

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO DE SIMULACIÓN
DEL ALERÓN DEL AVIÓN MIRAGE F1. CONTROLADO
MECÁNICAMENTE.**

POR:

CBOS. ZAMBRANO GANCHOZO JAIRO DARÍO

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención del
título de:**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2003

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. CBOS. ZAMBRANO GANCHOZO JAIRO DARIO, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO, MECÁNICO AERONÁUTICO.

TLGO. CHÁVEZ MAYA SEGUNDO JOSÉ.
DIRECTOR DEL PYOYECTO DE GRADO.

Latacunga, 05 de Mayo del 2003

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con infinito cariño y amor a Dios quien me dio la oportunidad de vivir, haberme dado sabiduría y el anhelo de superación.

A mis padres por su comprensión y consejos para guiarme por el camino correcto, fruto de sacrificio y esfuerzo constante, para hacer de mi un ser útil a la sociedad y Patria.

A mis hermanas quienes con su apoyo moral y cariño supieron ser gestoras importante para lograr uno de los objetivos propuestos en mi vida.

A mi Enamorada Alexandra L. Por el inmenso amor y apoyo brindado para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Cbos. Zambrano G. Jairo D.

AGRADECIMIENTO

Mis mas sinceros agradecimientos a la Fuerza Aérea Ecuatoriana, al Instituto Tecnológico Aeronáutico que con mucho esfuerzo, constancia y sacrificio me dio la oportunidad de ingresar en sus filas, al personal de instructores militares y académicos por sus enseñanzas y conocimiento impartidos para alcanzar cada día nuevas metas con sacrificio y responsabilidad, ya que la incansable inquietud por superación es la razón del progreso y prosperidad de un país.

A mi Subs. Chávez Joselito por su acertada dirección y la invaluable ayuda prestada para la culminación de este proyecto, de igual manera a las distinguidas autoridades de este prestigioso instituto.

A todos mis compañeros por el apoyo moral recibido en los buenos y malos momentos.

Cbos. Zambrano G. Jairo D.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------------|------|
| Portada..... | I |
| Certificación..... | II |
| Dedicatoria..... | III |
| Agradecimiento..... | IV |
| Índice General..... | V |
| Índice de contenidos..... | VI |
| Índice de figuras..... | XIII |
| Índice de tablas..... | XV |
| Índice de Anexos..... | XVI |
| Nomenclaturas..... | XVI |
| Introducción..... | XVII |
| Definición del problema..... | XIX |
| Justificación..... | XIX |
| Objetivos..... | XX |
| Objetivo General..... | XX |
| Objetivos Específicos..... | XX |
| Alcance..... | XXI |

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

GENERALIDADES.

| | |
|--|----|
| 1.1. Control de vuelo del avión Mirage F1..... | 1 |
| 1.1.1. Sistema de balanceo del avión Mirage F1..... | 3 |
| 1.1.2. Sistema de cabeceo del avión Mirage F1..... | 4 |
| 1.1.3. Sistema del timón de dirección..... | 4 |
| 1.2. Superficies del comando de balanceo..... | 5 |
| 1.2.1. Superficies del alerón del avión F1..... | 5 |
| 1.2.1.1. Estructura interna del cajón delantero..... | 7 |
| 1.2.1.2. Estructura del cajón de borde de fuga..... | 7 |
| 1.2.1.3. Borde de taque..... | 8 |
| 1.2.1.4. Articulación interna del alerón..... | 8 |
| 1.2.1.5. Articulación externa del alerón..... | 9 |
| 1.2.1.6. Unión de las orquillas interna y externa..... | 10 |
| 1.2.2. Superficie de los spoilers del avión..... | 10 |
| 1.3. Descripción del comando de balanceo del avión F1..... | 11 |
| 1.3.1. Estructura del comando de balanceo..... | 13 |

| | |
|--|----|
| 1.3.1.1. Bastón de mando del avión F1..... | 14 |
| 1.3.1.2. Sistema de reacción artificial S.R.A..... | 16 |
| 1 .3.1.2.1. Objetivo del S.R.A..... | 16 |
| 1 .3.1.2.2. Descripción del S.R.A..... | 16 |
| 1 .3.1.2.3. Funcionamiento..... | 20 |
| 1 .3.1.2.4. Fases del funcionamiento del S.R.A..... | 20 |
| 1 .3.1.3. Timonería de balanceo..... | 21 |
| 1 .3.1.4. Preservo comando de balanceo..... | 26 |
| 1 .3.1.4.1. Característica del preservo comando..... | 26 |
| 1 .3.1.4.2. Servo comando hidráulico de doble cuerpo | 27 |
| 1 .3.1.5. Cilindro del trim de balanceo..... | 30 |
| 1 .3.1.5.1. Generalidades del trim..... | 30 |
| 1 .3.1.5.2. Descripción..... | 31 |
| 1 .3.1.5.3. Comando del trim de alerones..... | 32 |
| 1 .3.1.5.4. Funcionamiento del trim..... | 33 |
| 1 .3.1.5.4.1. Funcionamiento en comando manual..... | 33 |
| 1 .3.1.5.4.2. Funcionamiento en comando automático..... | 33 |
| 1 .3.1.5.5. Principio de funcionamiento del sistema de trim..... | 33 |
| 1 .3.1.5.6. Control del sistema de trim..... | 35 |
| 1 .3.1.5.7. Objetivo del sistema del trim..... | 35 |
| 1 .3.1.6. Implementación de la caja de resortes en el comando de alerón..... | 36 |
| 1 .3.1.6.1. Descripción del sistema de alerón..... | 37 |
| 1 .3.1.6.2. Funcionamiento en el sistema de alerón..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 1 .3.1.7. Servo comando de alerón del F1..... | 38 |
| 1 .3.1.7.1. Características e implementación..... | 38 |
| 1 .3.1.7.2. Descripción interna del servo comando de alerón..... | 39 |
| 1 .3.1.7.3. Funcionamiento..... | 40 |
| 1 .3.1.7.4. Válvula de alimentación hyd. del alerón..... | 41 |
| 1 .3.1.7.5. Objetivo de la válvula de doble alimentación..... | 41 |
| 1 .3.1.7.6. Propósito..... | 41 |
| 1 .3.1.7.7. Implementación de la válvula de doble alimentación..... | 42 |
| 1 .3.1.7.8. Descripción de la válvula de doble alimentación..... | 42 |
| 1 .3.1.8. Caja de resorte del sistema spoilers..... | 43 |
| 1 .3.1.8.1. Objetivo..... | 43 |
| 1 .3.1.8.2. Descripción de la caja de resorte..... | 43 |
| 1 .3.1.8.3. Funcionamiento de la caja de resorte..... | 44 |
| 1.3.1.9. Servo comando del sistema de spoilers..... | 44 |
| 1 .3.1.9.1. Objetivo..... | 44 |
| 1 .3.1.9.2. Características e implantación..... | 44 |
| 1 .3.1.9.3. Descripción..... | 45 |
| 1 .3.1.9.4. Funcionamiento..... | 46 |
| 1 .3.1.10. Sistema de timonería dentro de la ala..... | 46 |
| 1 .3.1.11. Sistema de transmisión hermética del avión F1..... | 48 |
| 1.4. Fallas y seguridad..... | 48 |

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

| | |
|--|----|
| 2.1. Definición de alternativas y estudio técnico..... | 49 |
| 2.1.1. Definición de alternativas..... | 49 |
| 2.1.2. Estudio técnico..... | 50 |
| 2.1.2.1. Primera alternativa..... | 50 |
| 2.1.2.2. Segunda alternativa..... | 51 |
| 2.1.3. Estudio de posibles materiales de construcción..... | 52 |
| 2.1.3.1. Construcción en madera..... | 52 |
| 2.1.3.2. Construcción en plástico..... | 53 |
| 2.1.3.3. Construcción en hierro..... | 53 |
| 2.2. Estudio de factibilidad..... | 54 |
| 2.2.1. Primera alternativa..... | 54 |
| 2.2.2. Segunda alternativa..... | 55 |
| 2.2.3. Parámetro de evaluación..... | 56 |
| 2.2.3.1. Primera alternativa..... | 56 |
| 2.2.3.1.1. Factor mecánico..... | 57 |
| 2.2.3.1.2. Factor financiero..... | 58 |
| 2.2.3.1.3. Factor complementario..... | 58 |
| 2.3. Selección de la mejor alternativa..... | 60 |
| 2.4. Requerimientos técnicos..... | 60 |

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN.

| | |
|--|----|
| 3.1. Principio de construcción del alerón..... | 62 |
| 3.1.1. Estudio de mecanismos del sistema de alerón..... | 62 |
| 3.1.1.1. Relación valores del bastón y alerón..... | 66 |
| 3.1.1.2. Relación bastón-alerón..... | 66 |
| 3.2. Bastón de mando..... | 68 |
| 3.2.1. Descripción de la construcción..... | 68 |
| 3.2.2. Diagramas de procesos de fabricación del bastón..... | 69 |
| 3.2.2.1. Diagrama de proceso de fabricación del vástago del bastón..... | 69 |
| 3.2.2.2. Diagrama de proceso de fabricación de en forma de U..... | 70 |
| 3.2.2.3. Diagrama de proceso de fabricación de dos platinas de acople..... | 71 |
| 3.2.2.4. Diagrama de proceso de fabricación de una platina acoplada al cilindro actuador..... | 72 |
| 3.2.2.5. Diagrama de proceso de fabricación del mango del bastón..... | 73 |
| 3.2.2.6. Diagrama de proceso de instalación del cilindro actuador..... | 74 |
| 3.2.3. Diagrama de montaje del bastón..... | 75 |
| 3.3. Sistema de varillajes , poleas y cables..... | 76 |
| 3.3.1. Descripción de fabricación del sistema de varillajes, poleas, cables..... | 77 |
| 3.3.2. Propiedades mecánicas de materiales y piezas..... | 78 |
| 3.3.2.1. Platinas y varillas de hierro..... | 78 |
| 3.3.2.2. Poleas y cables..... | 78 |

| | |
|---|----|
| 3.3.2.3. Cojinete de rodamiento..... | 79 |
| 3.3.2.4. Electrodo..... | 80 |
| 3.3.3. Diagramas de procesos del sistema de varillajes, cables, poleas..... | 80 |
| 3.3.3.1. Diagrama de proceso de fabricación de poleas..... | 81 |
| 3.3.3.2. Diagrama de proceso de fabricación de una platina de adaptación en el rodamiento..... | 83 |
| 3.3.3.3. Diagrama de proceso de fabricación del sistema de varillaje con platina en sus extremos..... | 85 |
| 3.3.3.4. Diagrama de proceso de fabricación de una varilla lisa..... | 86 |
| 3.3.3.5. Diagrama de proceso de fabricación de platina soldada a la varilla transversal de transmisión a los alerones..... | 88 |
| 3.3.3.6. Diagrama de proceso de fabricación de platina soldada en la parte central de la varilla lisa transversal..... | 90 |
| 3.3.3.7. Diagrama de proceso de fabricación de dos platinas de conexión con las platinas del párrafo 3.3.3.5..... | 91 |
| 3.3.3.8. Diagrama del proceso de fabricación del alerón..... | 93 |
| 3.3.3.8.1. Diagrama de proceso de fabricación de la estructura externa..... | 93 |
| 3.3.3.8.2. Diagrama de proceso de fabricación de la estructura interna..... | 94 |
| 3.3.3.8.3. Diagrama de proceso de montaje del alerón..... | 95 |
| 3.3.3.9. Diagrama de proceso de instalación del sistema de cable..... | 96 |
| 3.3. Diagrama de montaje del sistema de alabeo..... | 97 |
| 3.4. Pruebas de funcionamiento..... | 98 |

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES E INSTRUCTIVOS DE PROCEDIMIENTOS, OPERACIÓN, CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y REGISTRO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN.

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 4.1. Generalidades..... | 100 |
| 4.2. Manuales de procedimientos..... | 100 |
| 4.2.1. Manual de operación..... | 102 |
| 4.2.2. Manual de mantenimiento..... | 103 |
| 4.2.3. Manual de calibración..... | 104 |
| 4.2.4. Manual de registro..... | 105 |

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICOS FINANCIERO.

| | |
|---|-----|
| 5.1. Presupuesto..... | 106 |
| 5.1.1. Materia prima y materiales..... | 106 |
| 5.1.2. Maquinarias y equipos..... | 107 |
| 5.1.3. Mano de obra..... | 108 |
| 5.2. Análisis económico financiero..... | 110 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

| | |
|---------------------------|-----|
| 6.1. Conclusiones..... | 111 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 112 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Controles de vuelo del avión F1..... | 2 |
| Figura 1.2. Movimiento de balanceo..... | 3 |
| Figura 1.3. Movimiento de cabeceo..... | 4 |
| Figura 1.4. Movimiento de guiñada..... | 4 |
| Figura 1.5. Superficies del ala..... | 5 |
| Figura 1.6. Soporte interno del alerón..... | 8 |
| Figura 1.7. Articulación externa del alerón..... | 9 |
| Figura 1.8. Comando de balanceo del F1..... | 12 |
| Figura 1.9. Estructura del comando de balanceo..... | 13 |
| Figura 1.10. Bastón de mando..... | 15 |

| | |
|---|----|
| Figura 1.11. Instalación del SRA..... | 17 |
| Figura 1.12. Sistema de resorte del SRA..... | 19 |
| Figura 1.13. Trasmisión hermética de balanceo y profundidad..... | 22 |
| Figura 1.14. Servo de baja potencia..... | 23 |
| Figura 1.15 Superficies de los spoilers..... | 25 |
| Figura 1.16. Descripción del conjunto e implantación de preservos..... | 28 |
| Figura 1.17. Alimentación hidráulica del preservos comando de balanceo..... | 29 |
| Figura 1.18. Trim automático de balanceo..... | 32 |
| Figura 1.19. Caja de resorte del alerón..... | 36 |
| Figura 1.20. Válvula de doble alimentación..... | 42 |
| Figura 1.21. Timonería dentro del ala..... | 47 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Estructura con cabina separada..... | 50 |
| Figura 2.2. Estructura con cabina incorporada..... | 51 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Figura 3.1. Comparación de ángulos bastón-alerón..... | 66 |
| Figura 3.2. Mecanismos del alerón..... | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

| | |
|--------------------------------------|----|
| Tabla 2.1. Matriz de evaluación..... | 59 |
| Tabla 2.2. Matriz de decisión..... | 59 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Tabla 3.1. Datos técnicos de las maquinas y herramientas utilizadas..... | 61 |
| Tabla 3.2. Valores bastón alerón..... | 66 |
| Tabla 3.3. Verificación de funcionamiento de los sistemas del alerón..... | 99 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.1. Codificación de los procedimientos de ensayos del simulador..... | 101 |
|---|-----|

CAPÍTULO V

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.1. Materia prima y materiales..... | 107 |
| Tabla 5.2. Costo de alquiler de equipos, maquinarias y herramientas..... | 107 |
| Tabla 5.3. Herramientas utilizadas en el bloque 42 L.M.B..... | 108 |
| Tabla 5.4. Mano de obra..... | 109 |
| Tabla 5.5. Resumen de gastos..... | 109 |
| Tabla 5.6. Resumen del gasto de producción para el I.T.S.A..... | 110 |

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO “A” : Fotografías del proceso de construcción del proyecto de grado.

NOMENCLATURA

Hyd. = hidráulica.

Ton. = Tonelada.

m. = Metro.

S.R.A. = Sistema de reacción artificial.

P.A. = Piloto automático.

I.S.O. = Organización internacional de estándares.

S = Desplazamiento lineal.

Θ = Desplazamiento de giro.

L.M.B. = Laboratorio de mecánica básica.

R = Radio de giro.

LSA = Laboratorio de sistema de aviación.

M1 = Mantenimiento.

C1 = Calibración.

O1 = Operación.

R1 = Registro.

Rad. = Radián.

Cm. = Centímetro.

INTRODUCCIÓN

Con la realización de la presente Tesis, se pretende solucionar algunos de los problemas que se presentan cotidianamente en las labores didácticas y de enseñanza en la materia de comandos de vuelo.

El proyecto consiste básicamente en la construcción de un mecanismo de simulación didáctico de alerón del avión Mirage F1, controlado mecánicamente que cumpla con las siguientes funciones:

- Obtener una mejor visión teórica-práctica de enseñanza pedagógica para el cuerpo docente, alumnos militares y civiles de la Escuela de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A.
- Dar una idea general al estudiante sobre el movimiento que realiza el comando de balanceo, como parte del avión Mirage F1.

Cabe indicar que el simulador didáctico no requiere de personal calificado para su operación porque se trata de un mecanismo básico.

Para cumplir con este trabajo se realizaron tareas de investigación, construcción y creatividad en las partes más críticas del sistema de alerón, de acuerdo con las investigaciones consultadas directamente con los técnicos de la Base de Taura, Latacunga, libros, órdenes técnicas e instructivos del avión Mirage F1.

También se describen las partes del sistema, su funcionamiento y la forma como fue construido el comando de balanceo del avión Mirage F1.

Definición del problema.

La ausencia de material didáctico especializado, en la Escuela de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A., incentiva al personal involucrado en la enseñanza, que genere proyectos que satisfagan de cierta manera las necesidades del alumnado y así mejorar el sistema educativo de la institución. La falta de guías didácticas, un simulador experimental para el estudio de los controles de vuelo, con respecto a los alerones, elevadores y timón de dirección, genera la necesidad de colaborar con la Institución, en la construcción de un simulador para el mejor entendimiento del funcionamiento de los controles de vuelo del avión F1.

Justificación.

El ITSA capacita a los alumnos de la Escuela de Mecánica Aeronáutica en la implementación y construcción de equipos mecánicos permitiéndoles desarrollar un nivel investigativo y experimental en dicho campo.

Como estudiante del I.T.S.A., y considerando el avance tecnológico que necesita el país para competir con los desafíos científicos que el nuevo milenio nos ofrece, sentimos la necesidad de poner a prueba los conocimientos adquiridos en nuestra especialidad mediante la realización de este proyecto.

Es así que en base a la falta de guías y simuladores didácticos experimentales en el estudio de los controles de vuelo, ha creado en nosotros la necesidad de implementar y construir un sistema de simulación del alerón en la maqueta del avión Mirage F1, llevándonos a desarrollar un trabajo investigativo para que permita aplicar el conocimiento sobre la forma operativa del alerón.

Objetivos.

Objetivo General.

Construir un mecanismo de simulación de tipo mecánico del control de vuelo de alerón del avión Mirage F1, mediante un sistema mecánico gobernados por mecanismos (varillaje). Que servirá como guía didáctica académica a los profesores y alumnos de la Escuela de Mecánica Aeronáutica mejorando con ello el nivel educativo del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (I.T.S.A.).

Objetivos Específicos.

- Comprender teórica y experimentalmente la operación y funcionamiento de la superficie controladora de movimiento en el avión F1.
- Identificar el tipo de movimiento que ejecuta esta superficie de control de vuelo en el avión F1.
- Analizar el uso y operación de forma mecánica de los movimientos en el control del alerón.

- Construcción del alerón.
- Adaptación del control de alerón en el simulador.
- Comprobación de funcionamiento del control mecánicamente.
- Elaboración de manuales de Mantenimiento, Operación, Calibración y Registros.

Alcance.

Construir el mecanismo de simulación de los alerones para la instalación del control de vuelo en la estructura del avión Mirage F1.

La complementación del proyecto final es el cual se incrementa los demás sistemas de controles de vuelo como es el sistema de elevadores y timón de dirección sobre una estructura a escala del avión Mirage F1.

El trabajo es complementario a una investigación de cuatro proyectos adicionales (simulación), que son:

1. Sistema de Estructura
2. Sistema de Timón de Dirección.
3. Sistema de Profundidad.
4. Sistema de Alerones.

También es menester indicar que el simulador de controles de vuelo del avión Mirage F1 estará disponible en el bloque 42 en el laboratorio de controles de vuelo, donde tendrá acceso el estudiante interesado en este tema y para profundizarse sobre lo que es controles de vuelo.

Las promociones actuales y futuras de estudiantes alcanzarán una mejor asimilación y elevarán su nivel de conocimientos general, en el estudio básico de los movimientos alcanzados por el alerón en el avión empleando para ello material didáctico como es la adaptación en el simulador propuesto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Controles de vuelo del avión Mirage F1.

Se denomina controles de vuelo del avión Mirage F1 a las superficies móviles que nos ayudan a controlar y dirigir en todo sentido un avión en el aire

Estos controles de vuelo son comandados o dirigidos por sistemas hidráulicos, eléctrico, mecánico y su combinación en conjunto por el piloto.

Para la descripción de estos comandos de vuelo del avión Mirage F1 se toma en cuenta sus características y movimientos principales, como son, (ver Fig. 1.1.).

1. Sistema de Alerones.
2. Sistema de Spoilers.
3. Sistema de Empenajes (elevadores).
4. Sistema de Timón de Dirección.

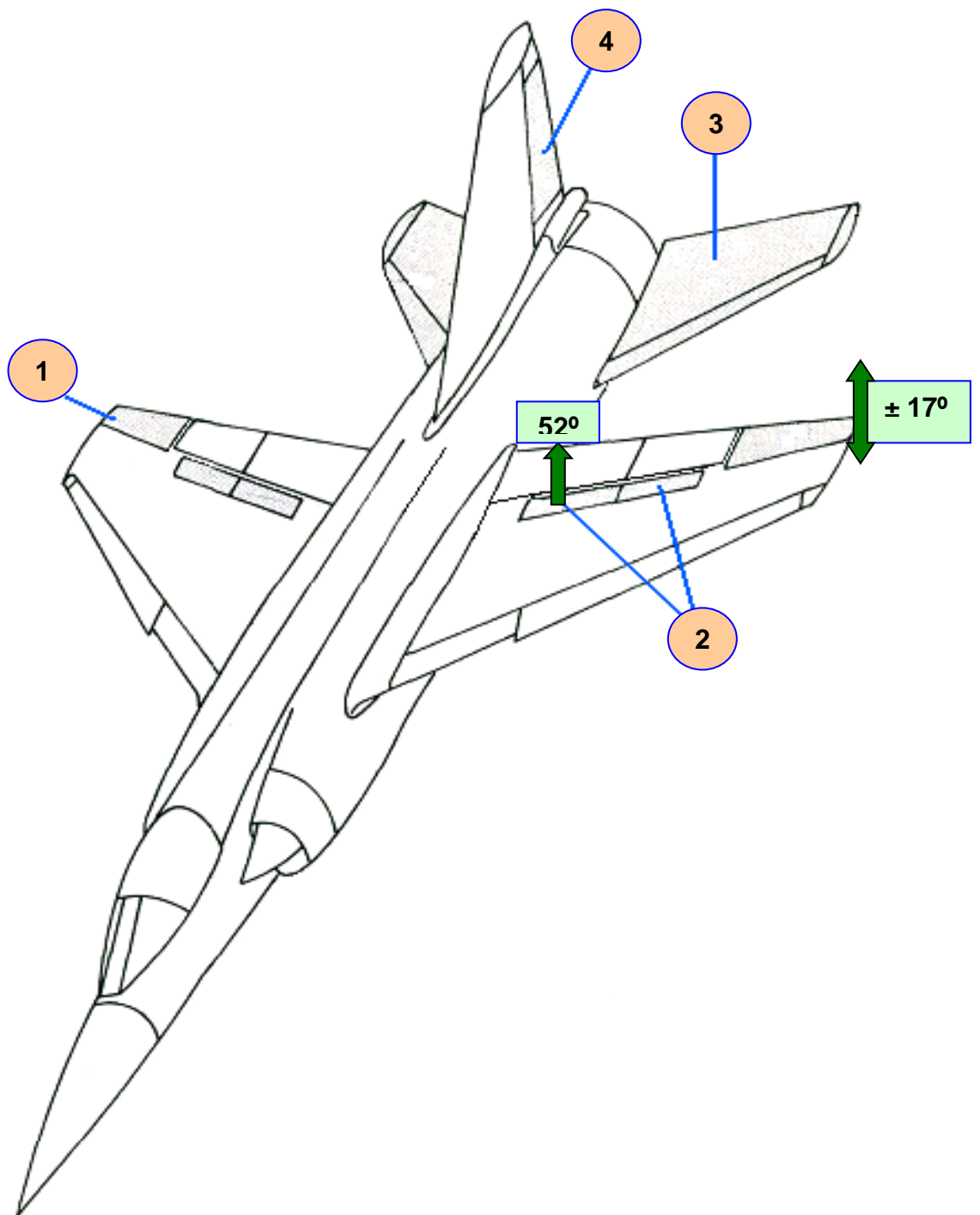


Fig.1.1. Controles de vuelo del avión F1.

1.1.1. Sistema de Balanceo del avión F1.

Este tipo de movimiento es conocido como cadena de balanceo o alabeo, conformado por dos superficies móviles que son los alerones y spoilers; los alerones ubicados en la punta del ala con un desplazamiento de $\pm (17 \text{ a } 18)^\circ$ con un movimiento alternado, los alerones se mueven en forma simultánea en direcciones opuestas, es decir, si el piloto mueve el bastón de mando hacia la izquierda el alerón del ala derecha sube, sincronizadamente con el spoiler, de ayuda al comando de balanceo, reduciendo la sustentación de ésta, el alerón del ala izquierda simultáneamente baja, ver Fig. 1.2 y al contrario si el piloto mueve la palanca hacia la derecha el alerón del ala izquierda sube, creándose un fenómeno contrario a lo anterior, cabe indicar que los spoilers recorren ángulos positivos de 52° sobre la superficie, ocasionándole al avión un balanceo rápido. Hay que señalar que el tema de investigación es exclusivamente de los alerones del avión F1, esto no impide explicar el sistema de spoilers, en si es un sistema adicional de ayuda para el comando de balanceo en los aviones supersónicos, este sistema es complicado en el avión F1. este comando de balanceo le origina al avión F1, un giro alrededor del eje X, o longitudinal.

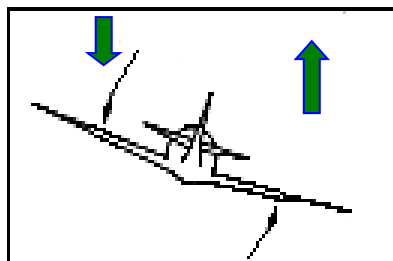


Fig. 1.2. Movimiento de balanceo.

1.1.2. Sistema de Cabeceo del avión F1.

Este sistema de control de vuelo, es conocido como cadena de profundidad, o elevadores y (empenajes horizontales), proporciona al avión un giro o movimiento en el eje transversal o eje z, ver Fig. 1.3.

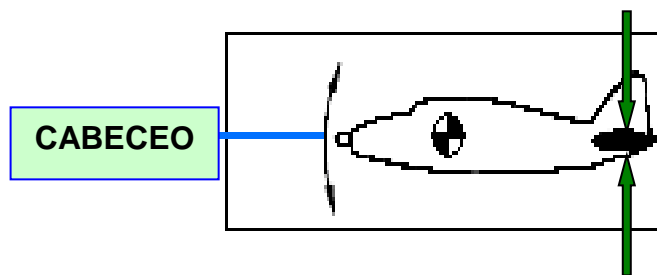


Fig. 1.3. Movimiento de Cabeceo.

1.1.3. Sistema de timón de dirección.

Este produce un movimiento de guiñada o giro al avión F1, en el eje vertical O eje Y, ver Fig. 1.4.

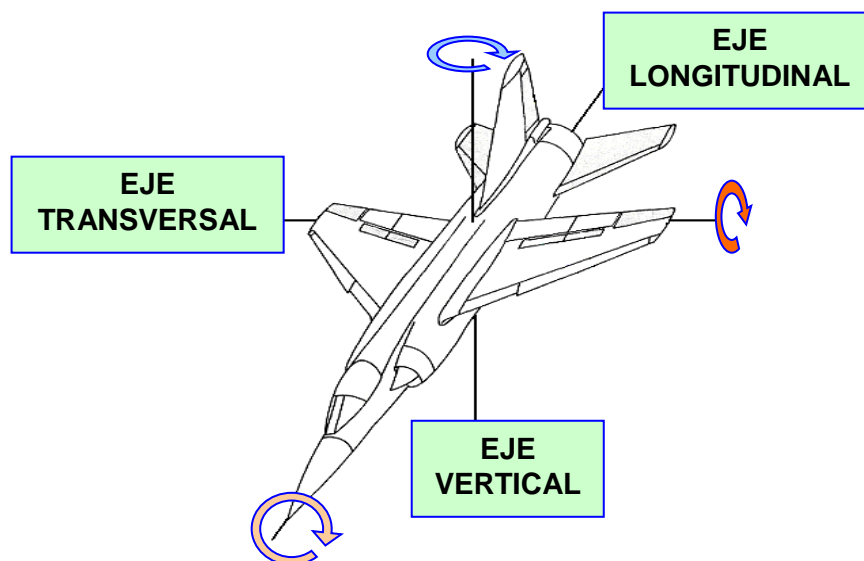


Fig. 1.4. Movimiento de guiñada

1.2. Superficies del comando de balanceo del avión Mirage F1.

El control de vuelo del avión Mirage F1, en balanceo se conforma por dos sistemas o superficies principales que son: los alerones y spoilers, el estudio del presente trabajo será únicamente los alerones de acuerdo con el tema establecido en el proyecto de grado, Ver Fig. 1.1.

Cabe indicar que el sistema de spoilers es muy importante en el comando de balanceo, para realizar un movimiento rápido y eficaz, en el eje longitudinal, (eje X), del avión Mirage F1.

1.2.1. Superficies del alerón del avión F1. (Fig. 1.1.).

El alerón ocupa en el ala del avión F1. El tercio externo del borde de salida (punta inferior). De toda el ala (entre riel externo de la parte de afuera y extremidad de ala, " parte extrema, punta o fin del ala del avión F1".). Ver Fig. 1.4.

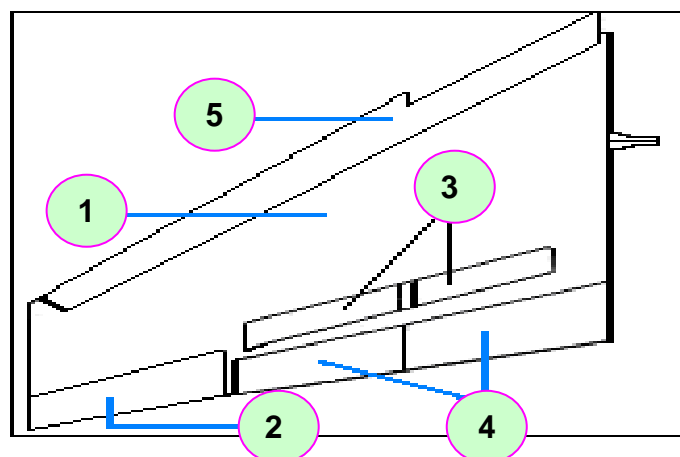


Fig. 1.5. Superficie del ala.

Descripción de la Fig. 1.5.

1. Superficie del ala.
2. Superficie de los alerones.
3. Superficie de los spoilers.
4. Superficie de los flaps.
5. Borde de ataque del ala.

El alerón es de fabricación estructural, en aleación ligera únicamente (aluminio). Compuesto por :

1. Estructura interna del cajón delantero.
2. Estructura del cajón de borde de fuga.
3. Un borde de ataque.
4. Una articulación interna del alerón.
5. Una articulación externa.
6. Unión de dos horquillas.

1.2.1.1. Estructura interna del cajón delantero.

Es comprendido por:

- Un larguero puesto a lo largo del alerón.
- Un larguerillo (lo mismo que lo anterior pero de tamaño pequeño).
- Cinco nervaduras o moldura saliente, del alerón del avión F1, (3 intermedias y 2 extremas).

1.2.1.2 . Estructura del cajón del borde de fuga.

Es comprendido por:

- Nervaduras (molduras fijas). Fijadas sobre el larguerillo trasero de cajón delantero.
- Revestimientos intradorso y extradorso “internos y externos”. (Comunes al cajón delantero).
- Estos revestimientos están pegados y remachados junto al nivel del caballete. (Es la línea horizontal y mas elevada del alerón).

1.2.1.3. Borde de ataque.

Constituido por:

- Nervaduras (molduras fijas), con chapa doblada, remachadas sobre el larguero delantero.

1.2.1.4. Articulación interna del Alerón.

Esta articulado hacia atrás del cajón de las alas, por dos soportes de eje, a la altura de las nervaduras (moldura saliente). y en la parte posterior o de atrás del ala. Ver la Fig. 1.6.

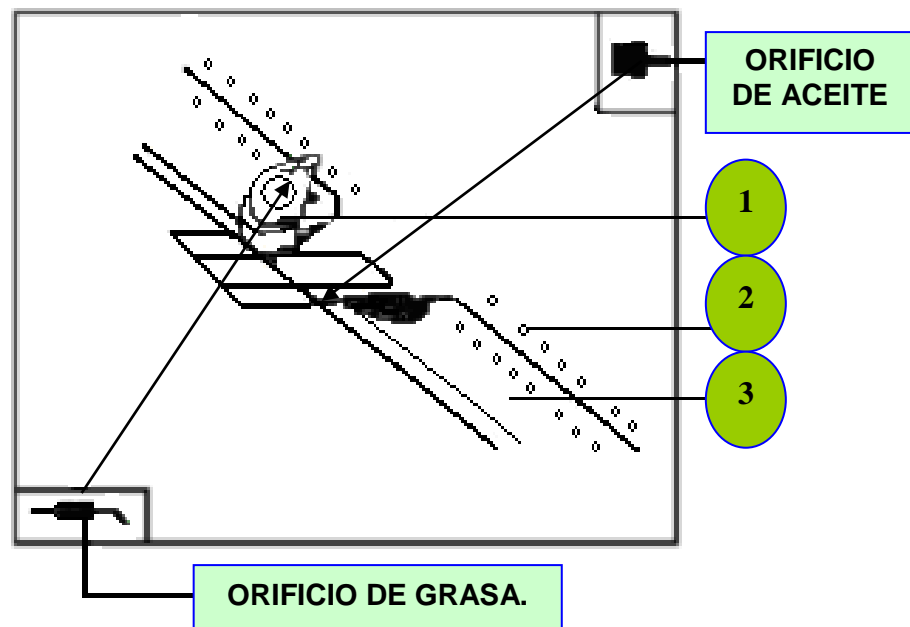


Fig. 1.6. Soporte interno del alerón.

Descripción de la Fig. 1.6.

1. Soporte de eje.
2. Remaches del ala.
3. Estructura del ala.

1.2.1.5. Articulación externa del alerón.

Contiene, una horquilla principal equipada de una rótula solidaria de la nervadura del cajón de alas, y una horquilla solidaria del larguero delantero de alerón. Ver Fig. 1.7.

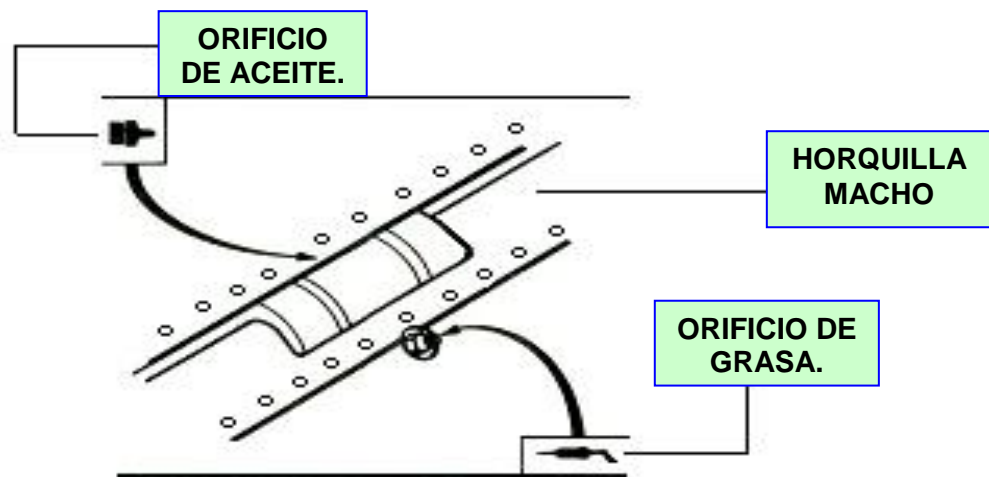


Fig.1.7. Articulación externa del alerón.

1.2.1.6. Unión de las Horquillas (interna y externa).

Las dos horquillas, (vara larga que termina en dos puntas por un extremo). Es hecha por un eje equipado de un engrasador lateral. Ver Fig. 1.7.

La articulación o la unión de dos piezas Internas de un mecanismo del alerón, conforma una horquilla solidaria de la nervadura del cajón del ala, y otra horquilla equipada de un engrasador, solidario (adherido o asociado, que actúa correspondiendo a otra acción, o de acuerdo con ella, simultáneamente). Del larguero delantero y del larguerillo de alerón. La unión de las horquillas, es por medio de un eje cónico.

La biela de mando de alerón esta acoplada a un mecanismo o cadena adherida al sistema, (mecanismo o barra que en algunos sistemas transforma el movimiento de vaivén en otro de rotación o viceversa del sistema de alerones).

1.2.2. Superficies de los spoilers del avión Mirage F1.

Sirven para aumentar la eficacia del sistema de alerón del avión F1. Siguen el movimiento del alerón, cuando este se desplaza hacia lo alto. Ver Fig. 1.15.

1.3. Descripción del comando de balanceo del avión Mirage F1.

El movimiento es transmitido desde la cabina del piloto a los alerones y spoilers por medio de varillaje comandados por sistemas hidráulicos, eléctrico y mecánico haciendo maniobras de derecha-izquierda por medio de la palanca o bastón de mando, moviendo el sistema de alerón y spoilers a la vez. Ver Fig. 1.8.

Si el piloto realiza maniobras con el bastón de mando, se efectuará el movimiento de los alerones en sentido contrario y los spoilers suben sincronizadamente junto con el alerón, esto provoca una mayor efectividad (rapidez), al sistema de balanceo.

En la presente investigación se hablará exclusivamente del sistema de alerón por razones analizadas en Junta Académica y tomando en cuenta los factores de complejidad, económico y tiempo. No se implementará el sistema de spoilers.

Cabe indicar que el sistema de spoilers solo se encuentran en aviones supersónicos (aviones de alta velocidad que sobrepasan la velocidad del sonido).

Es por eso que los spoilers son indispensables para el comando de balanceo.

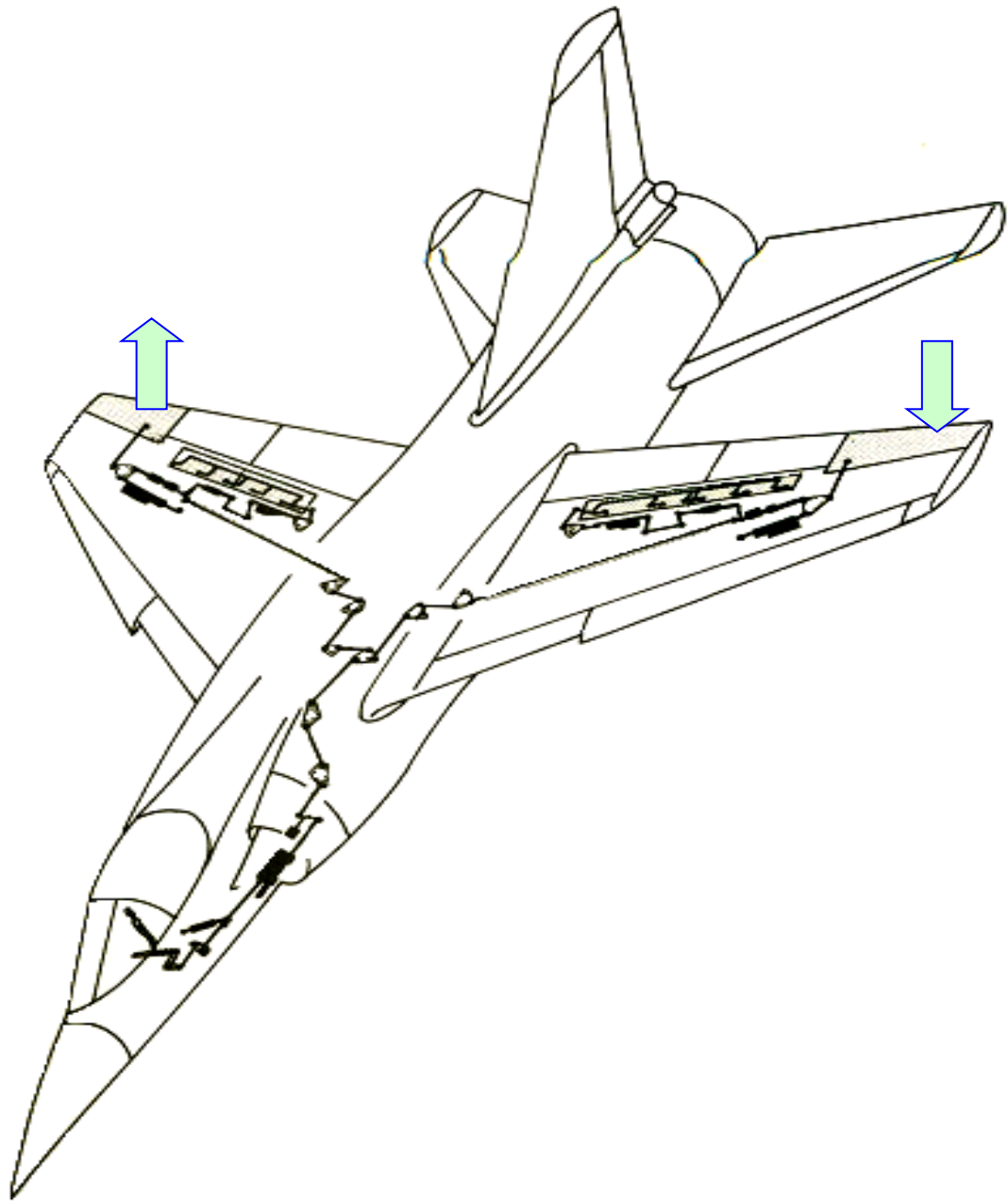


Fig.1.8. Comando de balanceo del avión F1.

Encaminando el presente tema de investigación, hablaremos detalladamente de cada uno de los mecanismos que conforman el sistema alabeo del F1 con el afán de comprender su funcionamiento y ampliar los conocimientos en la construcción.

1.3.1 Estructura del Comando de Balanceo del avión F1.

Este se origina desde el bastón de mando hasta la superficies de los alerones. Para su comprensión ver la Fig. 1.9 . y su descripción.

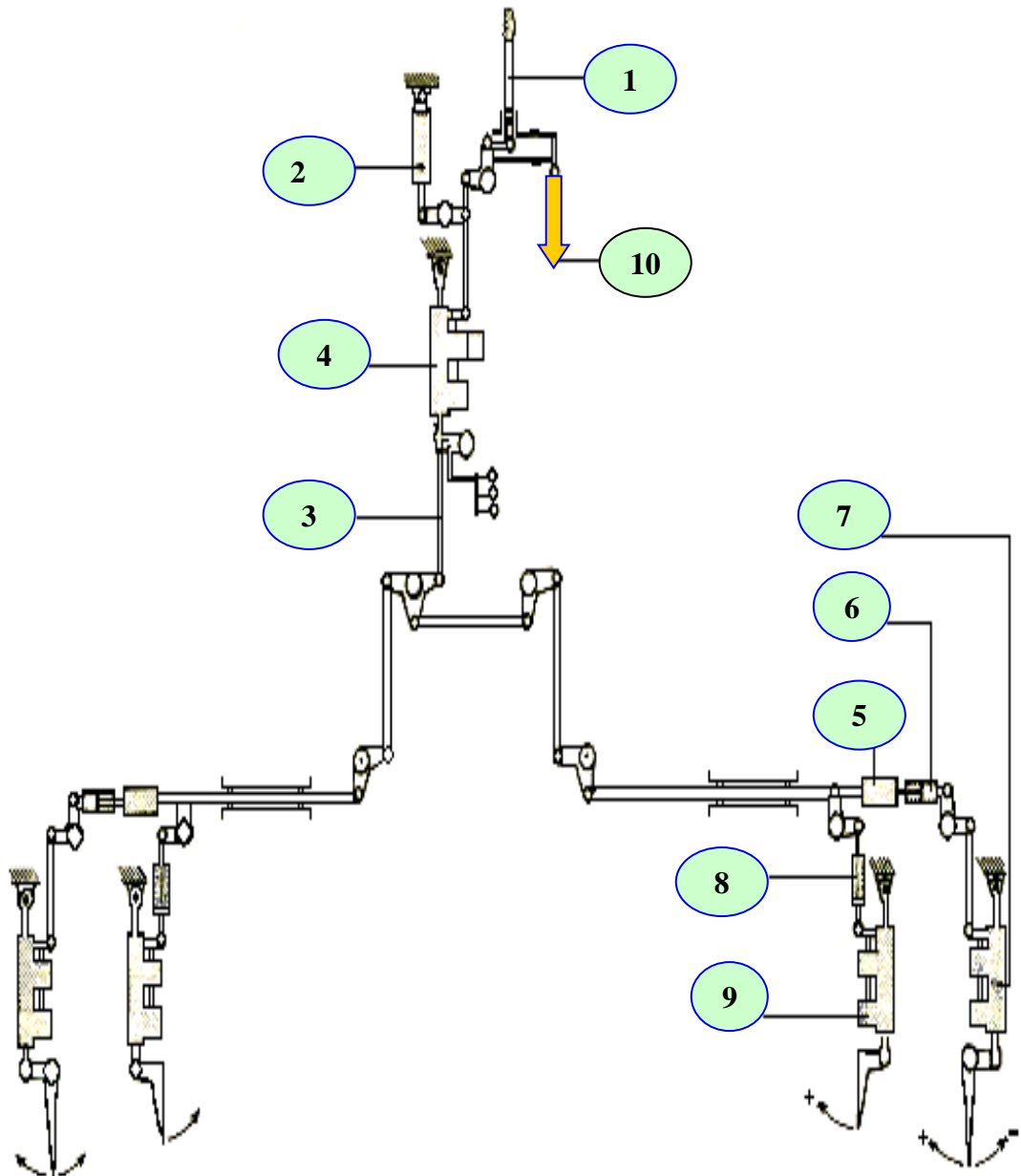


Fig. 1.9. Estructura del comando de balanceo del avión F1.

Descripción de la Fig. 1.9.

1. Bastón de mando.
2. Sistema de reacción artificial (S.R.A.).
3. Sistema de timonería del comando balanceo.
4. Preservo- comando de doble cuerpo del comando de balanceo.
5. Cilindro del trim de balanceo.
6. Caja de resorte del alerón.
7. Servo-comando del alerón.
8. Caja de resorte del sistema de spoilers.
9. Servo-comando de spoilers.
10. Sistema de varillaje de profundidad.

1.3.1.1. Bastón de mando del avión F1.

Este sistema se halla situado, en la cabina del piloto. Su transmisión se produce desde los mandos, ocasionando un movimiento hasta las superficie de los alerones. Ver Fig. 1.10.

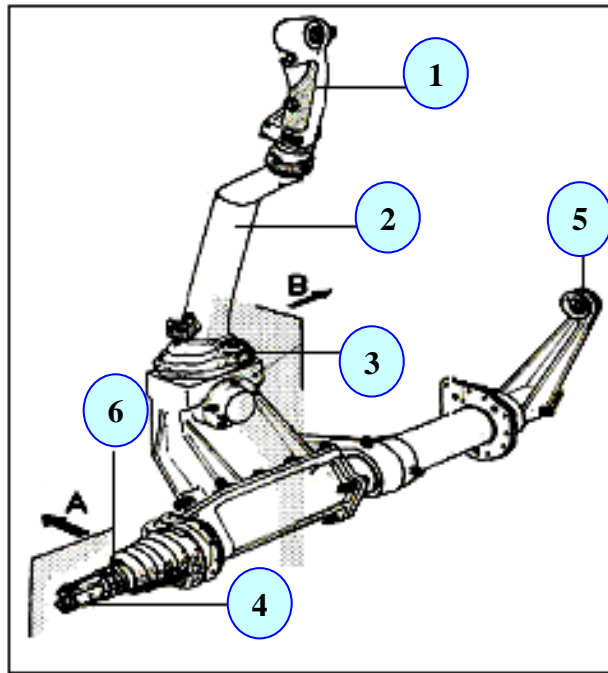


Fig.1.10. Bastón de mando.

Descripción de la Fig. 1.10.

1. Empuñadura.
2. Cuerpo o vástago.
3. Caja equipada.
4. Cuerpo de enlace.
5. Horquilla articulada de acoplamiento de comando de profundidad.
6. Horquilla articulada de acoplamiento de comando de balanceo.

El objetivo del bastón de mando es asegurar el comando de profundidad que es el sistema (**A** o **5**). y de balanceo que es el sistema (**B** o **6**).

1.3.1.2. Sistema de reacción artificial (S.R.A.). Del avión F1.

1.3.1.2.1. Objetivo del (S.R.A.).

Es un sistema de resorte que se aplica dentro de la timonería (varillaje) del comando de balanceo. Es una caja de resorte de doble esfuerzo montado en paralelo sobre la timonería entre el bastón de mando y el preservo-comando de balanceo, produciendo al piloto una reacción en función del desplazamiento de su vástago, por lo tanto es la función en el desplazamiento del bastón de mando.

El propósito del presente trabajo práctico no es de realizar un sistema mecánico idéntico al del avión Mirage F1, si no, el de producir el movimiento de las superficies móviles mecánicamente.

El motivo por el cual no se puede transmitir movimientos desde la cabina del piloto a los alerones únicamente por un sistema mecánico similar al del avión F1, es por que existen sistemas adicionales que permiten un amortiguamiento de esfuerzos y precisión en el varillaje, estos son hidráulicos y eléctricos.

1.3.1.2.2. Descripción del (S.R.A.) del avión F1.

Este sistema está colocado sobre la timonería entre el bastón y el preservo de balanceo.

El cuerpo del S.R.A., está articulado sobre un punto fijo de la estructura del avión F1 ver Fig. 1.8. Atrás del mamparo 11, su vástago deslizante está articulado sobre un relé de timonería atrás del mamparo 12. Este relé posee la posibilidad de ser inmovilizado, ver Fig. 1.11.

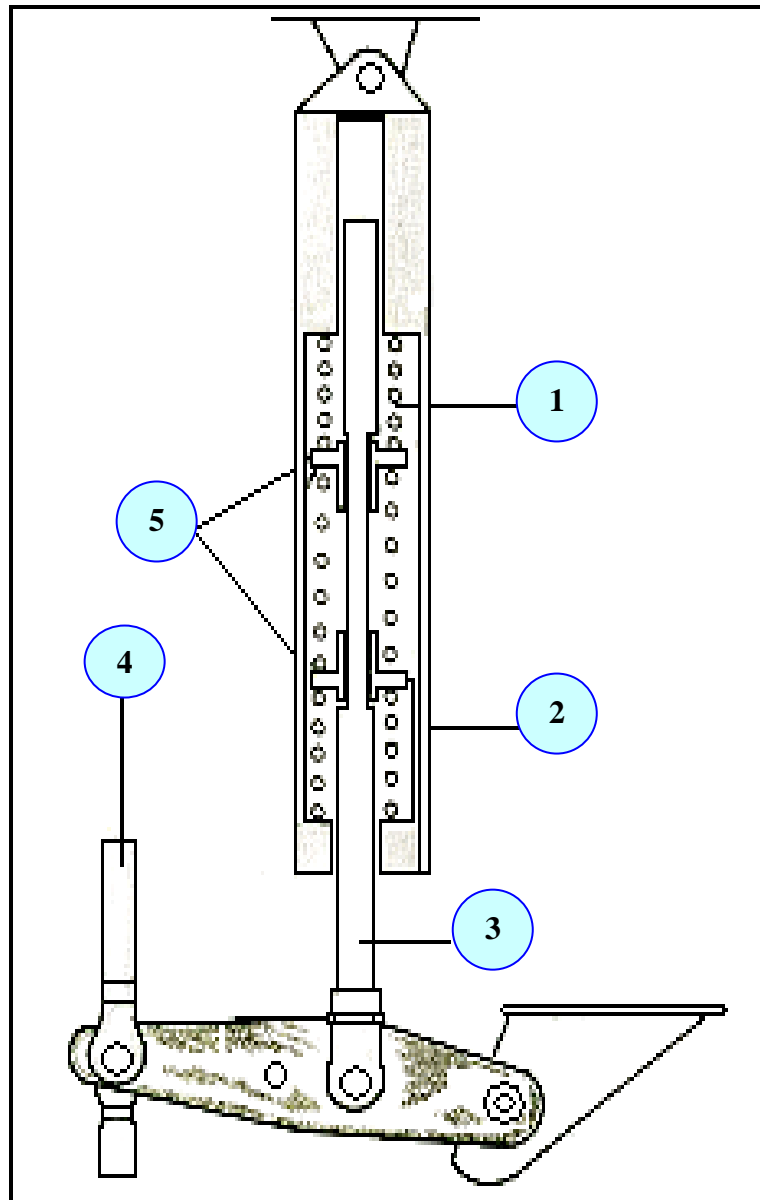


Fig.1.11. Instalación de reacción artificial.

Descripción de la Fig. 1.11.

1. Resorte.
2. Cilindro.
3. Vástago.
4. Timonería.
5. Topes Deslizantes.

El "S.R.A." está constituido por un cuerpo cilíndrico, dentro del cual, se desplaza un vástago o tubo cilíndrico espaldado, que recibe, dos topes móviles.

Ver Fig. 1.12.

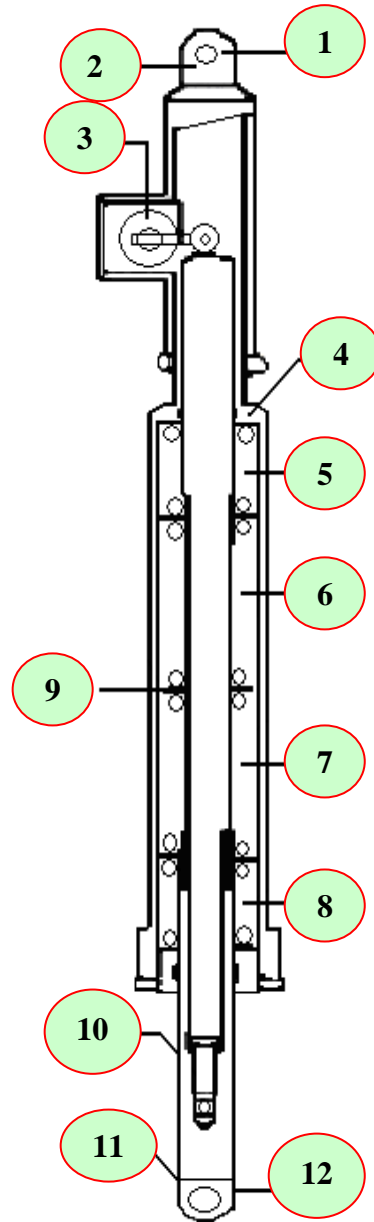


Fig.1.12. Sistema de resorte del S.R.A.

Descripción de la Fig. 1.12.

1. Costado del trim.
2. Horquilla superior.
3. Potenciómetro doble del trim automático.

4. Cuerpo cilíndrico.
5. Resorte 4.
6. Resorte 3.
7. Resorte 2.
8. Resorte 1.
9. Topes deslizantes.
10. Vástago.
11. Horquilla inferior.
12. Costado del Arthur.

1.3.1.2.3. Funcionamiento del S.R.A.

El funcionamiento del S.R.A., en caso que se produzca un desplazamiento del vástago en el sentido de "entrada". Se ocasionara un, acortamiento del S.R.A.

1.3.1.2.4. Fase de funcionamiento del (S.R.A.).

- **Fase 1:**

El sistema de resorte de el lado del fondo del cilindro se comprime, mientras que el resorte central conserva siempre su longitud inicial gracias a su precarga más elevada.

- **Fase 2:**

El sistema de resorte del fondo del cilindro continúa su compresión. El resorte central conserva siempre su longitud inicial y el resorte del vástago habiendo alcanzado su longitud libre extendiéndose totalmente, se vuelve inerte (nulo). Solo el resorte del fondo del cilindro trabaja.

- **Fase 3:**

El resorte del fondo del cilindro se comprime todavía aun hasta alcanzar el tope máximo de compresión, y luego para sobrepasar la precarga del resorte central. Este resorte se comprime con el tope común al resorte central del S.R.A. Y el resorte del fondo del cilindro se desplaza sobre su vástago. Solamente los resortes central y el del fondo del cilindro trabajan.

Nota: El trabajo de los resortes es simétrico al precedente (anterior). en el caso de un desplazamiento del vástago, en el sentido de salida del vástago, (alargamiento del S.R.A.).

1.3.1.3. Timonería de balanceo.

Partiendo del bastón de mando del piloto, la timonería del comando de balanceo del avión F1, corre dentro de la parte inferior izquierda del fuselaje, hasta el mamparo 20. (mamparos son compartimientos o secciones del avión F1). Los elementos que constituyen esta cadena están dispuestos de manera

simétrica con aquellos que conforman el comando de profundidad en relación al eje del avión, hasta el mamparo 19.

El acceso a esta parte de la cadena del comando de balanceo se efectúa por la puerta interna ubicada sobre la separación izquierda del compartimiento del tren delantero.

Además del bastón, sobre la timonería o varillajes de balanceo, se encuentran:

- Una transmisión hermética que se acopla perfectamente atrás del mamparo 10 (simétrica a aquella del comando de profundidad o profundor). Ver Fig. 1.13.

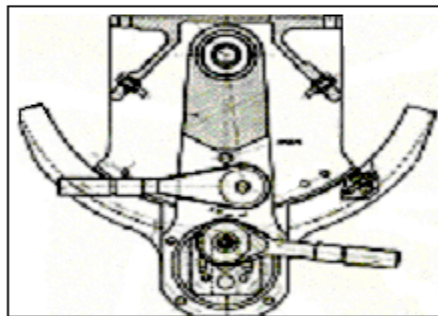


Fig. 1.13. Transmisión hermética de balanceo y profundidad.

- Un relé de timonería atrás del mamparo 12 (pestillo de calibración) sobre el cual está fijado en paralelo sobre la timonería o varillaje de balanceo.

- Un preservo-comando de baja potencia, es del mismo tipo del comando de profundidad alimentado de la misma manera por uno u otro de los circuitos hidráulicos. Ver Fig. 1.14.

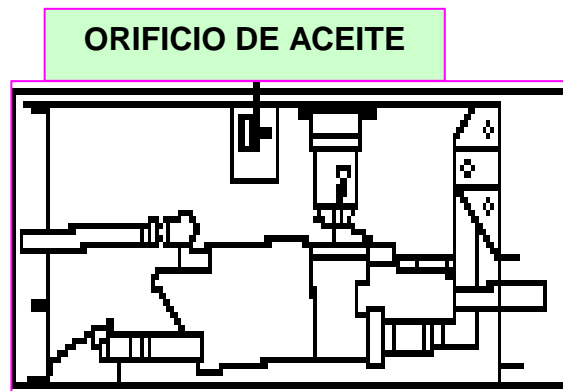


Fig. 1.14. Servo de baja potencia.

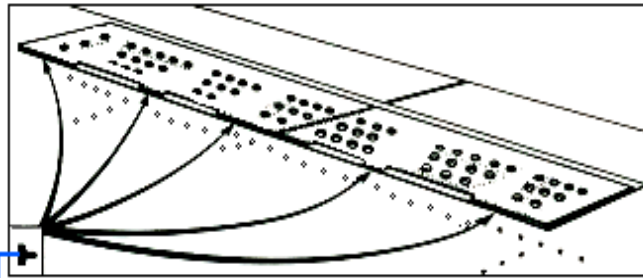
- Un doble captador de posición unido a un relé de timonería (delante del mamparo 17). Este relé transmite los movimientos del preservo a la timonería que se dirige hacia atrás del avión. El captador doble sirve para apoyar la función piloto automático "P.A." Sobre este relé se encuentran los orificios de los pestillos o tuercas para la calibración de la timonería.
- Una transmisión plana (pestillo o tornillo de calibración) por delante del mamparo 19b permite a la timonería pasar hacia la mitad inferior del fuselaje para llevar una transmisión de ángulo situado por debajo de un pozo delimitado por los mamparos 20 y 21 y los flancos de las dos tomas de aire que se unen en el mamparo 22.

En la parte superior del fuselaje, luego de remontar la timonería (varillaje) dentro de la V de unión de las dos tomas de aire del avión, un sistema de palancas entre los mamparos 23 y 24 (pestillo o tornillo de calibración), constituyen la bifurcación (movimiento intercambiado) de derecha e izquierda de dos sistemas de varillaje o timonerías antisimétricas (diferentes en el funcionamiento o movimiento de las timonerías), que penetran en las alas, justamente atrás del mamparo principal 25. Un último relé de timonería articulado sobre el fuselaje (pestillo o tornillo de calibración) sobre el cual está fijado la biela que penetra dentro del ala.

Dentro de cada semi-ala una timonería (varillaje), comprende:

- Un sistema de bielas (palanca, varilla, con sus extremos huecos), rectilíneo atravesando los cilindros dentro de un tubo estanco (fijo), equipado de rodamientos de bolas. Este tubo estanco (fijo), está situado entre los larguerillos 4 y 5. ver en la Fig. 1.21.
- Un sistema de transmisión de dos salidas donde la una constituye la cadena de ataque del alerón y la otra la cadena de ataque de los spoilers: este transmisor de dos salidas es articulado hacia adelante del larguerillo 5 entre las nervaduras 2a y 3. ver en la Fig. 1.21.

Uno de los brazos de ésta transmisión pasa a través del larguerillo 5 para impulsar a la cadena de spoilers. Ver Fig. 1.15.



ORIFICIO DE ACEITE

Fig. 1.15 . Superficie de los spoilers.

- La cadena (mecanismo) del alerón contiene un sistema eléctrico de trim, en línea en la misma posición con una biela elástica “ biela de resorte “.
- Un servo-comando de doble cuerpo (mecanismo auxiliar que es accionado por una fuerza débil, la amplía lo necesario, para hacer funcionar los alerones). Actuando en tándem a cuerpo fijo, accionado mecánicamente por la timonería, maniobrado por el piloto. El transmite desplazamiento al alerón por intermedio de un sistema de transmisión (timonerías) por medio de una biela.

La cadena (mecanismo),de spoilers contiene una biela elástica “resorte” y un servo-comando a doble cuerpo, (produce movimientos para ambos lados), a cuerpo fijo accionado mecánicamente.

El servo-comando del sistema de spoilers transmite su desplazamiento a una timonería (varillaje), de maniobra, atacando los dos spoilers por intermedio de cinco transmisiones articuladas o unidas atrás del larguero posterior del ala.

Nota: Es conveniente señalar que el trim actúa solamente sobre el alerón.

1.3.1.4. Preservo-comando de balanceo del avión F1.

Absorbe los rozamientos y los efectos de inercia de las timonerías, esto se produce en el pilotaje manual.

Este preservo-comando permite el comando del avión por medio del piloto automático.(P.A.).Ver Fig. 1.14.

Este es idéntico al comando de profundidad, incluida la alimentación hidráulica, a partir de una válvula eléctrica que permite el desbloqueo del bastón, situada sobre el circuito 1, ésta corta la presión P1, por lo tanto desengancha el P.A. En caso de mal funcionamiento del cuerpo eléctrico del preservo-comando, y de la válvula de doble alimentación (doble cuerpo alimentación por el circuito 1 o 2).

El preservo-comando de balanceo es idéntico al preservo de profundidad, siendo de doble cuerpo, éste puede ser alimentado ya sea por el circuito 1 o 2 . Permitiendo el comando del avión por el piloto automático (P.A.).

1.3.1.4.1. Características del preservo-comando de balanceo del F1.

- Doble cuerpo en tándem.
- Tipo: AMD 103-43-17

- Cuerpo móvil alimentado por uno u otro de los circuitos hidráulicos.
- Calibrage del resorte de válvulas de Inter-comunicación (by-pass).

1.3.1.4.2. Servo-comando hidráulico de balanceo de doble cuerpo del avión F1.

El objetivo de este servo-comando Hyd. De doble cuerpo del avión F1. Es que permite el funcionamiento en pilotaje manual o en pilotaje automático. Ver Fig. 1.20.

Este está conformado por dos circuitos o cuerpos (1y2). A continuación se detalla el funcionamiento de cada uno de ellos.

- **El cuerpo 1:** Este cuerpo 1 es alimentado por el circuito 1, que contiene una etapa de comando eléctrico o sistema eléctrico en (función P.A.) y una etapa de comando mecánico (sistema manual).
- **El cuerpo 2:** Este cuerpo 2 es alimentado por el circuito 2 (en caso de falla del circuito 1 solamente), que contiene una etapa de distribución de comando mecánico (sistema manual).

Exteriormente éste sistema, se presenta bajo la forma de un cilindro, montado en un bloque con dos émbolos, conteniendo los émbolos de distribución del sistema mecánico y eléctrico.

El cuerpo que conforma el preservo-comando esta fijo sobre un relé de la timonería, articulado por delante del mamparo 17 (pasador de calibración). Ver Fig. 1.16.

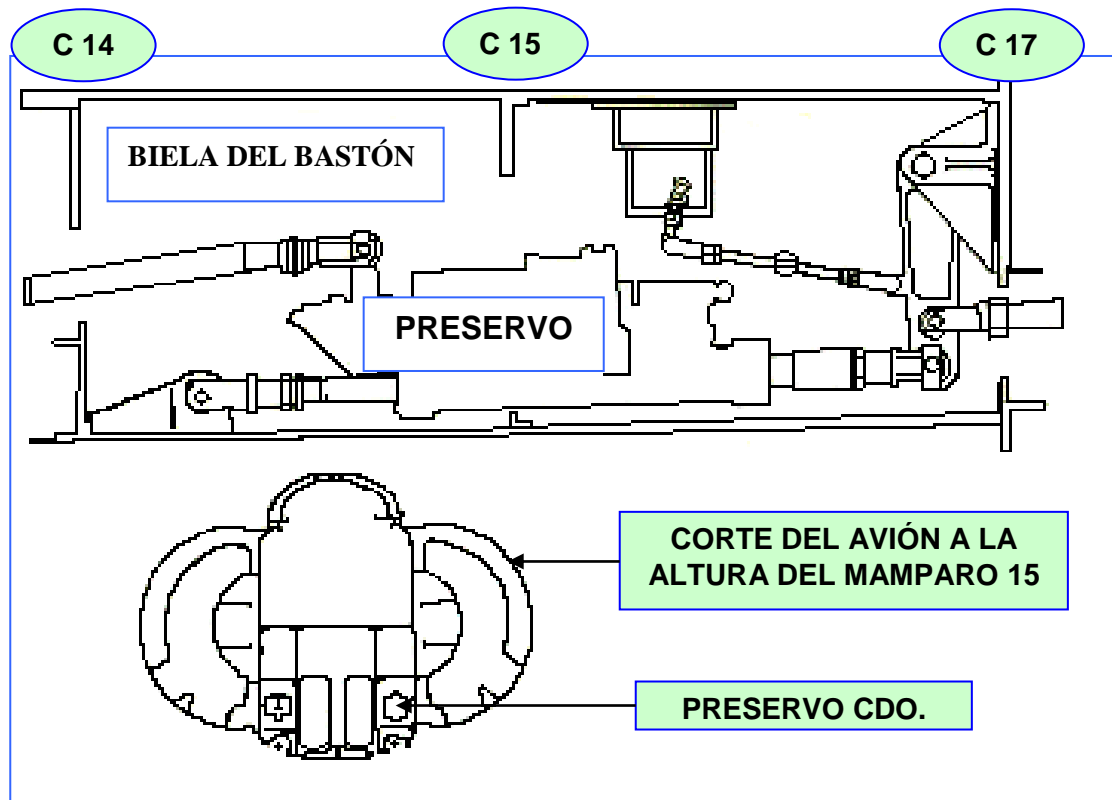


Fig.1.16. Descripción del conjunto e implantación de preservos

La alimentación hidráulica del preservo-comando de balanceo, se hace como aquel del preservo de profundidad, a partir de la electro-válvula "corta al P.A" y de la válvula de doble alimentación.

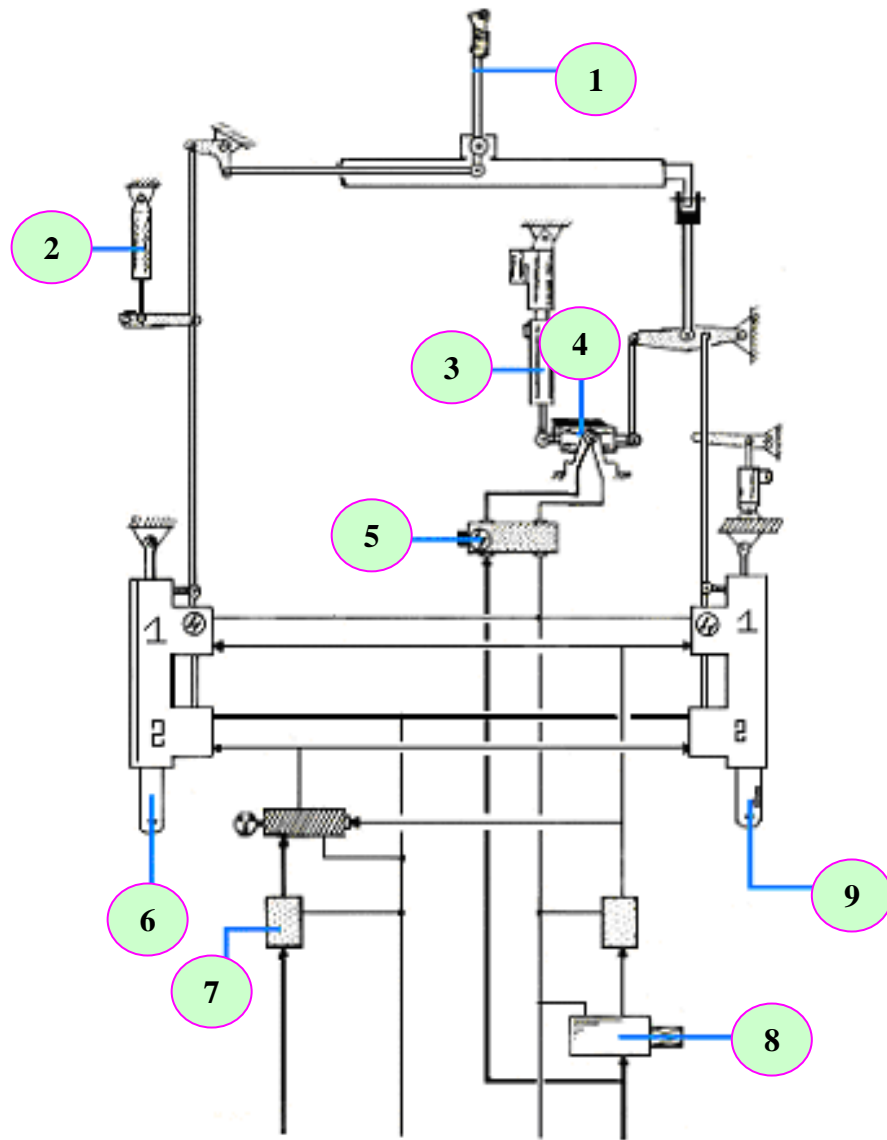


Fig. 1.17. Alimentación Hidráulica del preservo-comando de balanceo.

Descripción de la Fig. 1.17.

1. Bastón de mando.
2. Trim.
3. S.R.A.
4. Cilindro Arthur.
5. Servo válvula Arthur.

6. Válvula de doble alimentación.
7. Regulador de presión.
8. Válvula de alivio.
9. Servo hacia el profundor.

El funcionamiento que desempeña la válvula de doble alimentación es que se aplica a los dos preservo-comandos de balanceo del avión Mirage F1.

Por otra parte, si el piloto es obligado a actuar sobre la válvula eléctrica "corte P.A." por intermedio de la doble alimentación, el circuito 1 es cortado simultáneamente a los 2 preservo-comandos de balanceo. Y éstos son alimentados por el circuito 2 del preservo-comando de doble alimentación.

Hay que señalar, que a la entrada de los preservos-comandos se encuentra un regulador sobre cada circuito que baja la presión de 210 bar a 100 bar, y el preservo-comando del profundidad, se encuentra sobre aquel preservo-comando de balanceo.

1.3.1.5. Cilindro del trim de balanceo.

1.3.1.5.1. Generalidades:

El equilibrio aerodinámico de un avión varía según su velocidad y su configuración de vuelo (carga bajo las alas etc).

Para evitar, que el piloto ejerza un esfuerzo constante sobre sus comandos, en miras a mantener el avión en posición de vuelo, se le da esta posibilidad gracias a los cilindros de trim, al modificar la longitud de una timonería, actuando únicamente sobre los alerones.

Esta particularidad evita un desplazamiento permanente de los spoilers, de manera que no haya resistencia suplementaria al avance.

El cilindro de trim constituye un elemento de la timonería del servo-comando.

1.3.1.5.2. Descripción:

Cada uno de los dos cilindros de trim de balanceo están conectados en serie dentro de cada timonería del alerón, luego de la bifurcación (desvío) del comando de spoiler.

Estos cilindros son dispositivos electro-mecánicos que transforman el movimiento de rotación de un motor eléctrico, en un movimiento lineal que permite la traslación de un biela o mango, su funcionamiento es simultáneo y para una salida del manguito corresponde una entrada del otro e inversamente. Ver Fig. 1.18.

El manguito del cilindro está atornillado sobre un tope, en el cuerpo de la caja o resorte.

Se encuentra igualmente sobre cada cilindro de trim un potenciómetro (indicador de potencia o efecto), que es transmitido sobre un indicador la posición del trim.

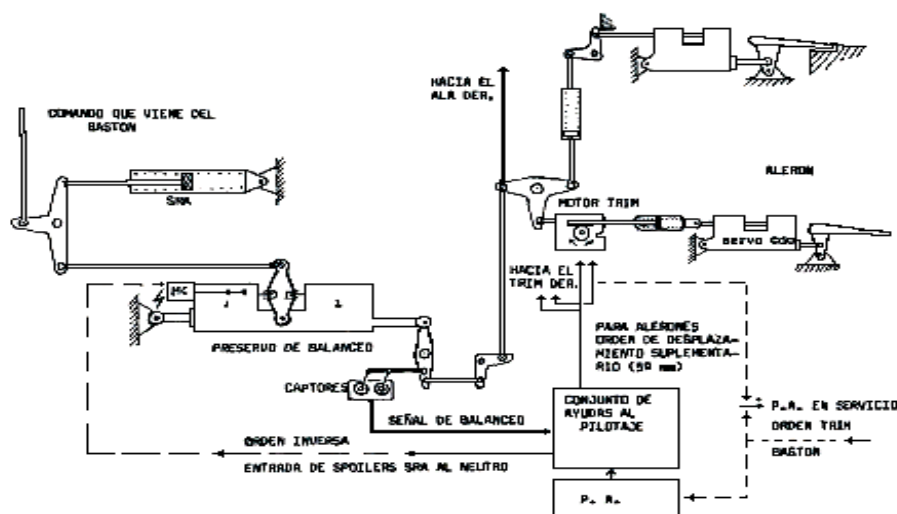


Fig. 1.18. Trim automático de balanceo.

1.3.1.5.3. Comando del trim del sistema de alerones.

El funcionamiento del trim puede ser obtenido por comando manual o comando automático, por los dos cilindros, funcionando simultáneamente, son independientes, para evitar que pequeñas diferencias de velocidad no ocasionen un descolaje progresivo.

La autoridad de trim corresponde a $\pm 4^\circ 15'$ del alerón.

1.3.1.5.4. Funcionamiento del trim del sistema de alerón.

Existen dos tipos o modos de funcionamiento que son posibles:

1.3.1.5.4.1. Funcionamiento en comando manual:

- Los cilindros de trim están comandados por el basculador "derecha-izquierda" ubicado sobre la empuñadura del piloto.

1.3.1.5.4.2. Funcionamiento en comando automático:

- Está garantizado por el P.A. en el momento que es puesto en servicio el pilotaje automático, una orden es enviada sobre los trims de alerón a manera de evitar el vuelo permanente (ésto evita un desplazamiento prolongado de los spoilers y mantiene el bastón con esfuerzos nulos).

1.3.1.5.5. Principio de funcionamiento del sistema de trim.

En P.A. una orden de balanceo alcanza al preservo-comando, que desplazándose acciona a la vez alerones y spoilers.

Los spoilers salidos en permanencia perjudica a las características de vuelo del avión, por otra parte, desde que el preservo-comando se desplaza el S.R.A. introduce un esfuerzo, función del desplazamiento del bastón, al momento del desbloqueo de la palanca de entrada del preservo con relación a

su cuerpo, en caso de corte del P.A., el esfuerzo llevado por el S.R.A. causará una brusca y total abertura del émbolo de distribución y el avión sufrirá un golpe brutal en balanceo.

A fin de meter los spoilers y de llevar el S.R.A. a su posición de reacción nula, el P.A. detecta la posición de la timonería de balanceo por lo tanto de los spoilers por el captador de posición, situado después del preservo-comando de balanceo.

El P.A. elabora entonces las órdenes destinadas a los cilindros de trim, a fin de obtener los alerones solos con su nuevo equilibrio alrededor del eje de balanceo.

Esto continua durante el funcionamiento de los cilindros (a una velocidad muy baja, correspondiente a un desplazamiento del alerón de 5° por minuto aproximadamente), ocasionando un desplazamiento suplementario de los alerones, dentro del mismo sentido de que aquel obtenido por el desplazamiento inicial del preservo-comando, por lo tanto, una modificación progresiva da la orden al P.A. a fin de mantener el equilibrio del avión alrededor del eje de balanceo.

En donde, el preservo-comando realiza los siguientes pasos:

- Regresa lentamente a su posición inicial (semi-carrera aproximadamente).

- Provoca el repliegue de los spoilers.
- Ubica el bastón en la posición correspondiente, a cero esfuerzo del S.R.A.
- La parada del funcionamiento del trim se efectúa cuando la tensión es nula.

1.3.1.5.6. Control del sistema de trim del comando de balanceo del F1.

En caso de falla del trim automático la seguridad de la cadena P.A. enciende la luz "trim" en el tablero de avisos, sin afectar el P.A.

La posición del trim de balanceo está dado por el indicador común a los tres comandos (dirección, balanceo y profundidad).

1.3.1.5.7. Objeto del trim.

Permite obtener el desplazamiento completo de los spoilers, en el caso donde el servo-comando de alerón, estuviera en tope mecánico o de saturación de esfuerzo.

Limitar a un nivel aceptable a los equipos, los esfuerzos en la timonería.

1.3.1.6. Implantación de la caja de resorte en el comando de alerón.

La caja a resorte está ubicada, adelante del servo del alerón, dentro de un cajón delimitado por los larguerillos 5 y 3 de una parte y las nervaduras de otra parte. Ver Fig. 1.19.

Ella constituye un elemento en la timonería de comando del servo-comando.

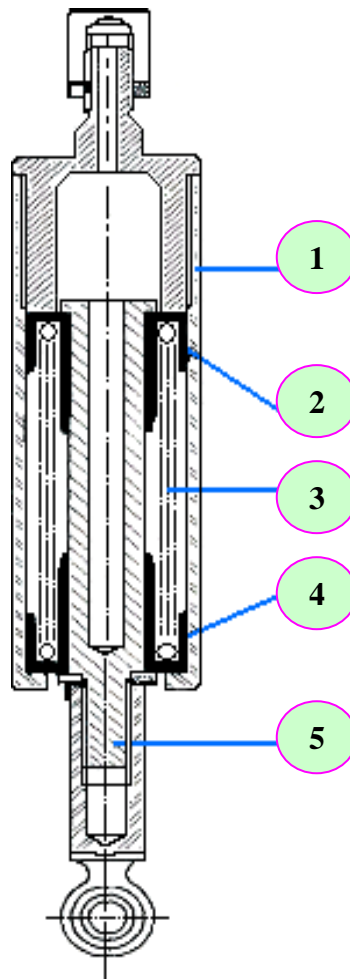


Fig. 1.19. Caja a resorte del alerón.

1.3.1.6.1. Descripción en el sistema de alerón.

LA caja de resorte está constituida por:

- Un cuerpo cilíndrico (1), donde una de sus extremidades está cerrada por un tapón, está fija al cilindro de trim.
- Un vástago (5), el vástago resbala dentro del cilindro, y su desplazamiento es de uno u otro sentido accionando uno de los dos topes (2) o (4) provocando así la compresión de un resorte (3).
- Dos topes (2) y (4), sirven de asiento al resorte (3).
- Un resorte (3), ubicado entre dos topes (2) y (4).

1.3.1.6.2. Funcionamiento en el sistema de alerón.

En reposo, el vástago (5) es mantenido en posición neutra por la precarga del resorte (3).

Todo carga superior a la inicial provoca el desplazamiento del vástago en sentido de entrada o salida.

1.3.1.7. Servo-comando del alerón del avión Mirage F1.

1.3.1.7.1. Características e implantación de este sistema.

Este es un servo de doble cuerpo, el cuerpo está fijo sobre la estructura del ala, éste tiene las siguientes características.

- Funcionamiento simultáneo de los cuerpos.
- Alimentación del cuerpo 1 por el circuito hidráulico 1.
- Alimentación del cuerpo 2 por el circuito hidráulico 2.

Contiene dos émbolos de distribución o funcionamiento sincronizado comandados mecánicamente por la timonería.

Un dispositivo mecánico entre el pistón y la palanca del comando, permite el retorno al neutro de los émbolos de distribución una vez que el servo-comando se desplaza.

El cuerpo oscilante del servo-comando se encuentra ubicado dentro de la caja del ala, formada por los larguerillos 5 y 3 por un lado, y las nervaduras por otro lado.

El cuerpo está fijo por una rótula sobre una herradura de la nervadura, el vástago móvil del pistón de potencia está fijado sobre una transmisión articulada

sobre la nervadura, que transmite los desplazamiento por intermedio de una biela al alerón.

El vástago móvil posee una horquilla articulada regulable.

1.3.1.7.2. Descripción interna del servo-comando de alerón.

Cada servo-comando está compuesto por:

- De un cuerpo con distribución incorporada.
- Dos pistones de potencia montados tope a tope.
- De tres cojinetes en bronce a recuperación de fuga, con empaques de teflón.

Cada uno de estos cuerpos contiene:

- dos émbolos de distribución.
- dos by-pass.
- dos válvulas anti-retorno.

Los dos émbolos de distribución de funcionamiento sincronizados, son accionados mecánicamente por el bastón de mando. Un resorte en el tope de cada émbolo asegura la recuperación del juego.

Un mezclador diferencial permite transmitir la orden del piloto a los émbolos de distribución y asegura el retorno al neutro de cada uno, una vez que la orden es ejecutada.

Nota: Si un circuito hidráulico se daña, el servo no da más que la mitad de su potencia.

1.3.1.7.3. Funcionamiento del servo comando del alerón.

El servo-comando de alerón siendo un servo-comando, no será objeto de descripción, referirse al funcionamiento del preservo-comando de profundidad.

Los dos émbolos de distribución de funcionamiento sincronizados son accionados mecánicamente por el bastón de mando.

Sobre el bastón se encuentra fijada, la caja a resorte, elemento de la timonería que viene del bastón.

Nota: En caso de falla de un circuito el servo-comando funciona a la mitad de su potencia.

1.3.1.7.4. Válvula de alimentación hidráulica de los servos-comandos del alerón .

1.3.1.7.5. Objeto de válvula de doble alimentación.

- Permite la alimentación del servo-comando de alerón sobre un solo cuerpo.
- Por el circuito 2 normalmente.
- Por el circuito 1 o emergencia en caso de falla del circuito 2.

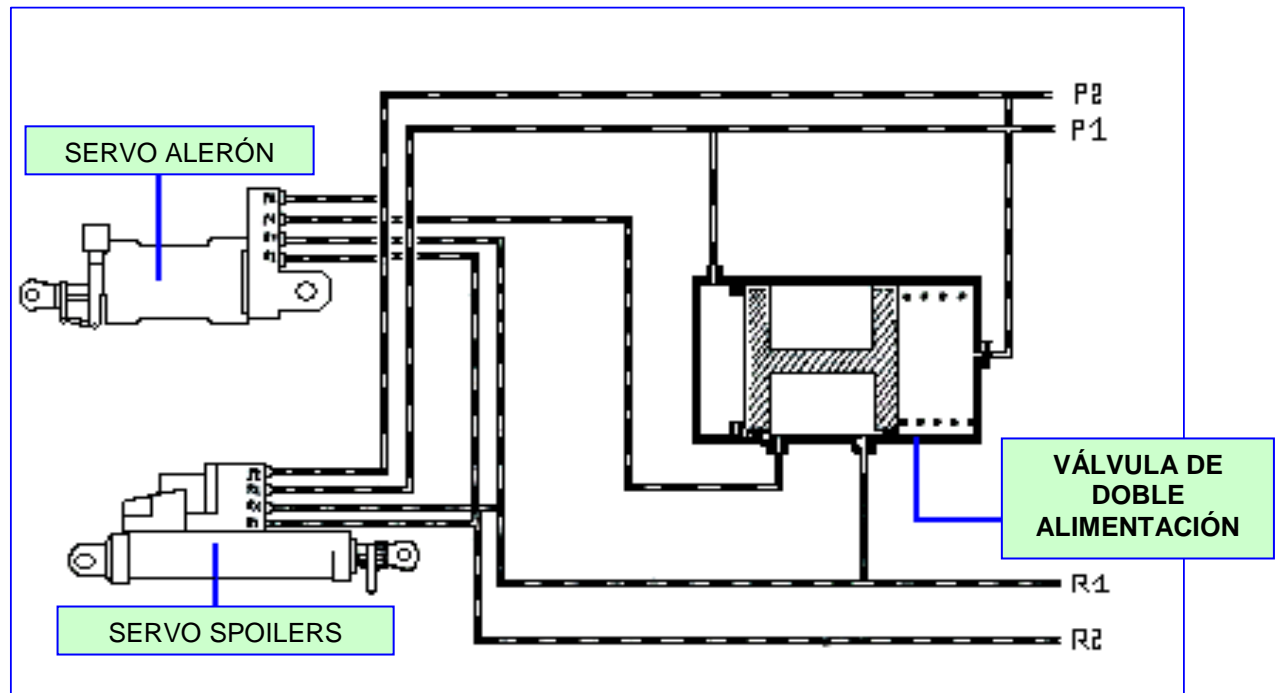
Limitar el desplazamiento de los alerones a gran velocidad, del servo-comando llegando a la saturación de esfuerzo, (efecto aerodinámico sobre el alerón). Ver Fig. 1.20.

1.3.1.7.6. Propósito de la válvula de doble alimentación.

Limitar el desplazamiento de los alerones a gran velocidad, produciéndole al servo-comando una saturación de esfuerzo. (Efecto aerodinámico sobre el alerón).

1.3.1.7.7. Implantación de la válvula de doble alimentación.

Hay una válvula doble alimentación por la semi-ala del avión Mirage F1. Están situadas dentro de la parte superior del fuselaje entre los mamparos 25 y



26.

Fig. 1.20. Válvula doble de alimentación.

1.3.1.7.8. Descripción de la válvula de doble alimentación.

Contiene un émbolo cargado por un resorte, sobre la cara del mismo, acción de la P2, sobre la cara opuesta acción de la P1, en esta posición el émbolo pone el cuerpo 1 del servo del alerón al retorno.

1.3.1.8. Caja de resorte de sistema de spoilers.

1.3.1.8.1. Objetivo.

El resorte de spoilers, se encuentra Integrada dentro de la cadena de los comandos de vuelo entre la timonería del bastón y el servo de spoilers, está permite por un lado el desplazamiento de uno o del otro spoilers y restituye por otro lado, a la timonería, el largo necesario en caso de desplazamiento de uno de los alerones.

1.3.1.8.2. Descripción de la caja de resorte.

La caja de resorte está constituida por:

- Un cuerpo cilíndrico (1) donde una de sus extremidades está unida al servo por intermedio de una transmisión regulable y de una biela al nivel de las nervaduras.
- Un vástago (2) deslizante dentro del cilindro está unido por una de sus timonerías que vienen del bastón, por intermedio de una transmisión.
- Dos topes (3) y (4) sirven de asiento a cada uno de los resortes.
- Un cabrestillo (5) ubicado entre los 2 topes (3) y (4) deslizante sobre el vástago (2) y sirviendo de asiento común a los dos resortes.

- Dos resortes, ubicado el uno entre el tope (3) y el cabrestillo (5) y el otro entre el tope (4) y el mismo cabrestillo.

1.3.1.8.3. Funcionamiento de la caja de resorte.

En reposo, el vástago se mantiene en posición neutra por la precarga equivalente al resorte (3).

El valor de esta precarga representa el inicio del esfuerzo de la caja de resortes, todo esfuerzo superior al inicial provoca el desplazamiento del vástago en sentido entrada o salida.

1.3.1.9. Servo-comando del sistema de spoilers.

1.3.1.9.1. Objetivo.

Permite el desplazamiento o la entrada de los spoilers sobre la media ala, y permiten que los spoilers se levanten únicamente cuando el alerón de la misma ala se levante.

1.3.1.9.2. Características e implantación.

Es un servo-comando de doble cuerpo en tándem, idéntico al de los alerones, con un funcionamiento simultáneo de los cuerpos.

- Alimentación del cuerpo uno por el circuito uno.
- Alimentación del cuerpo dos por el circuito dos.
- Relación alerón-spoilers = $\frac{1}{3}$.

El servo-comando de spoilers esta alojado dentro de un cajón del ala formado por el larguerillo 5, el larguerillo posterior y las nervaduras.

1.3.1.9.3. Descripción.

El servo-comando de doble cuerpo sensiblemente idéntico al del alerón. Se encuentra en el interior.

- Dos émbolos de distribución a funcionamiento sincronizado comandado mecánicamente la timonería.
- Dos by-pass.
- Dos pistones de potencia montado sobre un mismo eje, de spoilers, los pistones están en el tope dentro del cuerpo.
- Al exterior del servo, se encuentran fijos sobre el cuerpo por una palanca porta-topes, un dispositivo mecánico entre el pistón y la palanca del comando.

1.3.1.9.4. Funcionamiento.

El servo-comando de spoilers es un servo comando clásico, no será objeto de descripción.

- En posición de reposo los spoilers están cerrados, el vástago del servo esta adentro.
- Los émbolos de distribución son llevados al neutro (bloqueo hidráulico).

Nota: En caso de falla de un circuito, el servo-comando funciona a mitad de su potencia.

1.3.1.10. Sistemas de timonerías dentro del ala del avión F1.

Dentro del ala, las timonerías están constituidas por una biela corrediza dentro de un tubo hermético equipado de rodamientos a bolas, atravesando el tanque entre las nervaduras de implantación y los larguerillos 4 y 5. Ver Fig. 1.21.

Estas timonerías transmiten los movimientos que viene del preserve de balanceo a los servos del alerón y spoilers por intermedio de una palanca de bifurcación articulada sobre la estructura, a la unión del larguerillo 5 con la nervadura.

Fijando por articulaciones a esta palanca y puesta en serie, encontrándose un cilindro de trim y una caja de resorte (auto llevable), esta última atacando los émbolos de distribución del servo-comando de alerón.

Sobre un brazo de la palanca de fabricación se encuentra la timonería compuesta de una caja de resorte montada en serie, que transmite los desplazamientos hacia el servo-comando de spoilers.

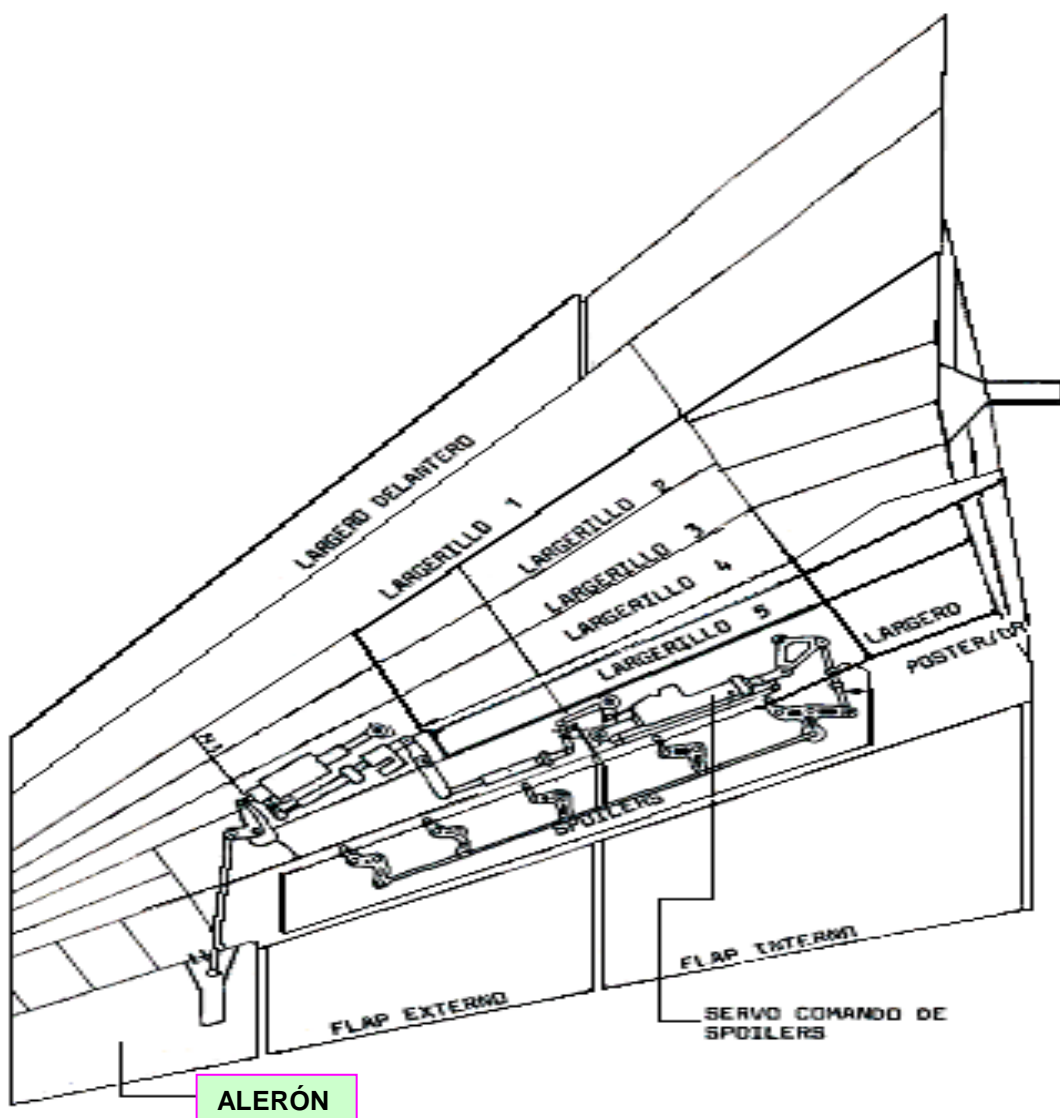


Fig.1.21. Timonería de balanceo dentro del ala

1.3.1.10. Sistema de transmisión hermética del avión F1.

Se encuentra ubicado en el comando de balanceo tras del mamparo 10, montada sobre la timonería del comando de balanceo del avión F1. Está formado por dos ramales uno de ellos dentro del compartimiento presurizado de la cabina del piloto y el otro dentro del compartimiento del tren de aterrizaje, el ramal situado en el compartimiento de la cabina del piloto, recibe la biela que viene de la palanca de profundidad del bastón, asegura simplemente la transmisión del movimiento de la timonería entre el piloto y el preservo-comando, es decir idéntica a aquella timonería (varillaje) del comando de profundidad o profundor .

Sin embargo, ella no contiene conexiones para el cilindro Arthur, esté aparato no está montado sobre el comando de balanceo, asegura simplemente la transmisión del movimiento de la timonería (varillaje), entre el piloto y el preservo-comando.

1.4. Fallas y seguridades del sistema de balanceo del avión Mirage F1.

La cadena de balanceo puede ser utilizada en pilotaje manual-hidráulico o con el piloto automático.

En caso de falla en los circuitos de comando eléctrico de la cadena de balanceo, restituyen automáticamente comando mecánico del preservo-comando, directo a partir del bastón de mando.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

2.1. Definición de alternativas y estudio técnico.

2.1.1. Definición de Alternativas.

Para el presente trabajo de construcción se optó por tomar en cuenta la forma del simulador, en cuanto a su estructura, la misma se adaptará para la implementación del Sistema de los Alerones del avión Mirage F1.

Los materiales no serán los utilizados en el avión debido a su complejidad y costo, por lo que se remplazarán con los que se consigan en el mercado local, así se tomará en cuenta los tipos de elementos que se remplazarán.

Con lo anteriormente mencionado se puede decir que, principalmente se consideró lo siguiente:

1. Formas del Simulador.
2. Materiales del simulador.

2.1.2. Estudio Técnico.

2.1.2.1. Primera Alternativa.

2.1.2.1.1. Simulador con cabina separada para manipulación externa.

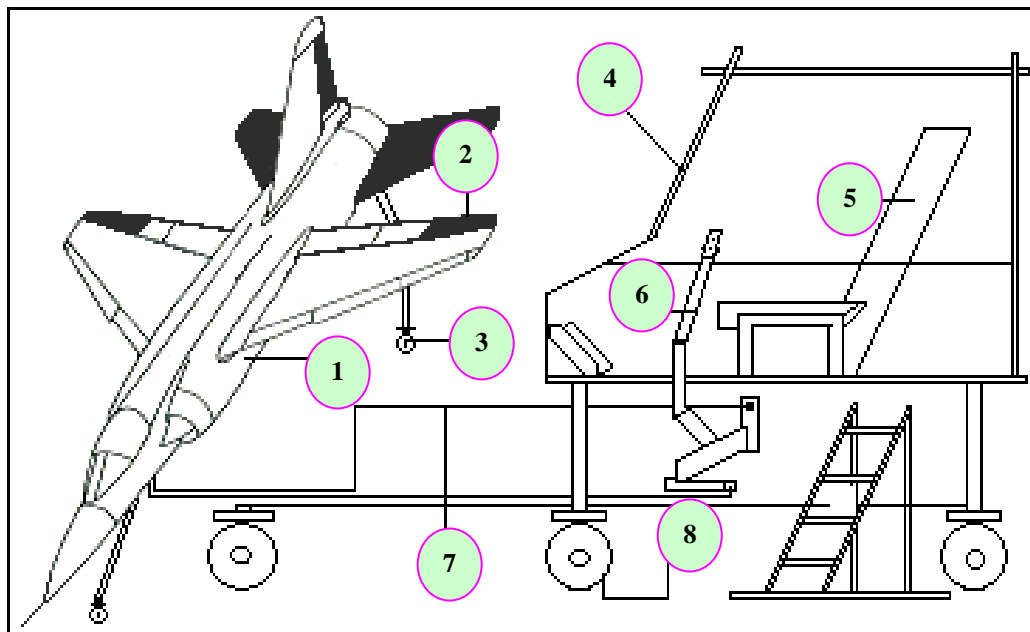


Fig. 2.1. Estructura con cabina separada.

2.1.2.1.2. Descripción de la Fig. 2.1.

1. Estructura del avión Mirage F1.
2. Superficies móviles de comandos de vuelo.
3. Bases del avión.
4. Estructura de la cabina fuera del avión.
5. Asiento del piloto.

6. Bastón de mando.
7. Mecanismos de comandos.
8. Bases de la cabina.
9. Pedales.

2.1.2.2. Segunda Alternativa.

2.1.2.2.1. Simulador con cabina incorporada de acuerdo al avión F1.

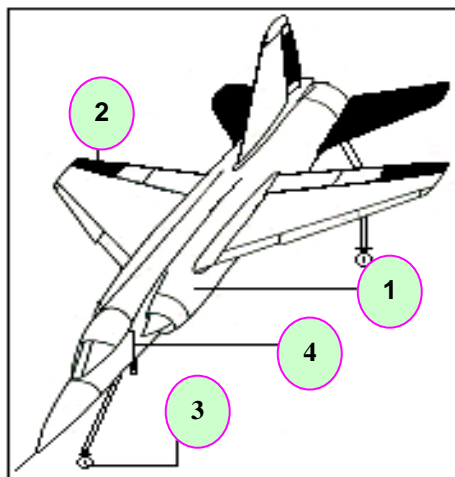


Fig. 2.2. Estructura con cabina incorporada.

2.1.2.2.2. Descripción de la Fig. 2.2.

Estructura de la avión F1, con cabina incorporada.

1. Estructura del avión Mirage F1.
2. Superficies móviles de comandos de vuelo.

3. Bases del avión.
4. Mecanismos de comando de vuelo.

2.1.3. Estudio de posibles materiales de construcción.

Los materiales empleados en estas alternativas serán seleccionados tomando en cuenta su forma, construcción, mantenimiento, reparación, operación y factor financiero.

En el presente proyecto se considera las propiedades generales de los materiales, considerando que estos serán adecuados para el objetivo propuesto.

Para la ejecución de este proyecto se realiza un estudio de construcción de los siguientes materiales:

- Construcción en Madera
- Construcción en Plástico Reforzado.
- Construcción en Hierro (Fe).

2.1.3.1. Construcción en madera.

Es una sustancia dura, las propiedades físicas principales de la madera son: Dureza, rigidez y densidad (relación entre peso y volumen). La madera por

lo tanto es dura, pero no resistente. Pero a medida que pasa el tiempo, si la atacan organismos vivos producirán su deterioro.

2.1.3.2. Construcción en Plástico.

Material orgánico (compuestos formado por moléculas orgánicas gigantes). Que son plásticos, es decir que pueden deformarse hasta conseguir la forma deseada por medio de extensión, molde o hilado, siendo vulnerable al calor en bajas y altas temperaturas, por lo tanto es imposible trabajar en el proyecto de grado con este tipo de compuesto.

2.1.3.3. Construcción en Hierro.

De símbolo Fe, es un elemento metálico, magnético, maleable, dúctil y de color blanco plateado, las propiedades físicas del hierro son: resistencia, dureza, densidad, flexibilidad, etc. Este metal es durable, moldeable con herramientas mecánicas, manuales y eléctricas, se magnetizan fácilmente a temperaturas ordinarias, químicamente el hierro es un metal activo, resistente a la compresión, tracción. Con una adaptación y acoplamiento acorde a nuestro trabajo de investigación (soldar). Es un material de fácil adquisición en el mercado local y de costos accesibles.

2.2. Estudio de factibilidad.

Se tomará en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para determinar la mejor, y alcanzar requerimientos técnicos de la misma, con el fin de construir el más adecuado.

2.2.1. Primera alternativa.

2.2.1.1. Simulador con cabina separada para manipulación externa.

Ventajas:

- Mayor amplitud de cabina.
- Mejor visibilidad desde la cabina a la estructura.

Desventajas:

- Costo elevado de los materiales.
- Mecánicamente es muy complejo.
- Mayor estudio en la construcción del sistema.
- Mayor complejidad en la manipulación del sistema.
- Menor precisión en los movimiento de las superficies.
- Mayor tiempo de trabajo.
- Menor entendimiento visual del sistema para el personal.
- Ocupa mayor espacio.

2.2.2. Segunda alternativa:

2.2.2.1. Simulador con cabina incorporada de acuerdo con el avión Mirage F1.

Ventajas:

- En la construcción y adaptación es de menor complejidad.
- Costo accesible.
- Materiales de fácil uso y adquisición.
- No se requiere de personal especializado para su construcción.
- Operación con mayor precisión.
- De fácil implementación y visualización.
- Muestra en los laboratorios los movimientos que se producen cuando se envía una señal Mecánica.
- La estructura de los sistemas son rígidos y confiables.
- Durabilidad y confiabilidad del sistema.
- Ocupa menor espacio, tomando en cuenta el área disponible.

Desventajas:

- Cualquier desfase de los mecanismos puede disminuir su precisión y exactitud.

2.2.3. Parámetros de evaluación.

Para evaluar cada una de las alternativas se tomara en cuenta las ventajas y desventajas que presentan y la opción que obtenga la mayor calificación será la seleccionada para ser construida, las opciones de construcción tendrán un valor de 0,1 a 1.0. Propuesto en este proyecto.

Los parámetros de evaluación, seleccionados en las dos alternativas se dividieron en tres factores (mecánico, financiero, variable).

2.2.3.1. Primera Alternativa.

1. Factor Mecánico.

- Material.
- Construcción.
- Operación.
- Mantenimiento.

2. Factor Financiero.

- Costo de fabricación.

3. Factor Complementario.

- Tamaño.
- Forma.

A continuación se define cada uno de los factores:

2.2.3.1.1. Factor Mecánico.

- **Material:** Se refiere al material recomendado y su fácil adquisición para lograr que la construcción sea óptima, considerando un valor de 0.6.
- **Construcción:** Las alternativas necesitan piezas, elementos con tolerancia de construcción con buenas características mecánicas obteniendo buenos resultados de construcción y de funcionamiento, considerando un valor de 0.8.
- **Operación:** Se refiere al funcionamiento de las superficies de los alerones con la mayor facilidad de poder operarla, considerando un valor de 0.5.
- **Mantenimiento:** Es importante para que los alerones tenga un óptimo funcionamiento y dependiendo de los mecanismos, hallar las soluciones respectivas para realizar las correcciones de mantenimiento, considerando un valor de 0.5.

2.2.3.1.2. Factor Financiero.

- **Costo de Fabricación:** Es de gran importancia para la decisión adecuada en la selección de construcción y buscar la alternativa mas económica, considerando un valor de 0.8

2.2.3.1.3. Factor Complementario.

- **Tamaño:** Se trata de espacio que ocupa el simulador didáctico de los controles de vuelo del F1. Tomando en cuenta el área disponible, considerando un valor de 0.4.
- **Forma:** Se refiere a la estética (belleza) de los componentes del simulador didáctico, considerando un valor de 0.6.

Tabla 2.1. Matriz de Evaluación.

| ORD. | Parámetros de evaluación | F. Pond. X | Alternativas | |
|------|----------------------------------|---------------|--------------|-----|
| | | | 1 | 2 |
| 1 | 1. Factor Mecánico. | | | |
| | • Materiales. | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| | • Construcción. | 0.8 | 0.5 | 0.8 |
| | • Operación. | 0.5 | 0.8 | 0.9 |
| | • Mantenimiento. | 0.5 | 0.7 | 0.8 |
| 2 | 2. Factor Financiero. | | | |
| | • Costo de Fabricación. | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 3 | 3. Factor Complementario. | | | |
| | • Forma. | 0.6 | 0.8 | 0.9 |
| | • Tamaño. | 0.4 | 0.7 | 0.8 |
| | | | | |

Tabla 2.2. Matriz de Decisión.

| ORD. | Parámetros de evaluación | F. Pond. X | Alternativas | |
|------|----------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| | | | 1xX | 2xX |
| 1 | 1. Factor Mecánico. | | | |
| | • Materiales. | 0.6 | 0.42 | 0.48 |
| | • Construcción. | 0.8 | 0.40 | 0.64 |
| | • Operación. | 0.5 | 0.40 | 0.45 |
| | • Mantenimiento. | 0.5 | 0.35 | 0.40 |
| 2 | 2. Factor Financiero. | | | |
| | • Costo de Fabricación. | 0.8 | 0.72 | 0.72 |
| 3 | 3. Factor Complementario. | | | |
| | • Forma. | 0.6 | 0.48 | 0.54 |
| | • Tamaño. | 0.4 | 0.28 | 0.32 |
| | | | | |
| 4 | TOTAL. | | 3.05 | 3.55 |

2.3. Selección de la mejor Alternativa.

Concluido el estudio Técnico, de cada alternativa y la evaluación de parámetros, se determina que la Segunda Alternativa, presenta mejores condiciones de forma, operación y costos.

2.4. Requerimientos Técnicos.

- Mediante un sistema mecánico se logra alcanzar el movimiento de las superficies de los comando de vuelo de avión Mirage F1.
- Se utiliza una estructura con cabina incorporada, de acuerdo al avión F1.
- La estructura esta diseñada para adaptar comandos de vuelo adicionales del avión F1.
- Este sistema es de accionamiento manual, por su forma y funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

- Varios Autores, (1971). Enciclopedia de las Ciencias. Tomos 13 y 14 Mecánica y Transporte. Salvat. Pág. 13-45.
- Oñate E, (1994). Aerodinámica Práctica. Editorial Paraninfo. Pág. 20 –28.
- Varios Autores, (1967). Manual del Ingeniero Mecánico. Editorial UTEHA. Pág. 18-22, 34-39.
- Varios Autores, (1966). Manual 52-11 de la FAE. Mantenimiento y Reparación de Estructuras de Aviones. Pág. 18-39.
- Varios Autores, (1976). Manual 06, 08 y09 del Mirage F.1.
- Alvarez H. Laverde L, (2002). Memoria de Grado. ITSA. Pág. 16-23, 45-53.
- Nieto M.S.J, (1978). Metodología del Trabajo Científico. Editorial de la P.U.C.E. Pág. 25-36, 41-49.
- Caldas M, (1997). Preparación y Evaluación de Proyectos. Publicaciones H. Del Ecuador. Fig. 10-37.

- Kaouru I, (1988). ¿Qué es el Control de calidad?. La modalidad Japonesa. Ed. Norma. Pág. 14-18, 22-36, 44-56.
- Shakelford J, (1995). Ciencia de los Materiales. 3ª Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México. Pág. 18-45.

- www.aeroespace.com.er.
- www.tcenterhobby.com.ar
- www.geocities.com

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS: JAIRO DARÍO ZAMBRANO GANCHOZO.

ESTADO CIVIL: SOLTERO.

NACIONALIDAD: ECUATORIANA.

CEDULA DE IDENTIDAD: 120379169 - 2

FECHA DE NACIMIENTO: 15 DE ENERO DE 1979.

EDAD: 23 AÑOS.

TIPO DE SANGRE: ORH+

DOMICILIO: QUEVEDO, AVENIDA 7 DE MAYO Y 19 DE OCTUBRE.

ESTUDIOS PRIMARIOS: ESCUELA QUÍNTILIANO SÁNCHEZ RENDÓN.

ESTUDIOS SECUNDARIOS: INSTITUTO TÉCNICO SUPERIOR "7 DE OCTUBRE" QUEVEDO

ESTUDIOS SUPERIORES: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL "QUÍTO".
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO.

ELABORADO POR

Zambrano G. Jairo D.

Cbos. Téc. Avc.

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Ing. Eduardo Castillo

Mayo Téc. Avc.

Lugar y fecha _____