad y facilitar el aterrizaje, ayudar a frenar en tierra, y en algunos aviones como complemento de los alerones para el control lateral y los virajes en vuelo.

Las superficies secundarias (flaps, slats, spoilers) siempre funcionan en pareja y de forma simétrica, es decir el accionamiento del mando correspondiente provoca el mismo movimiento (abajo o arriba) de las superficies en las dos alas (excepto en los movimientos de los spoilers complementando a los alerones).

Al afectar a la sustentación, a la forma del perfil, y a la superficie alar, el que funcione una superficie y no su simétrica puede suponer un grave inconveniente. Asimismo, tienen un límite de velocidad, pasada la cual no deben accionarse so pena de provocar daños estructurales.

A lo largo del tiempo existieron algunos accidentes de aviones comerciales debido al despliegue inadvertido de alguna de estas superficies en vuelo, lo cual ha llevado a mejorar los diseños, incorporando elementos que eviten su accionamiento a velocidades inadecuadas.

En los aviones comerciales, todas estas superficies (primarias y secundarias) se mueven por medios eléctricos e hidráulicos. La razón es obvia; su envergadura hace que las superficies de control sean mayores;

están más alejadas de los mandos que las controlan, y además soportan una presión mucho mayor que en un avión ligero. Todo esto reunido hace que se necesite una fuerza extraordinaria para mover dichas superficies, fuerza que realizan los medios mencionados.

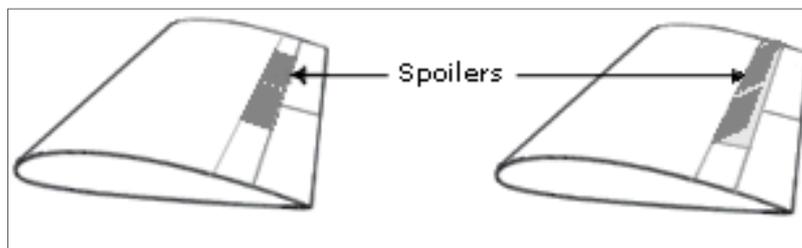


Figura 13 Spoilers

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

2.6 REGLAJE DE LOS CONTROLES DE VUELO

2.6.1 Reglaje de sistemas de control.

El reglaje de sistema de control de aeronaves implica el ajuste y desplazamiento de los controles de vuelo móviles que están unidos a las superficies principales de aeronaves, tales como las alas y los estabilizadores vertical y horizontal. Los alerones están unidos a las alas, los elevadores están unidos al estabilizador horizontal, y el timón de dirección está unido al estabilizador vertical.

El reglaje consiste en el ajuste de la tensión del cable, ajustando los límites del recorrido de los controles de vuelo, y fijando los topes de carrera.

Además de los controles de vuelo, el reglaje también se realiza en diversos componentes que pueden incluir controles de motor, controles de la cabina de vuelo, y los componentes del tren de aterrizaje retráctil. (TOUR KLL , 2009)

2.6.2 Mantenimiento de los cables.

Se debe realizar el mantenimiento de la tensión adecuada en el cable de control de la aeronave ya que es de vital importancia para la seguridad

del vuelo. En el manual de mantenimiento de la aeronave, se encontrará los procedimientos para la medición de tensión de los cables de la aeronave.

Siga los procedimientos completamente, en el manual de mantenimiento también mostrará las ubicaciones de los paneles de acceso para ganar acceso a los cables de control.

Si no se puede identificar un cable específico, mueva el control de vuelo apropiado y ver si el cable se mueve. El manual de mantenimiento también contiene un gráfico que muestra la tensión del cable adecuado. En el gráfico se representa como la tensión del cable frente a la temperatura.

La temperatura de la aeronave es importante porque los cables de acero y la estructura del avión de aluminio tienen diferentes coeficientes de dilatación; la tensión del cable va a cambiar con la temperatura. El gráfico también le dará un rango para la tensión del cable adecuado para cada temperatura.

Obtener un tensiómetro de cable para verificar la tensión de cada uno de los cables del sistema.

Mover la aeronave a una zona con una temperatura estable. Tome la temperatura de la aeronave. En pocas palabras, se anota la temperatura en el hangar dado que el avión se ha aclimatado a la temperatura hangar. Registrar la temperatura y utilizarlo para leer los gráficos de tensión de cable en el manual de mantenimiento.

Medir el diámetro del cable que necesita su tensión medida. En algunos tensiómetros de cable, se establece el diámetro del cable en la línea antes de realizar una medición de la tensión. En otros tensiómetros, necesita el diámetro del cable a utilizar el diagrama de calibración suministrado con el tensiómetro. Muestre un corto gobernante maquinista al cable, y medir el diámetro.

Medir la tensión de cada cable de los aviones. Registrar la temperatura, el diámetro del cable, la tensión lectura y la función del cable (timón, alerones, entre otros).

Calcular la tensión lectura final. Algunos tensiómetros tienen una tabla de calibración. La lectura de su tensión final debe ser la tensión real propuesta por el diagrama de calibración.

Para verificar si sus tensiones de cable son medidos dentro de las especificaciones de los aviones. Compare sus tensiones a la temperatura medida con las tensiones graficadas del manual de mantenimiento. Todas las tensiones de cable deben ser medidos dentro del intervalo dado en el gráfico.

Si la tensión es demasiado apretado o demasiado flojo, será necesario ajustar la tensión. Este ajuste de tensión del cable se puede realizar por el propietario de una aeronave experimental. Sin embargo, los ajustes de certificado (construido en el comercio) las aeronaves deben ser realizadas por un mecánico de aviones con licencia. Si una tensión de cable está fuera de especificaciones, inspeccione la aeronave para encontrar la causa. (GERARDO ABAJO , 2010)

2.7 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO

2.7.1 Rueda de control (Control Wheel)

Una rueda de control convencional está montada en la parte superior de cada columna de control para proveer los medios para manipulación y los controles del sistema de alerones desde el comportamiento de la tripulación. La rueda y un tambor dentro de la columna de control están ranurados para tener un eje común.

El cable del alerón está envuelto en el tambor y es asegurado en su posición mediante dos abrazaderas por delante y por detrás del tambor mientras el cable pasa a través de la red del tambor. Un switch eléctrico (botón o pulsador) está instalado en el extremo interior de la rueda de control con cables que atraviesan el interior del borde de la rueda y por afuera de la parte central de la rueda dentro y a través del centro del eje. Dos topes permanentes están montados en el control de columna para detener el

movimiento de la rueda en 120 grados +0, -1(grados) hacia la derecha o izquierda. (Hiller, Fairchild, 1966)

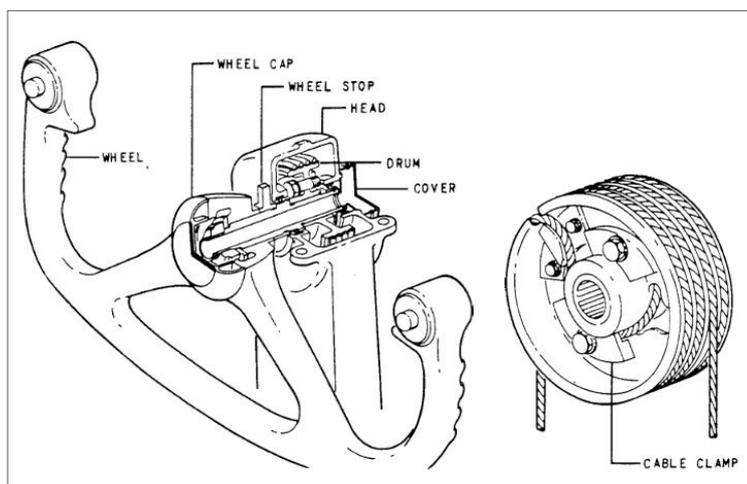


Figura 14 Rueda de control.

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.2 Eje Auxiliar (Auxiliary Shaft)

Un eje, montado en cojinetes detrás del ingreso a la cabina y a continuación del piso de compartimento neumático, monta los sectores delanteros del control del alerón y un nivel del elevador.

Dos sectores pequeños en cada extremo del eje están conectados a los cables reforzando a la rueda de control del piloto o copiloto. Uno de los sectores largos está montado dentro de los sectores más pequeños a mano izquierda. Este sector es la siguiente conexión para los conjuntos de cable principales del alerón que van hacia atrás del conjunto del sector intermedio en el ala izquierda. El eje auxiliar y los sectores están fijados con pernos mientras que la palanca del elevador se desliza libremente en el eje. (Hiller, Fairchild, 1966)

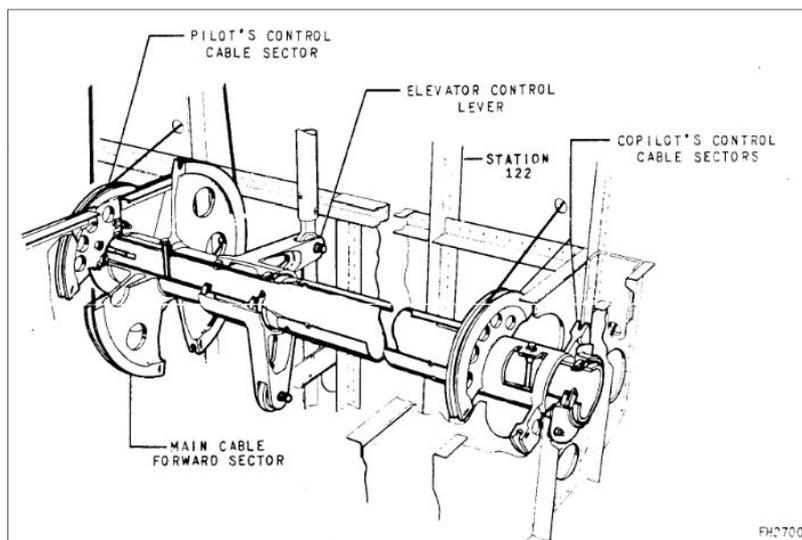


Figura 15 Eje auxiliar

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.3 Sector Intermedio (Intermediate Sector)

Un sector con triple ranurado está montado en el lado posterior de los largueros traseros del ala izquierda. La última ranura retiene el conjunto de cables hacia delante al sector en el eje auxiliar, montado a continuación del compartimiento neumático. La ranura centra extendido al sector impulsor del alerón izquierdo mientras que la ranura delantera retiene el conjunto de cables del alerón derecho.

Un corte en el conjunto se alinea con el pin del gust lock cuando el conjunto está en posición neutral. El acceso al conjunto se logra bajando los flaps y abriendo el panel más interior en el borde de salida del ala izquierda. (Hiller, Fairchild, 1966)

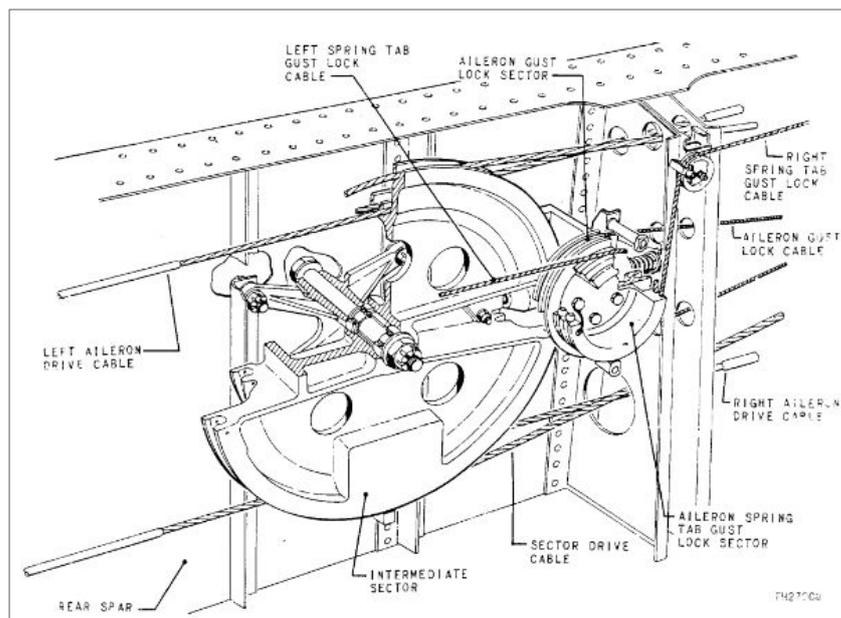


Figura 16 Sector Intermedio

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.4 Sector Impulsor y Barra de Torsión

Un sector o segmento de rueda está montado en un sujetador unido a la parte posterior del larguero trasero justo por fuera del ala en cada una de ellas. El sector transfiere la acción del cable a una varilla de doble efecto conectada a una palanca unida a uno de los extremos de una barra de torsión, montada en la línea de articulación del alerón. El extremo opuesto de la barra de torsión está asegurado al alerón, así que ninguna fuerza debe pasar a través de la barra para mover el alerón. También, unida a la palanca de la barra de torsión está una varilla de doble efecto conectada al balancín del spring tab.

Cuando se encuentra operativo, el alerón será movido por los controles si la carga de aire en la superficie del alerón es menor que la resistencia torsional de la barra de torsión. Con una carga de aire en la superficie del alerón, la barra de torsión se enrosca y la palanca rota para mover el spring tab. Un tope es incorporado en la barra de torsión montado para limitar la cantidad de giro que puede ser aplicada a la barra. Una lámina de acceso es instalada en el interior del ala a continuación del conjunto del sector y los

fairings cubren las varillas de doble efecto, la palanca el balancín de la aleta. (Hiller, Fairchild, 1966)

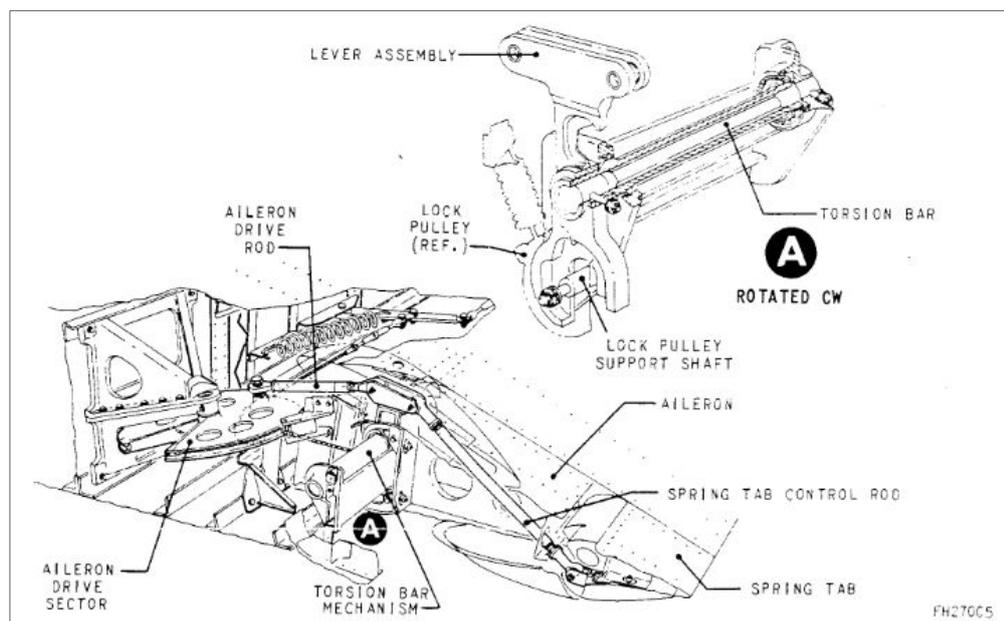


Figura 17 Sector Impulsor y Barra de Torsión

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.5 Spring Tab

El spring tab está unido al borde de salida de un extremo hacia el interior del alerón. Su propósito es asistir en el movimiento del alerón construcción de la aleta o tab consiste de una pieza de piel de aleación de aluminio reforzado con un larguero frontal e intermedio que va a lo largo de la aleta.

El borde de ataque es plástico reforzado sujetado por tornillos al larguero frontal.

Los reforzadores y espaciadores están conectados a tierra al fuselaje para tener rigidez, y termina de forma cónica en el borde de salida. La piel está remachada al larguero delantero e intermedio. Las costillas están remachadas a cada extremo y en ambos lados de las aberturas de la articulación delantera del larguero intermedio. Los acoples de las articulaciones son pernos de horquillas unidos al larguero intermedio. Un balancín de alerón está montado en la superficie baja de la aleta o tab como un sujetador para el control de la varilla de doble efecto y está cubierta por

un fairing. El spring tab es una superficie equilibrada con pesos de compensación unidos al larguero delantero. (Hiller, Fairchild, 1966)

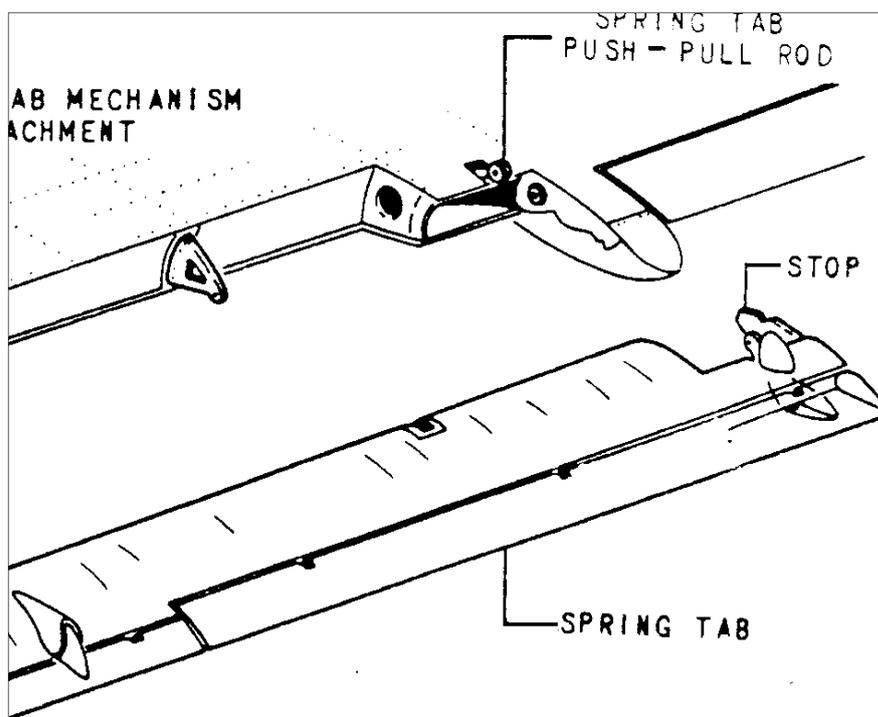


Figura 18 Spring Tab

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.6 Balance Tab

El balance tab está unido al borde de salida en el extremo hacia afuera del alerón. La función del tab es de reducir el esfuerzo requerido por el piloto en los controles. El tab en el alerón derecho está también conectado al control del trim del alerón; por consiguiente funciona como un trim tab.

La construcción del tab consiste de una lámina de una pieza, sujeta firmemente por reforzadores y espaciadores que están conectados a tierra y remachados al fuselaje, remachados a un larguero y a una lámina trasera que se extiende a lo largo del tab o aleta. Las articulaciones son cuatro pernos de horquilla sujetos al larguero. Un balancín de alerón está sujeto a la parte superior del tab para proveer conexión para el control de la varilla de doble efecto. Un fairing cubre la varilla y el balancín del alerón. (Hiller, Fairchild, 1966)

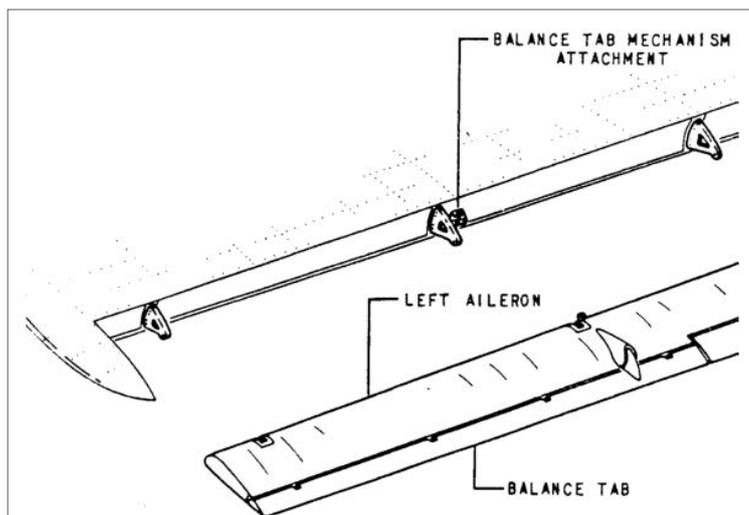


Figura 19 Balance Tab

Fuente: (Hiller, Fairchild, 1966)

2.7.7 Sistema de cables

El material de los cables de control de aeronaves se fabrica de acero al carbono o acero inoxidable (resistente a la corrosión). Además, algunos fabricantes utilizan un cable revestido de nylon que se produce mediante la extrusión de un revestimiento de nylon flexible sobre cable de acero resistente a la corrosión (CRES). Mediante la adición de la capa de nylon para el cable de acero resistente a la corrosión, aumenta la vida de servicio mediante la protección de las hebras de los cables, manteniendo libres de la suciedad y el polvo, además sirve como amortiguación de vibraciones que pueden tener los cables en tramos largos.

El diámetro del alambre determina el diámetro total del cable. Un número de cables están unidos en una forma helicoidal o espiral y entonces se forma una hebra. Estos filamentos unidos se colocan alrededor de una hebra central recta para formar un cable.

La designación del cable se basa en el número de hilos y cables en cada hebra. El cable de 7 x 19 se compone de siete hebras de 19 hilos cada uno. Seis de estas hebras se establecen alrededor del cordón central. Este cable es muy flexible y se utiliza en sistemas de control primario y en otros lugares donde la operación sobre poleas es frecuente. (Chaminda Wijerathne, 2013)

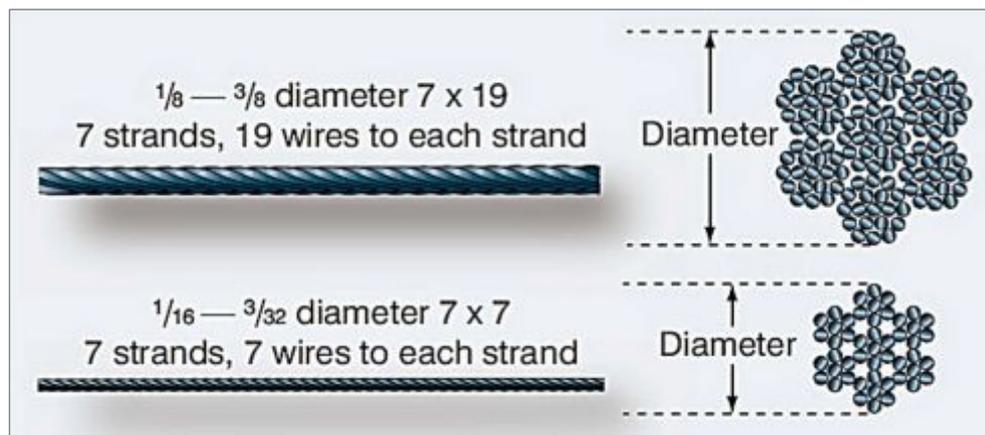


Figura 20 Diámetro del cable

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.7.1 Inspección de cable

Los sistemas de cables de aeronaves están sujetos a una variedad de condiciones ambientales y el deterioro. Alambres o hebras rotas es fácil de reconocer visualmente. Otros tipos de deterioro, tales como el desgaste, la corrosión y la distorsión, no son fáciles de ver. Se debe prestar especial atención a las áreas donde los cables pasan a través de compartimentos de la batería, lavatorios, y pozos del tren de aterrizaje. Estas son las áreas principales para la corrosión. Se debe prestar especial atención a las zonas de fatiga críticos. Dichas zonas se definen como en cualquier parte del cable pasa por encima, por debajo o alrededor de una polea, o a través de un pasacables; o cualquier sección en la que se flexiona el cable o se frotó.

Una inspección en estas áreas de fatiga críticos puede realizarse frotando una tela a lo largo del cable. Si hay algunos hilos rotos, se notara fácilmente en el cable.

Una inspección más detallada se puede realizar en las áreas que pueden ser corroídos o indiquen un fallo por fatiga por perder o quitar el cable y doblarlo. Esta técnica revela hebras rotas internas no son fácilmente aparentes desde el exterior. (Chaminda Wijerathne , 2013)



Figura 21 Inspección del cable

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.7.2 La tensión del cable

La tensión del cable para los controles de vuelo debe ser correcta. Para determinar la cantidad de tensión en un cable, se utiliza un tensiómetro. Cuando se mantienen adecuadamente, un tensiómetro es del 98 por ciento de precisión. La tensión del cable se determina midiendo la cantidad de fuerza necesaria para hacer un desplazamiento en el cable entre dos bloques de acero endurecido llamados yunques. Un elevador o pistón se presiona contra el cable para formar el balance. Varios fabricantes hacen una variedad de tensiómetros, cada tipo diseñado para diferentes tipos de cable, tamaños de cable, y las tensiones de los cables. (Chaminda Wijerathne , 2013)

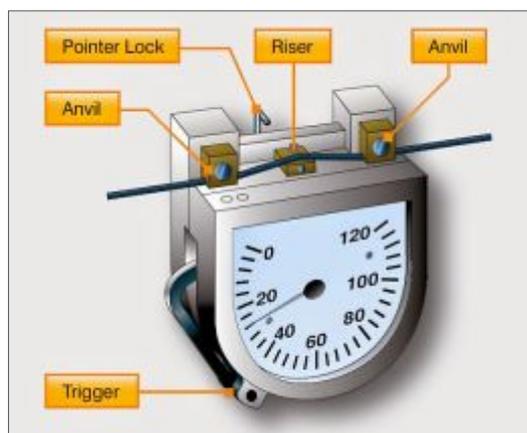


Figura 22 Tensión del Cable

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.8 Poleas de cables

Las poleas se utilizan para guiar cables y también para cambiar la dirección de movimiento del cable. Los cojinetes de las poleas están sellados y no necesitan lubricación que no sea la lubricación realizada en fábrica. Los soportes fijados a la estructura de la aeronave soportan las poleas. Los cables que pasan sobre poleas se mantienen en su lugar por los canales.

Los canales son bien ajustados para evitar atascos o para evitar que los cables se resbale cuando se aflojen debido a las variaciones de temperatura. Las poleas deben ser examinadas para asegurar una lubricación apropiada; una rotación suave para verificar el desgaste del cable anormales que pueden proporcionar una indicación de otros problemas en el sistema de cables. (Chaminda Wijerathne , 2013)

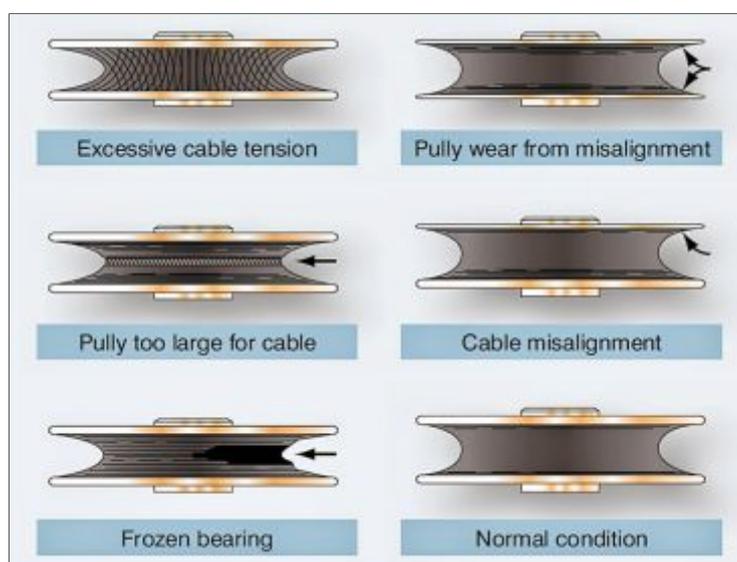


Figura 23 Poleas

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.9 Guías de entrada (Fairlead)

Pueden estar contruidos de un material no metálico como el fenólico, o de un material metálico, tal como el aluminio blando. La guía de entrada

rodea completamente el cable en el que pasa a través de agujeros en los mamparos u otras piezas metálicas. Guía cabos se utilizan para guiar cables en una línea recta a través de o entre los miembros estructurales de la aeronave. Guía cabos nunca deben desviar la alineación de un cable de más de 3° de la línea recta.

Los sellos de presión se instalan donde los cables (o varillas) se mueven a través de los mamparos de presión. Los sellos de presión deben ser inspeccionados a intervalos regulares para determinar que los anillos de seguridad están en su lugar. Si un anillo de retención se desprende, puede deslizarse a lo largo del cable y causar la interferencia de una polea. (Chaminda Wijerathne , 2013)

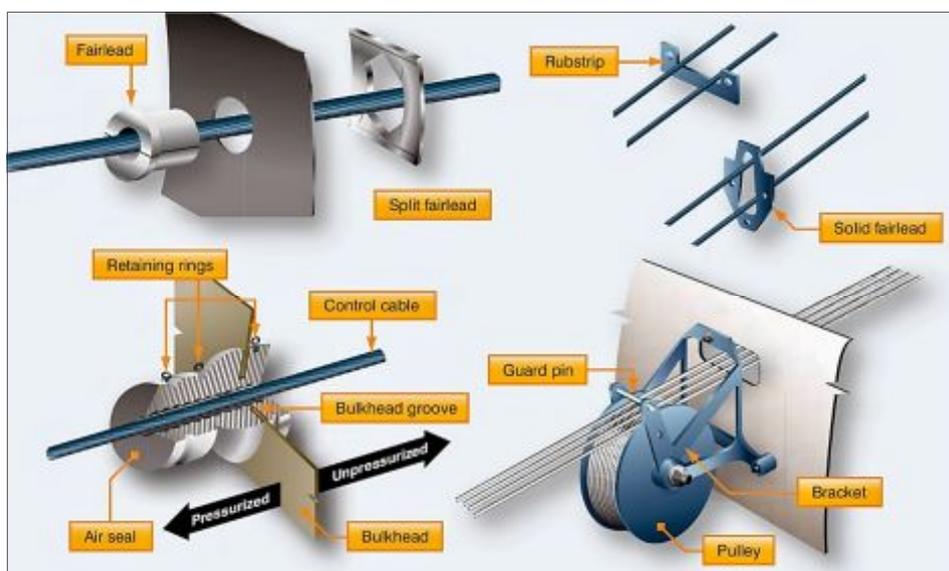


Figura 24 Guías de Entrada (Fairleads)

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.10 Los reguladores de tensión

Reguladores de la tensión del cable se usan en algunos sistemas de control de vuelo porque hay una considerable diferencia en la expansión temperatura de la estructura de la aeronave de aluminio y los cables de control de acero.

Algunos aviones grandes incorporar reguladores de tensión en los sistemas de cable de control para mantener una tensión de cable dado automáticamente. La unidad consta de un muelle de compresión y un mecanismo de bloqueo que permite que el resorte para hacer la corrección en el sistema sólo cuando el sistema de cable está en punto neutral. (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.11 Tensores (Turnbuckles)

El conjunto de tensor es un dispositivo de tornillo mecánico que consiste en dos terminales roscados y un cilindro de rosca. Los tensores están equipados en el conjunto de cable con el fin de hacer ajustes menores en la longitud del cable y para ajustar la tensión del mismo. Uno de los terminales tiene roscas hacia la derecha, y el otro tiene roscas hacia la izquierda.



Figura 25 Tensores (Turnbuckles)

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

Al instalar un tensor en un sistema de control, es necesario para atornillar ambos de los terminales de un número igual de vueltas en el barril. También es esencial que todos los terminales tensores pueden atornillar en el barril hasta no más de tres hilos son expuestos a ambos lados del cilindro tensor. Después de un tensor se ajusta correctamente, debe ser asegurado. Hay una serie de métodos para la seguridad de un tensor. Se prefiere un método de cable de seguridad de doble envoltura.

Algunos tensores están fabricados y diseñados para dar cabida a los dispositivos de bloqueo especiales. (Chaminda Wijerathne , 2013)

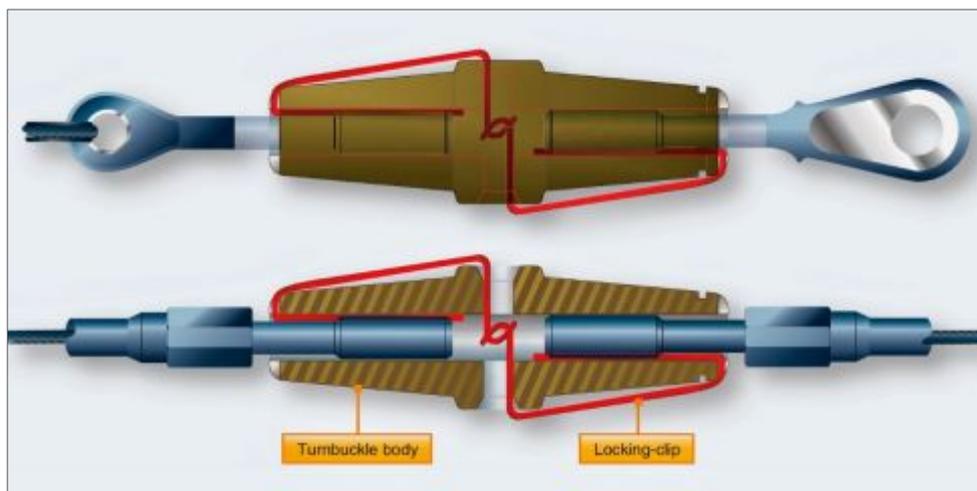


Figura 26 Frenado de tensores
Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.12 Conectores de cable

Además de los tensores, los conectores de cable se utilizan en algunos sistemas. Estos conectores permiten que una longitud de cable puede ser conectado o desconectado de un sistema rápidamente.

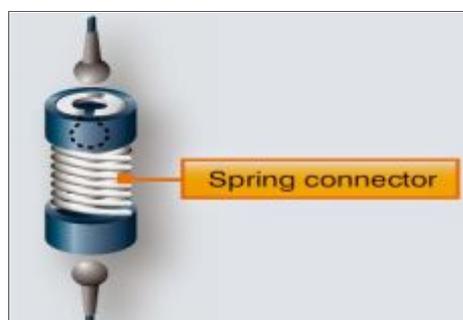


Figura 27 Conectores de cables
Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.13 Las varillas de empuje (barras de control)

Varillas de empuje se utilizan como enlaces en el sistema de control de vuelo para dar movimiento de vaivén. Ellos se pueden ajustar en uno o ambos extremos. En la figura se muestra las partes de una varilla de empuje. Note que consiste en un tubo con los extremos de barra roscados. Un extremo de la varilla ajustable antifricción, o cabeza de articulación de horquilla, concede a cada extremo del tubo. El extremo de la varilla o de

horquilla, permite la fijación del tubo para las partes del sistema de control de vuelo.

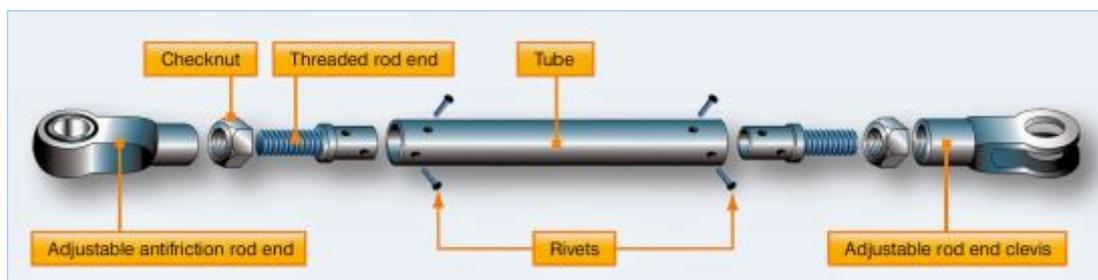


Figura 28 Varillas de control

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

Las varillas deben ser perfectamente rectos, a no ser diseñado para ser de otra manera. Cuando se instala como parte de un sistema de control, el montaje debe comprobarse la correcta alineación y la libre circulación.

Es posible que las varillas de control equipados con cojinetes se puedan desconectar debido a la falla de los retenedores de las pistas de bolas en el extremo del vástago. Esto se puede evitar mediante la instalación de las barras de control de forma que la brida del extremo del vástago está interpuesto entre el anillo de rodadura y el extremo fijo de la clavija de fijación o perno.

Otra alternativa es colocar una arandela, que tiene un diámetro mayor que el orificio de la brida, en la tuerca de retención en el extremo de la clavija de fijación o perno. Esto conserva la varilla en el perno en el caso de un fallo del cojinete.

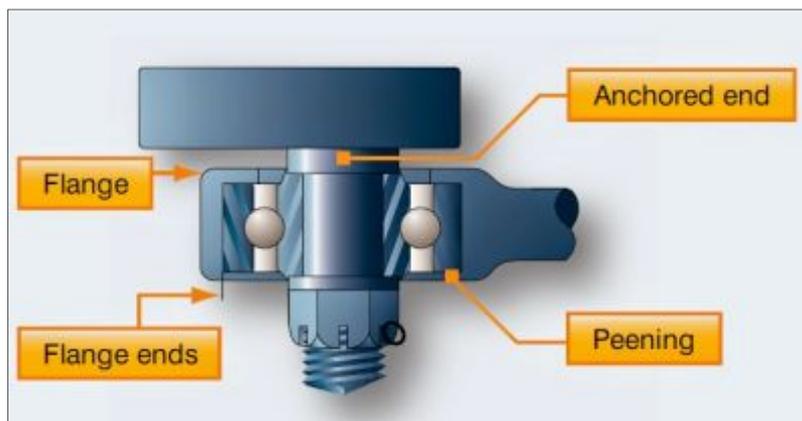


Figura 29 Asegurado con bridas

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.7.14 Tubos de torque

Cuando se necesita un movimiento angular o torsión en un sistema de control, se instala un tubo de torque. En la figura se muestra cómo se utiliza un tubo de torsión para transmitir movimiento en direcciones opuestas.

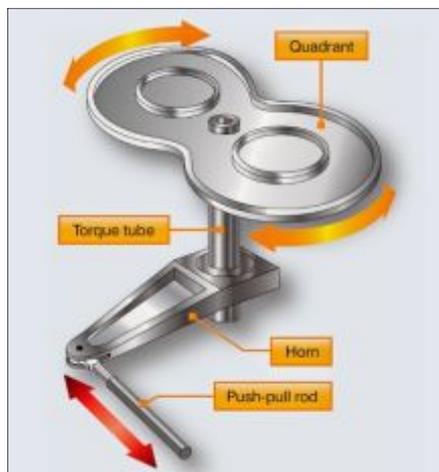


Figura 30 Tubos de torque

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.8 CHEQUEO DE REGLAJE

Todo el montaje de aviones y el reglaje deben llevarse a cabo de conformidad con los requisitos prescritos por la aeronave específica y / o fabricante de componentes de aeronaves. Correctamente siguiendo los procedimientos proporcionados para el correcto funcionamiento de los

componentes en lo que respecta a su función mecánica y aerodinámica y garantiza la integridad estructural de la aeronave.

El procedimiento de reglaje se detalla en los manuales de mantenimiento o de servicio del fabricante aplicable y manuales de reparación estructural aplicable. Además, las hojas de especificación de la aeronave o certificado de tipo de datos (TCDS) también proporcionan información sobre el control de movimiento en la superficie y los límites de peso y balance. (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.9 COMPROBACIÓN Y ASEGURADO DEL SISTEMA

Siempre que el reglaje se realiza en cualquier aeronave, es una buena práctica tener un segundo par de ojos inspeccionar el sistema de control para asegurarse de que todos los tensores, cabezas de rótula, y tuercas de sujeción y tornillos están asegurados correctamente.

Como regla general, todos los elementos de fijación en una aeronave se aseguran de alguna manera. Asegurar se define como la obtención de diversas maneras cualquier tuerca, perno, tensor, etc., en el avión de manera que las vibraciones no causen que se desprendan durante el funcionamiento.

La mayoría de los fabricantes de aviones tienen una sección Procedimientos estándar en sus manuales de mantenimiento. Estos son los métodos que se deben utilizar cuando se trabaja en un sistema particular de una aeronave específica.

El método de cable de seguridad más comúnmente utilizada es la doubleTwist, utilizando acero inoxidable o alambre de frenado en el rango de diámetro 0,032 a 0,040 pulgadas. Este método se utiliza en los espárragos, tensores de cables, controles de vuelo, y accesorios del motor los tornillos de sujeción. Un método de un solo cable se utiliza en los tornillos pequeños, pernos, tuercas y / o cuando se encuentran en un patrón geométrico muy próxima o cerrada. (Chaminda Wijerathne , 2013)

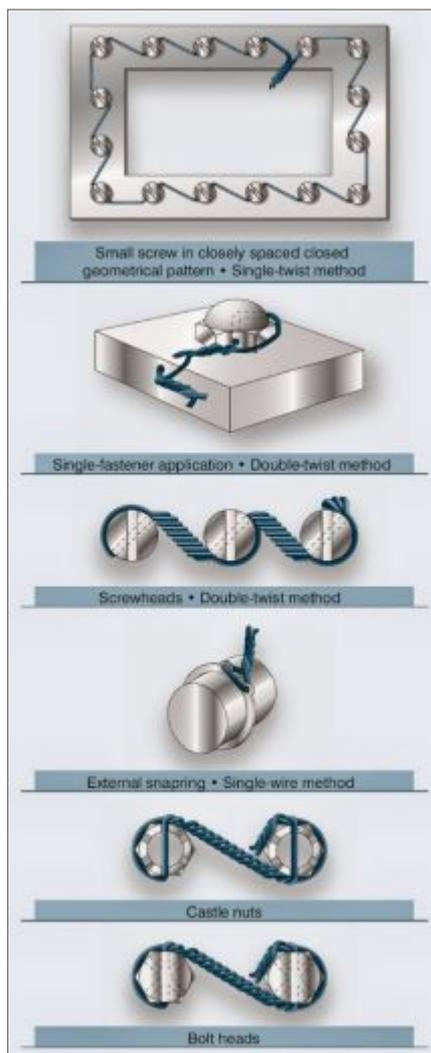


Figura 31 Asegurado del sistema

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

Los pasadores (Cotter pins) se utilizan para asegurar los artículos tales como pernos, tornillos, pernos, y los ejes. Se utilizan en cualquier ubicación en la que un giro o movimiento de accionamiento se lleva a cabo. El diámetro de los pasadores seleccionados para cualquier aplicación debe ser el tamaño más grande que se ajuste coherente con el diámetro del agujero pasador de chaveta y / o las ranuras de la tuerca de castillo.

Los pasadores así como el cable de seguridad, nunca deben ser reutilizados en los aviones.

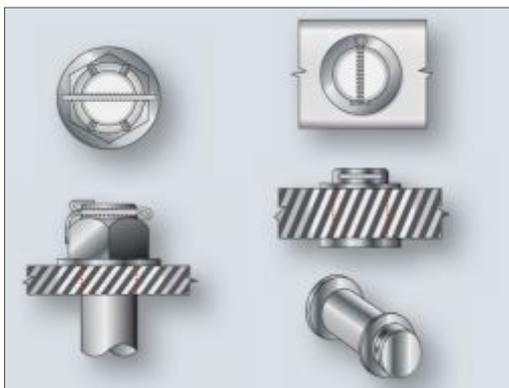


Figura 32 Pasadores

Fuente: (Chaminda Wijerathne , 2013)

2.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo solo se puede disminuir el riesgo.

2.10.1 Clasificación de los E.P.P

- **Protección visual**

Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos, dispondrán de protección apropiada para estos órganos.

- **Protectores del oído**

Los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.

- **Protección respiratoria**

Los equipos de protección respiratoria son equipos de protección individual de las vías respiratorias en los que la protección contra los contaminantes aerotransportados se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados.

- **Protección de Manos**

- Los guantes serán seleccionados de acuerdo a los riesgos a los cuales el usuario este expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.

- Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.

- No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.

- **Protección de Pies**

El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, así mismo debe proteger contra el riesgo eléctrico.

- **Ropa de Trabajo**

Cuando se seleccione ropa de trabajo se deberán tomar en consideración los riesgos a los cuales el trabajador puede estar expuesto y se seleccionará aquellos tipos que reducen los riesgos al mínimo. (PROTECCIÓN, 2000)



Figura 33 Equipos de protección personal

Fuente: (PROTECCIÓN, 2000)

CAPÍTULO III

3.1 PRELIMINARES

La Unidad de Gestión de Tecnologías cuenta con la aeronave Fairchild la cual se utiliza para fines instructivos de los estudiantes de la Carrera de Mecánica, para realizar el reglaje de los controles de vuelo del rudder y alerones es necesario todas las herramientas y equipos de protección.

La información recopilada en los manuales técnicos de la aeronave, son muy importantes, ya que nos da mayor facilidad para el proceso, siguiendo todos los procedimientos pre escritos en ellos. Además de haber seleccionado las herramientas, equipo de protección y aplicando todas y cada una de las normas de seguridad establecidas se procederá al respectivo desarrollo del tema.

3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Para el estudio de factibilidad se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Factor técnico.
- Factor económico.
- Factor legal.

3.2.1 Factor técnico.

En este factor se considera el personal técnico, en este caso la directora del proyecto que nos puede dar las instrucciones para la realización del trabajo y de acuerdo a los conocimientos por parte del alumno mediante la utilización de los manuales con los procedimientos de forma segura.

3.2.2 Factor económico.

Este factor es muy importante ya que es un elemento decisivo que permite determinar la inversión total en el desarrollo del presente proyecto,

es necesario analizar los costos de cada uno de los componentes y materiales que se utilizan durante todo el proceso para analizar su costo total, se consideró también otros gastos como (estadia, alimentación, transporte entre otros) que resultaron necesarios durante el todo el proceso de trabajo, analizando los valores de gastos personales 500 dólares americanos y el valor de materiales y herramientas 750 dólares americanos, dando como resultados un valor total de 1.250 dólares americanos.

3.2.3 Factor legal.

En este factor se consideró las normas establecidas en los manuales del fabricante, para verificar los materiales y herramientas necesarios durante la realización del proyecto. De acuerdo con el análisis e investigación desarrollada se logró establecer que se necesitan algunas herramientas necesarias que la institución no dispone para realizar el trabajo.

3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó las medidas de seguridad adecuadas para prevenir cualquier incidente o accidente ya sea con las personas o con la aeronave.

- **Protección de manos:** Se utilizó guantes para realizar el trabajo de reglaje.
- **Protección de pies:** Se utilizó calzado punta de acero para el trabajo.
- **Protección de la vista:** Se utilizó unas gafas protectoras.
- **Ropa de trabajo:** se utilizó el overol de trabajo.

3.3 DESARROLLO DEL TEMA.

- Para empezar con el desarrollo del tema debemos obtener los materiales y herramientas necesarios para realizar este trabajo.

Tabla 1
Materiales para limpieza y reglaje

MATERIALES		
	Guaípe	Hilos de lana/ tela
	Desengrasante	Clean orange
	Grasa	AeroShell Grasa 6
	Alambre de frenado	0.0032 inch
	Guantes	Guantes de nitrilo

Tabla 2
Herramientas y equipos

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS		
	Destornilladores	Plano, estrella
	Cortadora diagonal	Diagonal cutting 8"
	Tensiómetro	Pacific Scientific Tensiómetro
	Herramientas de medición especiales	Calibre pie de rey
	Llaves mixtas	3/8 5/16 1/2 13/16
	Entorchador	Tipo alicate

- En primer lugar se calzaron las ruedas y se coloca el avión en posición de vuelo es decir, nivelado tanto longitudinal como transversal de forma que no pueda moverse la aeronave.



Figura 34 Aeronave nivelada

- La aeronave se encuentra en un lugar que está completamente nivelado por lo que no hizo falta realizar los procesos de nivelado de la aeronave.
- Como la aeronave se encuentra nivelada seguimos con el procedimiento para el reglaje.



Figura 35 Aeronave completamente nivelada

- Empezamos a comprobar cómo se encuentra el reglaje de los sistemas y en caso de no estar correctamente se debe realizar el respectivo reglaje.

3.4 .1 REGLAJE DE LOS ALERONES Y RUDDER.

3.4.1.1 Reglaje de los alerones.

- Antes de empezar a realizar el reglaje obtuvimos la información de los manuales y las herramientas, como la institución no dispone de la herramienta de medición del desplazamiento se tuvo que adquirir esta herramienta para poder realizar el trabajo.



Figura 36 Regla de calibración.

- Además de esta herramienta también fue necesario la utilización de un tensiómetro, el cual la institución lo dispone pero no se encuentra calibrado.



Figura 37 Tensiómetro.

- Una vez que ya se adquirió la herramienta de medición se pudo continuar con el proceso de reglaje.
- Ubicamos la columna de control del compartimento de la tripulación en una posición neutra.



Figura 38 Columna de control en posición neutra.

- Alinear el tubo de torque y la sección que se encuentra bajo el piso del compartimento de la tripulación en la posición neutra.
- Los sectores de los paneles exteriores derecho e izquierdo deben estar formando un solo conjunto ubicado en una posición neutra.



Figura 39 Superficie alar alineada.

- Verificar las superficies de los alerones en una posición neutra para usar la herramienta de contorno que se encuentra numerada con los diferentes ángulos.



Figura 40 Alerón en posición neutra.

- Para revisar el desplazamiento de los alerones se realizó moviendo desde la cabina y también moviendo manualmente, hasta que llegue a su tope y mediante la herramienta de medición verificamos, tanto en la parte superior como en la parte inferior.



Figura 41 Medición del desplazamiento del alerón.

- Al mover hacia la parte superior la medida correcta debe ser de 32° en el caso de no estar en ese valor debemos revisar la tensión de los cables a lo largo de todo el sistema que va desde la

cabina hasta cada uno de los controles de vuelo para comprobar de acuerdo a los valores indicados en el manual.

- Se verificó los cables en sus respectivos sectores y las poleas siguiendo la secuencia y se debe ajustar con la tensión correcta (a 21°C o 70°F).



Figura 42 Cables y poleas.

- La tensión entre la columna de control y el sector del tubo de torque. Ajustar a 80 +/-8 lbs. **(Ver anexo B)**
- Con la ayuda de un tensiómetro se realizó la medición de la tensión en los cables.



Figura 43 Medición de tensión en los cables.

- La tensión entre el tubo de torque de la mampara del compartimento de la tripulación y el sector de la sección del larguero central del ala. Ajustar a 80 -8 lbs.



Figura 44 Cables de la mampara del compartimento de tripulación.

- Mediante los accesos en la parte superior del ala se puede acceder a realizar el ajuste de la tensión de los cables.
- Para realizar los ajustes debemos verificar con los manuales y la tabla de medidas para la calibración de los cables.
- Para ajustar los cables deben estar limpios y en perfecto estado.
- Entre el sector del larguero posterior y el sector del panel exterior del ala. Ajustar a 100- 10 lbs.



Figura 45 Accesos parte superior.

- Seguimos revisando que la tensión de los cables a lo largo de toda el ala sea la adecuada.



Figura 46 Cables superficie alar.

- En el caso de que la tensión de alguno de estos cables no sea la adecuada se debe realizar el reglaje en los tensores (turnbuckles).
- Además también se revisó que las poleas no tengan ningún tipo de averías y que se encuentren lubricadas.



Figura 47 Inspección visual de cables.

- Luego de haber realizado todo este procedimiento el valor indicado en la herramienta de medición debe ser el correcto 32° .



Figura 48 Medición de desplazamiento superior.

- De la misma manera lo realizamos moviendo hacia abajo para verificar el desplazamiento en el caso de no estarlo realizamos el

mismo procedimiento, el valor luego de realizar el reglaje debe ser de 22° .



Figura 49 Medición de desplazamiento inferior.

- Una vez que ya esté la numeración dentro de los parámetros de acuerdo al manual se procedió a asegurar el tensor con alambre de frenado número 0,032 Inch.



Figura 50 Alambre de freno.

3.4.1.2 Reglaje del rudder.

- Para realizar este trabajo de acuerdo al manual de la aeronave se necesita una herramienta que nos sirve para medir el desplazamiento del rudder pero la institución no dispone de esta.
- Por lo tanto se adquirió la herramienta que se utilizó para realizar este trabajo y quedará en la institución.



Figura 51 Regleta del Rudder.

- Además de esta herramienta también se utilizó un tensiómetro para poder realizar la medición de la tensión en los cables.



Figura 52 Ubicación del tensiómetro en los cables.

- Para empezar con el reglaje se ubicó los pedales del rudder en una posición neutra.



Figura 53 Pedales del rudder en posición neutra.

- Bloquear el regulador de tensión del rudder localizado en el ensamblaje de la cola de la aeronave.

- Ubicar la superficie del rudder en una posición neutra para poder utilizar la herramienta de medición.



Figura 54 Rudder en posición neutra.

- La conexión del perno y la varilla debe deslizarse libremente sin aplicar una fuerza excesiva.



Figura 55 Varilla de conexión.

- Ajustar la varilla de empuje para habilitar la instalación entre la superficie del rudder y el brazo del regulador de tensión del cable.



Figura 56 Regulador de tensión.

- Se colocó la herramienta que servirá para la medición del desplazamiento del rudder en la posición indicada.
- El rudder se debe ubicar en el punto 0 para poder realizar el trabajo correspondiente.

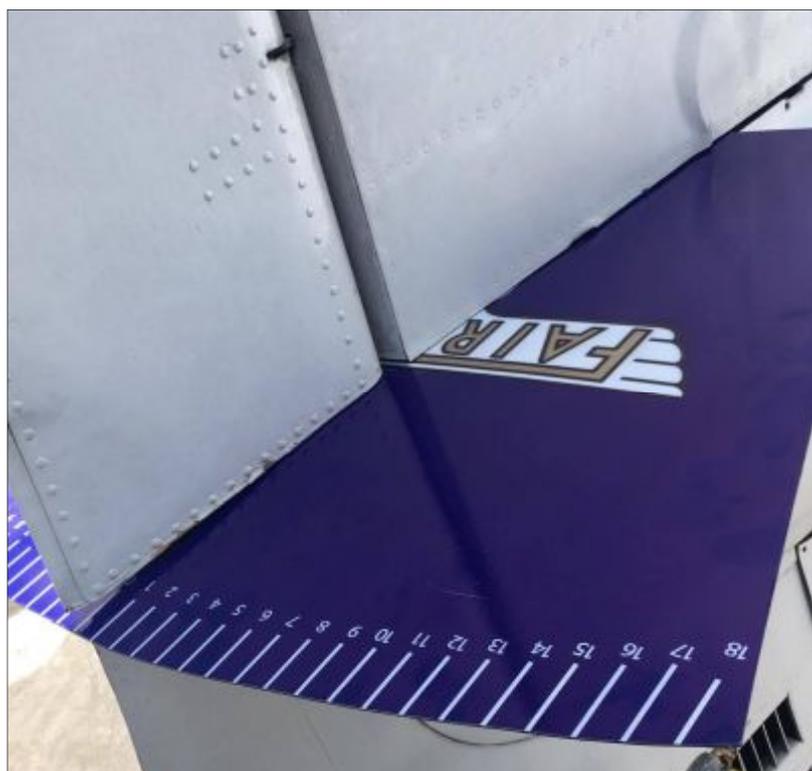


Figura 57 Rudder en el punto 0.

- Una vez que se encuentra en el punto 0 podemos empezar, movemos hacia la izquierda y el valor debe ser de 17°.

- En el caso de que la medida sea diferente a la indicada en el manual debemos revisar la tensión de los cables desde la cabina hasta el rudder.
- Para lo cual debemos abrir los accesos hacia los cables para poder revisar la tensión de los mismos.



Figura 58 Accesos abiertos.

- Revisar los cables desde el tubo de torque ubicado bajo el piso del compartimento de la tripulación hasta el regulador de tensión en la cola de la aeronave.



Figura 59 Tubo de torque.

- Con la ayuda del tensiómetro realizamos la comprobación por todo el recorrido de los cables desde la cabina hasta llegar al rudder.



Figura 60 Tensiómetro.

- Luego de realizar todo este procedimiento el resultado será que el rudder se desplace hasta 17° como está indicado en el manual de la aeronave.

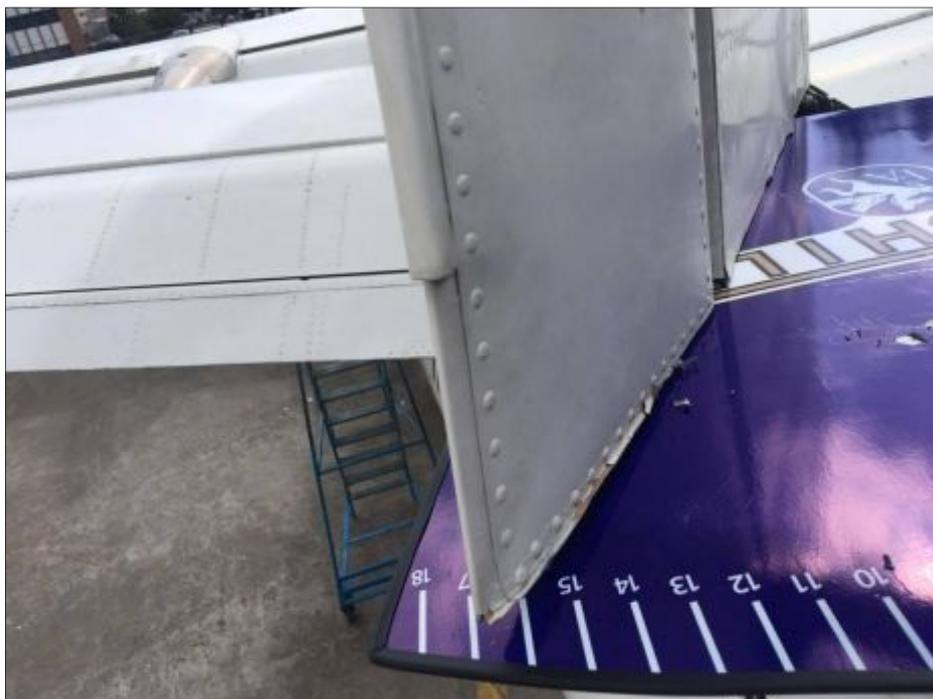


Figura 61 Rudder en 17°.

- De la misma manera revisamos la medida del desplazamiento del rudder hacia la derecha e izquierda.
- En el caso de que la medida no sea la indicada en el manual se debe realizar el mismo procedimiento anterior.
- Luego de realizar el procedimiento el resultado ser que la medida del desplazamiento es la indicada 17°.
- Se procedió a verificar la calibración del rudder mediante los controles de vuelo ubicados en la cabina del piloto.
- Verificado con la información del manual se comprueba el reglaje posicional es correcto con los ángulos.



Figura 62 Rudder en 17°.

- Con la tensión adecuada de los cables y con la medida del desplazamiento del rudder se procede a asegurar los tensores (turnbuckles).

Tabla 3 Equipo y Accesorios Empleados

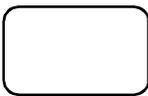
FIGURA	DESIGNACIÓN
	Inspección/Verificación
	Reglaje
	Prueba Operacional

Diagrama 1 Proceso de Instalación.

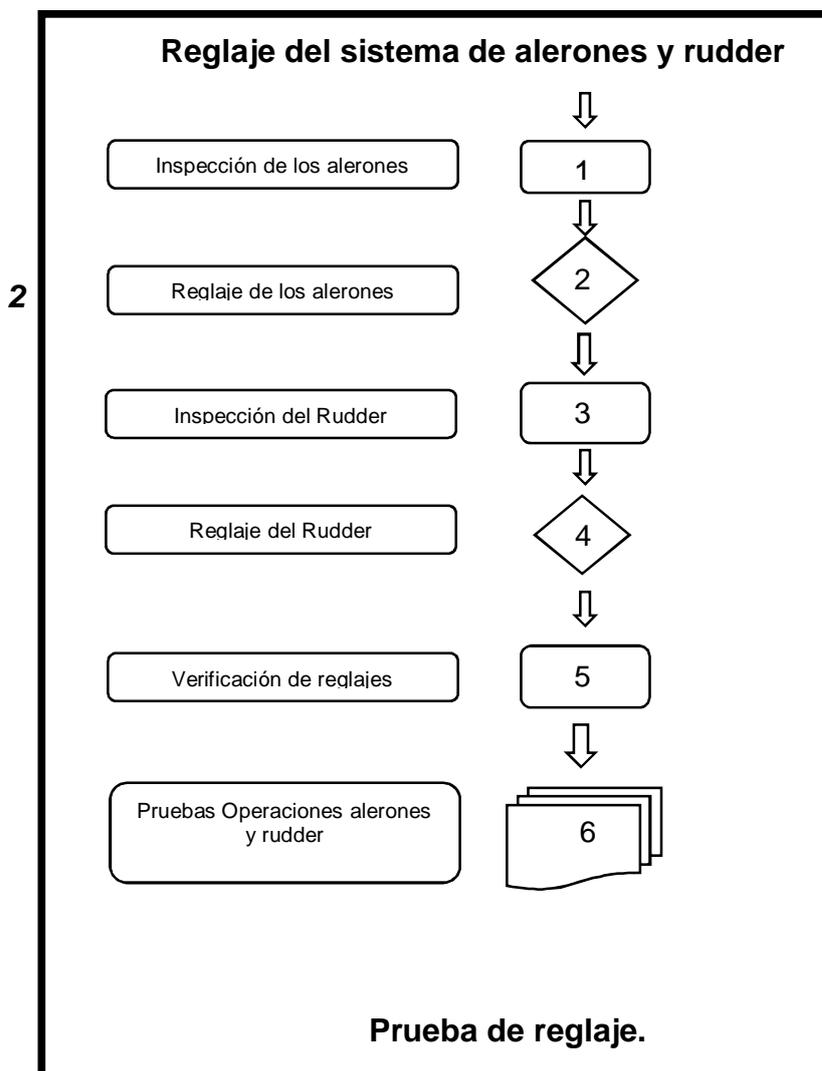


Tabla 4 Proceso de Ensamblaje

N	OPERACIÓN	EQUIPO
1 n	Inspección/Verificació	Sistema de alerones
2	Reglaje	Sistema de alerones
3 n	Inspección/Verificació	Sistema de rudder
4	Reglaje	Sistema de rudder
5 n	Inspección/Verificació	Sistema de alerones y rudder
6	Pruebas	Sistema de alerones y rudder

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Al obtener toda la información del Maintenance Manual Fairchild del Ata 27 y del Airplane Repair Manual, se realizó la inspección de los materiales y equipos a utilizar para realizar el reglaje.
- Se realizó la inspección de los controles de vuelo de los alerones y rudder de acuerdo al manual el rudder debió ser calibrado con una mínima diferencia de 1°, los alerones se encontraron calibrados de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Luego de concluir con el trabajo se realizó la respectiva prueba del desplazamiento de los controles de vuelo tanto de los alerones como del rudder para verificar su correcta indicación como los indica en el manual de mantenimiento.

4.2 RECOMENDACIONES

- Siempre se debe recopilar información de los manuales técnicos para ejecutar un determinado trabajo y seguir correctamente los procedimientos descritos en los mismos.
- Es importante utilizar las herramientas adecuadas durante todo el proceso del trabajo, tomando en cuenta que la herramienta se encuentre dentro de los parámetros de calibración.
- Seguir los procedimientos pre escritos en todos los manuales técnicos de mantenimiento, durante la realización del presente trabajo.
- Luego de cada trabajo realizado se debe realizar una inspección visual y comprobación de componentes para una mayor seguridad.

GLOSARIO

Aerodinámico.- Dicho de un cuerpo móvil: Que tiene forma adecuada para disminuir la resistencia del aire.

Aeronave.- Medio de transporte que se emplea para la navegación aérea.

Alerones.- Superficies de mando y control que se encuentran en los extremos de las alas de los aviones y su misión es llevar a cabo los virajes del avión a ambos lados a través de un movimiento de alabeo.

Cabina.- Cuarto o recinto pequeño y cerrado donde se encuentran los mandos de un aparato o máquina y tiene un espacio reservado para el conductor, el piloto u otro personal encargado de su control.

Empenaje.- Parte del avión donde (en las configuraciones clásicas) suelen estar situados el estabilizador horizontal (encargado de controlar el picado del avión) y estabilizador vertical (encargado de controlar la guiñada del avión usando el timón).

Fricción.- La fuerza entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento relativo entre ambas superficies de contacto (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del deslizamiento (fuerza de fricción estática).

Implementación.- Poner en funcionamiento, aplicar los métodos y medidas necesarios para llevar algo a cabo.

Movimiento.- Cambio de posición de un cuerpo respecto de un sistema de referencia.

Reglaje.- Reajuste que se efectúa en las piezas de un mecanismo a fin de conservarlo en buen estado de funcionamiento.

Revestimiento.- Capa de algún tipo de material con la que se protege o adorna una superficie.

Rudder.- Superficie de control de la guiñada, del mismo modo que el timón de profundidad y los alerones, que controlan respectivamente los movimientos de cabeceo y de alabeo.

Tensiómetro.- El tensiómetro es un aparato creado para medir la tensión de los cables de aviación.

Tensión.- Es la fuerza que puede existir debido a la interacción en un resorte.

Timón de profundidad.- El timón de profundidad es una superficie estabilizadora, por lo general situado en la parte trasera de una aeronave, que controla la orientación de la aeronave cambiando el cabeceo.

BIBLIOGRAFIA

Jonathan Olguin . (13 de 11 de 2011). AVIACION BOLIVIANA . Obtenido de http://www.aviacionboliviana.net/fab/pres/art_f27.htm

Avia Pro. (11 de 01 de 2016). AVIA.PRO. Obtenido de <http://es.avia.pro/blog/fairchild-f-27-tehnicas-harakteristiki-foto>

Chaminda Wijerathne . (03 de 08 de 2013). Aeronautics Guide . Obtenido de <http://okigihan.blogspot.com/p/aircraft-rigging-aircraft-rigging.html>

Esteban, O. A. (2007). Conocimientos del avión. Madrid: Thomson.

GERARDO ABAJO. (12 de 02 de 2010). GA. Obtenido de <http://www.gerardoabajo.com/es/9-manuales-de-uso-y-mantenimiento/7-uso-y-mantenimiento-de-cables-de-acero-normas-generales-de-uso>

Hiller, Fairchild. (10 de 01 de 1966). Manual de Mantenimiento Avion Fairchild . Maryland, Virginia , Estados Unidos .

Jorge Montanares . (09 de 10 de 2015). INACUI S.A. Obtenido de Prevención de riesgos : http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm

Mark Anderson. (19 de 05 de 2015). Fairchild / Fokker Aircraft. Obtenido de <http://markspersonalfiles.blogspot.com/2015/05/fairchild-fokker-aircraft.html>

Miguel Angel Muñoz . (01 de 12 de 2000). Manual de vuelo . Obtenido de <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV15.html>

Miguel Ángel Muñoz . (10 de 10 de 2015). Manual de vuelo . Obtenido de Sistemas funcionales : http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF36.html#365_inyeccion

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). Manual de vuelo . Obtenido de Sistemas funcionales: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF35.html>

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). Manual de vuelo . Obtenido de Sistemas funcionales: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). Manual de vuelo . Obtenido de Sistemas funcionales : <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF33.html>

PROTECCIÓN, E. D. (21 de ENERO de 2000). DIASOC. Obtenido de DIASOC: <http://www.diasoc.com/protecciondecuerpocompleto.html>

Richard Vandervord . (11 de 12 de 1981). FAIRCHILD AIRCRAFT. Obtenido de <http://www.c82packet.com/otheraircraft.html>

TOUR KLL . (14 de 04 de 2009). Obtenido de <http://tour.kllvx.com/es/transportation/air-travel/1008054427.html>

ANEXOS