



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN AVIONES

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE RADAR METEOROLÓGICO
(WXR) EN LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY COMO HERRAMIENTA
INTERACTIVA DE CAPACITACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO
TÉCNICO DE LOS ALUMNOS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE
TECNOLOGÍAS - ESPE**

AUTOR: RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO

DIRECTOR: TLGO. PANTOJA MONTENEGRO, DARWIN ESTEBAN

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE RADAR METEOROLÓGICO (WXR) EN LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY COMO HERRAMIENTA INTERACTIVA DE CAPACITACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO DE LOS ALUMNOS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE**” fue realizada por el señor **RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 30 de enero del 2020

.....
TLGO. PANTOJA MONTENEGRO, DARWIN ESTEBAN

C.C.: 0401531793



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE RADAR METEOROLÓGICO (WXR) EN LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY COMO HERRAMIENTA INTERACTIVA DE CAPACITACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO DE LOS ALUMNOS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 30 enero del 2020

.....
RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO

C.C.: 1726574682



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía “**SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE RADAR METEOROLÓGICO (WXR) EN LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY COMO HERRAMIENTA INTERACTIVA DE CAPACITACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO DE LOS ALUMNOS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE**” en le Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 30 enero del 2020

.....
RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO

C.C.: 1726574682

DEDICATORIA

En sencillo gesto de agradecimiento, deseo dedicar mi trabajo de titulación descrito en el presente documento, a Dios por darme la oportunidad de estudiar, a Gabriela mi pareja y compañera, a mi hijo Elián que llegó a mi vida para animarla y motivarme a ser cada día mejor, a mis padres Gladys y Henry, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme la elaboración del presente trabajo de titulación y a la vez mantenerme rodeado de mi familia, compañeros y docentes que se han involucrado de manera directa o indirecta para la culminación del mismo de la misma manera a todas aquellas personas que se vieron interesadas en el desarrollo ya que fueron una fuente de motivación para seguir adelante.

A mis padres por el apoyo incondicional que me han otorgado tanto en mi travesía por la universidad como en la vida misma, por la preocupación y paciencia que han presentado durante cada meta que me he propuesto al igual que mis hermanos, los cuales siempre están pendientes de mis falencias, logros y necesidades para prestarme una mano y seguir adelante.

A mi hijo y pareja, que espero entiendan y comprendan la recompensa que espera a cada sacrificio que realizamos. El tiempo será el mejor juez, y el presente trabajo el mejor testigo entre el sacrificio y el éxito.

RODRIGUEZ MUÑOZ, DENNIS FRANCISCO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Justificación e Importancia	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Alcance.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Desarrollo del avión Hawker Siddeley HS-125	5
2.1.2	Diseño del avión HS-125	6
2.1.3	Variantes del Avión Hawker Siddeley HS-125	7
a.	Serie 1	7
b.	Serie 2	8
c.	Serie 3	8
d.	Serie 400	9
e.	Serie 600	9
f.	Serie 700	10
g.	Serie 800	10
h.	Serie 1000	11
2.1.4	Especificaciones técnicas del HS-125 400	11
2.2	Motor turboreactor Rolls Royce Viper 522.....	12
2.2.1	Descripción.....	13
2.2.2	Equipamiento.....	14
2.2.3	Fluidos	15
2.3	Aviónica e historia.....	16
2.4	Radio Navegación	17
2.4.1	Sistema de navegación VOR.....	18
2.4.2	Buscador de dirección automático (ADF)	20
2.4.3	Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).....	22

a.	Componentes	22
a.1	Localizador	23
a.2	Glideslope.....	24
a.3	Marker beacon.....	24
b.	Categorías ILS.....	25
b.1	Categoría I.....	25
b.2	Categoría II.....	26
b.3	Categoría III a.....	26
b.4	Categoría III b.....	26
b.5	Categoría III c.....	27
2.4.4	Equipo de medición de distancia (DME).....	27
2.4.5	Transponder	28
a.	Esquema del sistema transponder	29
2.4.6	Sistema de prevención de colisiones de tráfico (TCAS).....	30
a.	Asesor de amenazas (TA)	31
b.	Aviso de resolución (RA)	31
2.4.7	Sistema de posicionamiento global (GPS)	32
a.	Precisión de posición.....	34
b.	Frecuencias GPS	35
2.4.8	El clima y la aviación	36
a.	Tormentas	36
b.	Detección por radar meteorológico.....	37
c.	Detección de rayos	38

d.	Enlace de datos “Datalink”	39
e.	Cumulonimbo	40
2.5	Sistema de Radar Meteorológico (WXR).....	40
2.5.1	Principio de funcionamiento.....	41
a.	Reflexividad	42
b.	Operación del sistema	43
c.	Limitaciones.....	44
c.1	Capacidad de detección	44
c.2	El fenómeno de atenuación del haz.....	45
2.5.2	Esquema del Sistema WXR	45
2.5.3	Collins WXR-300	47
a.	Antena	48
b.	Guía de onda.....	49
c.	Receptor / Transmisor	49
d.	Pantalla.....	51
2.5.4	Operación Collins WXR-300.....	52
2.5.5	Precauciones.....	54
2.5.6	Ondas de radio	54
a.	Tipos de frecuencias.....	55
2.5.7	Radares y salud humana.....	57
a.	Exposición humana	57
b.	Estudios relacionados con el cáncer	58
c.	Efectos térmicos	58

	x
d. Efectos no-térmicos	59
e. Encendido de líquidos inflamables y explosivos	59
f. Medidas de protección.....	60

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares.....	62
3.2 Medidas de seguridad	62
3.3 Inspección visual del Sistema WXR	63
3.4 Desmontaje de la antena.....	64
3.4 Diseño y fabricación de componentes estructurales del sistema	66
3.4.1 Impresión 3D	66
3.4.2 Corte Láser CO2	68
3.4.3 Base	69
a. Selección de material	69
b. Análisis del componente.....	70
b.1 Estático.....	70
b.2 Factor de seguridad.....	71
3.4.4 Antena Plana	72
3.4.5 Brazo mecánico.....	73
3.5 Diseño interfaz gráfica de la aplicación	74
3.6 Programación de aplicación	75
3.7 Programación de Arduino	75

	xi
3.8 Presupuesto	76
3.8.1 Análisis de costos.....	76
a. Costos primarios.....	78
b. Costos Secundarios.....	78
c. Costo total del proyecto de grado	79

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	80
4.2 Recomendaciones.....	80

GLOSARIO	82
-----------------------	-----------

ABREVIATURAS.....	84
--------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
---	-----------

ANEXOS	87
---------------------	-----------

ANEXO A: Programación en ApplInventor

ANEXO B: Programación de Arduino NANO

ANEXO C: Ensamblaje de la Antena de Radar

ANEXO D: Manual de Mantenimiento Hawker Siddeley HS-125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño de la base para montaje de pedestal	72
Tabla 2 Diseño de la antena y rotulado.....	72
Tabla 3 Características técnicas del servomotor RDS5160	73
Tabla 4 Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación	74
Tabla 5 Programación en AppInventor.....	75
Tabla 6 Programación en IDE Arduino.....	76
Tabla 7 Desglose de costos primarios	78
Tabla 8 Desglose costos secundarios.....	78
Tabla 9 Descripción del coste total del proyecto	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hawker Siddeley HS-125 400A.	5
Figura 2. Tanque de combustible integral.....	7
Figura 3. Rolls Royce Viper 522	13
Figura 4. Primer panel de instrumentos.....	16
Figura 5. Desarrollo de la navegación aérea	17
Figura 6. Representación estación VOR en tierra	18
Figura 7. HSI mecánico y electrónico con información de VOR	19
Figura 8. Indicador de ADF de tarjeta móvil	20
Figura 9. Esquema del sistema ADF	21
Figura 10. Representación ILS tridimensional	22
Figura 11. Indicaciones de localizador	23
Figura 12. Guía de la senda de planeo	24
Figura 13. Esquema de recepción Marker Beacon	25
Figura 14. Indicador dedicado DME	27
Figura 15. Panel de control de Transponder	28
Figura 16. Diagrama de bloques del sistema Transponder	29
Figura 17. Regiones de alcance del TCAS	31
Figura 18. Segmentación de GPS	32
Figura 19. Conjuntos mayores del sistema GPS	33
Figura 20. Unidad GPS integrada en COM/NAV	34
Figura 21. Refinamiento de posición	35
Figura 22. Frecuencias GPS y usos	35

Figura 23. Sistema típico de radar meteorológico abordo	37
Figura 24. Pantalla Stormscope.....	38
Figura 25. Reporte METAR	39
Figura 26. Formación de Cumulonimbo	40
Figura 27. Pantalla dedicada de radar meteorológico	41
Figura 28. Principio de reflexividad	42
Figura 29. Volumen de escaneo	43
Figura 30. Imagen reflectante de un cumulonimbo.....	44
Figura 31. Atenuación.....	45
Figura 32. Diagrama del Sistema WXR	45
Figura 33. Sistema WXR-300	47
Figura 34. Antena Collins WXR	48
Figura 35. Guía de onda de radar.....	49
Figura 36. Receptor – Transmisor PRIMUS 40	50
Figura 37. Código de colores del sistema WXR	51
Figura 38. Campos de la onda de radio.....	55
Figura 39. Rangos de las ondas de radio	56
Figura 40. Display del Sistema WXR en Cabina.....	63
Figura 41. Panel de CBs.....	64
Figura 42. Seguros del radome	65
Figura 43. Guía de onda extraída	65
Figura 44. Antena plana del sistema WXR	66
Figura 45. Impresión 3D por capas.....	67

Figura 46. Proceso de corte por laser.....	68
Figura 47. Base modelada en SolidWorks.....	69
Figura 48. Filamento pla con fibra de carbono.....	70
Figura 49. Simulación de cargas en SolidWorks	71
Figura 50. Análisis del factor de seguridad.....	71
Figura 51. Diseño de antena en AutoCAD.....	72
Figura 52. Brazo con servomotores.....	73
Figura 53. Diseño de la interfaz del display	74
Figura 54. Entorno de programación de Arduino	76

RESUMEN

El presente proyecto desarrolla una herramienta que pretende mejorar la metodología de aprendizaje, de una manera interactiva, del equipo de navegación de una aeronave mediante la simulación del sistema de radar meteorológico (WXR) en la aeronave Hawker Siddeley HS-125, el sistema WXR está diseñado para la detección y análisis del clima, con el propósito principal de detectar tormentas a lo largo de la trayectoria de vuelo de la aeronave, permitiendo al piloto evaluar las circunstancias y poder establecer un curso seguro de vuelo; esto mediante el uso de radiación electromagnética generalmente establecida por la IEEE dentro de la banda X. El sistema de simulación planteado está constituido por la antena de radar controlada por servomotores los cuales son accionados eléctricamente a través de un microcontrolador ATmega de Arduino y una aplicación de software para dispositivos Android. Para el modelado mecánico de las piezas y soportes se ha optado el uso del Software CAD Solidworks y la tecnología de fabricación bajo impresión 3D, permitiendo de esta manera una capacitación completa en el entrenamiento de habilidades técnicas de los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE de acuerdo a las exigencias que demanda el área de conocimientos aeronáuticos.

PALABRAS CLAVE:

- **AERONAVES - MANTENIMIENTO**
- **RADAR METEOROLÓGICO**
- **AERONAVE HAWKER SIDDELEY HS-125**

ABSTRACT

This project develops a tool that aims to improve the learning methodology in an interactive way of the navigation equipment of an aircraft by simulating the weather radar system (WXR) on the Hawker Siddeley HS-125 aircraft, the WXR system is designed for the detection and analysis of the weather, with the main purpose of detecting storms along the flight path of the aircraft allowing the pilot to assess the circumstances and to establish a safe flight course; this by means of the use of electromagnetic radiation generally established by the IEEE within the X band. The simulation system proposed is constituted by the radar antenna controlled by servomotors which are electrically operated through an Arduino ATmega microcontroller and a software application for Android devices. For the mechanical modeling of parts and supports, the use of the Solidworks CAD Software and manufacturing technology under 3D printing has been chosen, thus allowing a complete training in the training of technical skills of the students of the Aeronautical Mechanics Career of the Technology Management Unit - ESPE according to the requirements demanded by the aeronautical knowledge area.

KEYWORDS:

• **AIRCRAFTS - MAINTENANCE**

• **WEATHER RADAR**

• **HAWKER SIDDELEY HS-125 AIRCRAFT**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El Personal Aeronáutico, debido a los cambios que se van dando a lo largo de un proceso de innovación constante tanto tecnológica como humana dentro del campo de la aviación, se ve implicado en el desarrollo y uso de nuevas herramientas para mejorar las metodologías de trabajo mediante la actualización de medios técnicos e intelectuales para responder profesionalmente a las exigencias que demanda cada una de las actividades que se realizan dentro del sector mencionado.

La capacitación para los técnicos de mantenimiento aeronáutico es un requisito fundamental frente a los cambios adaptativos que se dan en las empresas aeronáuticas, para cumplir con tales necesidades se cuenta con diferentes medios orientados a la formación integral del personal de mantenimiento, como son: Simuladores de Vuelo Completo (FSS), Simuladores de Entrenamiento de Mantenimiento (MTS), Dispositivos de Entrenamiento de Vuelo (FTD), Capacitación Basada en Computadora (CBT), Manuales y Documentos de las Aeronaves, los mismos que permiten contar con una amplia opción al momento de mejorar las capacidades del personal humano.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, bajo el propósito de brindar una instrucción técnica en el ámbito aeronáutico cuenta con instalaciones, equipos, herramientas y aviones escuela predispuestos a ser utilizados por los estudiantes y

docentes durante la formación y capacitación. Sin embargo, en la actualidad tales aeronaves, en especial el turbo jet HAWKER SIDDELEY, no cuenta con sistemas habilitados de los diferentes conjuntos para ser usados como instrumentos de enseñanza.

Se considera de vital importancia la implementación de los sistemas ausentes en cada avión debido al grado de desconocimiento y falta de familiarización que existe en los alumnos al no poseer una alternativa de manejo de los diferentes elementos y conjuntos de un avión de manera física, mas no en un ordenador que requiere de características especiales para poder ejecutar los programas de enseñanza conocidos como CBTs.

Sobre las pautas expuestas de esta problemática resulta relevante y novedoso la ejecución y puesta en marcha de la simulación del Sistema de Radar Meteorológico en la Aeronave Hawker Siddeley HS - 125 como una base para la actualización de las tecnologías disponibles mejorando de tal manera el aprendizaje técnico mediante la interacción de los sistemas de la aeronave.

1.3 Justificación e Importancia

Al considerarse la Institución Universitaria como una de las pioneras en la formación de Tecnólogos en Mantenimiento Aeronáutico, con estándares de conocimientos óptimos gracias a sus docentes altamente capacitados, se tiene una responsabilidad para con la comunidad universitaria de mejorar cada día más en los aspectos de desarrollo tecnológico y avances innovadores en las metodologías de educación con el fin de no caer en un estado de sosiego al no abrirse nuevos caminos.

Con la presente alternativa se prevé obtener nuevos mecanismos hacia una mejora continua de las habilidades y conocimientos que como técnicos de mantenimiento se requiere, a la par de alcanzar los intereses como una Carrera Tecnológica Innovadora en el ámbito social, educativo, técnico y cultural.

A nivel educativo se contará con material didáctico interactivo que permita cubrir aquellas inquietudes del sistema de Radar Meteorológico dentro del conjunto de comunicación y navegación de la Aeronave, obteniendo mejores resultados en los alumnos, orientándose a la vez hacia una vía sustentada ya no solo en teoría sino también en la interacción y manipulación de los sistemas.

Finalmente se considera que gracias a estas ideas los estudiantes se verán motivados por conocer y adquirir nuevos conocimientos de la aviación de una forma totalmente interactiva llegando a cumplir con los objetivos institucionales de formar profesionales altamente capacitados del área de la aeronáutica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Simular el Sistema de Radar Meteorológico (WXR) en la aeronave Hawker Siddeley HS - 125 como herramienta interactiva de capacitación para el entrenamiento técnico de los alumnos de la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar el funcionamiento del Sistema de Radar Meteorológico (WXR) basado en los manuales y herramientas de aprendizaje CBTs de una aeronave ejemplar para un aprendizaje integro.
- Interpretar la operación de los diferentes componentes del Sistema WXR mediante el desarrollo de un simulador otorgando un entrenamiento técnico a los usuarios.
- Implementar el sistema desarrollado en la aeronave escuela Hawker Siddeley HS-125 perteneciente a la Institución alcanzando un mejor aprendizaje técnico.

1.5 Alcance

Con el presente proyecto se pretende involucrar a los estudiantes y docentes en materias técnicas pertenecientes a la carrera de una forma didáctica utilizando un equipo que represente las situaciones reales suscitadas en una aeronave, en especial del Sistema de Navegación como lo es el Radar Meteorológico con la previa información recopilada durante la realización del proyecto técnico, logrando así la formación de personal altamente capacitado y preparado para un buen desempeño en el ámbito laboral.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Desarrollo del avión Hawker Siddeley HS-125

Considerado como un modelo exitoso en la industria de la aviación británica, el avión Hawker Siddeley HS-125 fue uno de los jets comerciales de primera generación más célebres y, actualmente, sigue en producción con Raytheon. En inicios el HS-125 fue un proyecto de De Havilland, tiempo antes de ser absorbida por el grupo Hawker Siddeley, como el DH-125, este avión corporativo de tamaño medio voló por primera vez el 13 de agosto de 1962. (AIRLINERS.NET, s.f.)



Figura 1. Hawker Siddeley HS-125 400A.
Fuente: (Aragão, 1987)

El avión ha experimentado muchos cambios de designación durante su vida activa. Originalmente como DH.125, fue rebautizado como HS.125 cuando de Havilland se convirtió en una división de Hawker Siddeley en 1963. Cuando Hawker Siddeley Aircraft se fusionó con British Aircraft Corporation para formar British Aerospace en 1977, el

nombre fue cambiado al de BAe 125. Sin embargo, cuando British Aerospace vendió su división de reactores ejecutivos a Raytheon en 1993, el reactor adquirió el nombre de Raytheon Hawker. (Wikipedia, 2019)

2.1.2 Diseño del avión HS-125

El HS-125 es un monoplano de ala baja propulsado por dos motores montados en la parte trasera del fuselaje, posee un ala ligeramente barrida (diseño en flecha), la cual emplea grandes flaps ranurados y frenos aerodinámicos, haciendo posible su operación en aeródromos pequeños; este avión puede despegar desde pistas de aterrizaje de césped endurecido. El ala también alberga los tanques de combustible integrales, los mismos que contienen la mayoría de combustible del avión. (Wikipedia, 2019)

Los primeros modelos fueron propulsados por algunas versiones del motor turboreactor Bristol Siddeley Viper (subsiguientemente Roll Royce Viper), mientras que modelos posteriores utilizaron motores Turbofan como el Garrett TFE731 y Pratt & Whitney Canada PW300. Además de proporcionar el empuje a la aeronave, la caja de accesorios de engranajes de cada motor acciona los generadores eléctricos para obtención de energía eléctrica y las bombas de combustible, aceite e hidráulicas. (Wikipedia, 2019)

Cada avión está típicamente equipado con un sistema de deshielo, el cual utiliza una mezcla de aire de purga del motor, fluido TKS para el fuselaje y calefacción eléctrica de corriente alterna del parabrisas para evitar la formación de hielo. Desde la introducción de los servicios meteorológicos a bordo, la aeronave se equipó con un radar

meteorológico en la aviónica del avión, así mismo, el diseño de los circuitos de control permite incorporar un piloto automático AP103 construido por Collins. (Wikipedia, 2019)



Figura 2. Tanque de combustible integral

2.1.3 Variantes del Avión Hawker Siddeley HS-125

Hasta la fecha se han producido más de 1600 unidades, las cuales fueron fabricadas en principio por Hawker Siddeley, luego a partir de 1977 por British Aerospace, desde 1993 por Raytheon y desde 2017 por Hawker Beechcraft. (AMILARG, 2013)

a. Serie 1

- Primera versión propulsada por motores turbofan Rolls Royce Viper 520.
- Serie 1A/1B, motores Bristol Siddeley Viper 521 o 522 y cinco ventanas de cabina en lugar de seis. Serie 1A para la certificación FAA de EE. UU. (62 construidos), Serie 1B para la venta en otros lugares (13 construidos).
- Series 1A-522 y 1B-522, Aviones de la Serie 1A/B con motores Viper 522.

- Serie 1A-R522 y 1B-R522, Aviones de las series 1A-522 y 1B 522 con tanques de combustible de largo alcance, aletas modificadas y puertas principales del tren de aterrizaje.
- Serie 1A-S522 y 1B-S522, algunas aeronaves se modificaron estructuralmente según la serie 3, pero sin un cambio en el peso máximo de aterrizaje o la altitud máxima de operación. (Wikipedia, 2019)

b. Serie 2

- Entrenador de navegación para Royal Air Force (20 construidos), con designación de servicio Dominie T.1 - (Rolls-Royce Viper 301). (Wikipedia, 2019)

c. Serie 3

- Serie 3A/B, variante con motor Viper 522 con mayor peso.
- Series 3A/R y 3B/R, aeronaves tempranas modificadas a la serie 3 estándar, pero sin un cambio en el peso máximo de aterrizaje o altitud máxima de operación y mayor capacidad de combustible con más de 135 galones estadounidenses en un tanque ventral.
- Serie 3A / RA y 3B / RA, aviones de la Serie 1A / B modificados a la serie 3 con cambios estructurales para aumentar el peso máximo de combustible cero, el peso máximo de la rampa y el tanque de combustible ventral adicional de 135 galones estadounidenses.
- Serie 3B / RB, variante del 3B / RA con mayor peso máximo de rampa y peso máximo de despegue.

- Serie 3B / RC, variante del 3B / RA modificado como un comprobador de ayuda a la navegación con configuración de cabina de cuatro asientos y adición de equipos de inspección de vuelo y aviónica. (Wikipedia, 2019)

d. Serie 400

- Serie 400A y 400B, aumento de los pesos máximos de rampa y liberación de frenos y adición de una puerta de entrada principal que se abre hacia afuera.
- Serie 401B, mayor despegue máximo y cero pesos de combustible y alteración de la carga en la cabina.
- Serie 403A (C), igual que un 403B, pero para usar en Canadá.
- Serie 403B, mayor despegue máximo, cero combustible y peso de rampa, alteración de la carga en la cabina.
- HS.125 CC1, designación militar británica para un avión de enlace de la serie 400 para la Royal Air Force. (Wikipedia, 2019)

e. Serie 600

- Serie 600A y 600B, cambio a motores Viper 601-22, mayor peso y velocidad de operación, tramo de fuselaje de 3 pies 1 pulgadas para aumentar la capacidad a 14 pasajeros, mayor capacidad de combustible que incluye un tanque adicional en el carenado dorsal y aerodinámica mejorada.
- HS.125 CC2, Designación militar británica para aviones de enlace de la serie 600 para la Royal Air Force. (Wikipedia, 2019)

f. Serie 700

- Las variantes de las series 700A y 700B tenían los motores turbofan Honeywell TFE731 -3RH con 3,720 lbf (16.5 kN) de empuje cada uno, primer vuelo el 19 de junio de 1976.
- BAe 125 CC3, Designación militar británica para aviones de enlace de la Serie 700 para la Royal Air Force
- Protector HS.125, avión de patrulla marítima basado en la serie 700 con radar de búsqueda y cámaras. (Wikipedia, 2019)

g. Serie 800

- BAe 125 800, mayor envergadura, nariz aerodinámica, extensión de la aleta trasera, mayor capacidad de combustible, primer avión corporativo que presenta una cabina EFIS, motores mejorados, primer vuelo 26 de mayo de 1983.
- Hawker 800, variante final de la serie BAe 125 800. Producido bajo el nombre de "Avión corporativo" antes de ser reemplazado por el Hawker 800XP.
- Hawker 800XP, variante con motores de turboventilador TFE731-5BR1H con 4,660 lbf (20.7 kN) de empuje cada uno
- Hawker 800SP y 800XP2, la designación para las aeronaves Hawker 800 y Hawker 800XP equipadas con winglets de Aviation Partners Inc. (API).
- Hawker 850XP - 800XP, con winglets instalados en fábrica y actualizaciones interiores

- Hawker 900XP - 850XP, con motores turbofan Honeywell TFE731-50R para mayor rendimiento en caliente / alto y mayor alcance y aviónica modificada.
- Hawker 750, un derivado del Hawker 800XPi con un interior liviano y una maleta de equipaje con calefacción que reemplaza el tanque de combustible ventral trasero.
- C-29A, designación militar de los Estados Unidos para un derivado del BAe 125 800 diseñado para reemplazar el Lockheed C-140A, utilizado por la Fuerza Aérea para cumplir la misión de inspección y navegación de vuelo de combate (C-FIN) en las bases aéreas de los EE. UU.
- U-125, avión de inspección de vuelo basado en BAe 125 800 para Japón (similar al C-29A)
- U-125A, Hawker 800 basado en aviones de búsqueda y rescate para Japón, equipado con el sistema de radar APS-134LW. (Wikipedia, 2019)

h. Serie 1000

- British Aerospace BAe 125 Series 1000A y 1000B: versión intercontinental de la serie 800, tramo de fuselaje de 2 pies 9 pulg. (0,84 m) para aumentar la capacidad a 15, mayor capacidad de combustible, turbofans Pratt & Whitney Canada PW-305
- Hawker 1000 - BAe 125-1000 después de 1994. (Wikipedia, 2019)

2.1.4 Especificaciones técnicas del HS-125 400

El Hawker Siddeley Modelo DH.125 Serie 400A es, desde el número de serie del avión 25230 y posterior, identificado como el Beechcraft Hawker Modelo BH.125 Serie 400A.

El BH.125 Serie 400A es, en todos los aspectos, idéntico al DH.125 Serie 400A, excepto que la placa de datos de la aeronave, el motivo central de la columna de control y la placa de identificación externa en la nariz del fuselaje se han modificado para incorporar la identificación revisada. (EASA, 1964)

- 2 motores turbo reactores Rolls Royce Viper 522
- Combustible tipo queroseno
- V_{MO} : 260 kn (30800 pies), 285 kn (27200 pies)
- V_{FE} : 210 kn (15°), 160 kn (25°), 145 kn (50° o 45°)
- V_{LO} : 210 kn
- V_{LE} : 210 kn
- V_{MC} : 93 kn (V_{MCA}), 84 kn (V_{MCG})
- Datum: estación 353.04
- Peso máximo en rampa: 23300 lb / 10568 kg
- Peso máximo de aterrizaje: 20000 lb / 9072 kg
- Peso sin combustible máximo: 14200 lb / 6441 kg
- Tripulación mínima: 2 pilotos
- Capacidad de combustible: 1366 Gal / 9106 lb
- Capacidad de aceite: 3.74 Gal / 28 lb

2.2 Motor turbo reactor Rolls Royce Viper 522

Rolls Royce Viper es un motor turbo reactor desarrollado y construido inicialmente por el fabricante aeronáutico Armstrong Siddeley y posteriormente por las compañías que le

sucedieron, Bristol Siddeley y Rolls Royce Limited. Entró en servicio en 1953 hasta el año 2011 con la Royal Air Force, en el que se retiró el último de sus Dominie T1. (Wikipedia, 2019)

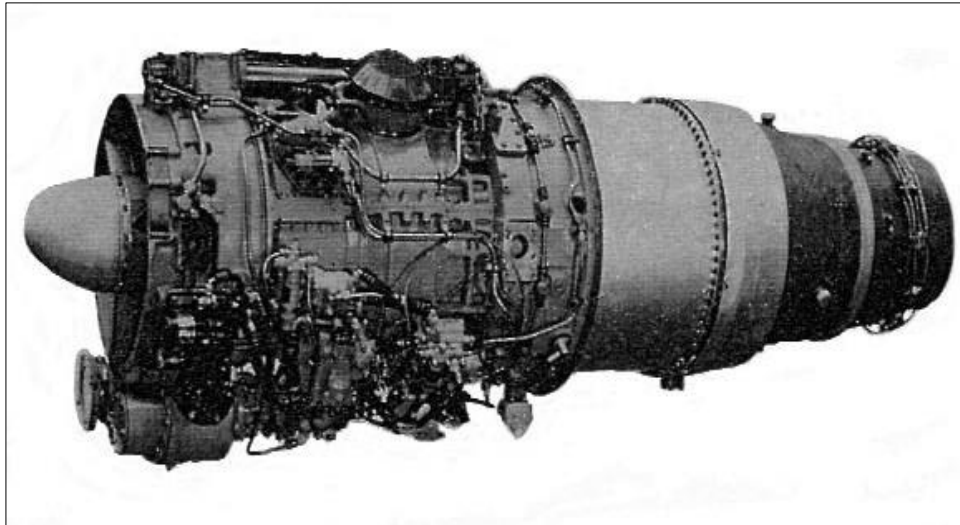


Figura 3. Rolls Royce Viper 522

Fuente: (EVERRETAERO, s.f.)

2.2.1 Descripción

- Compresor de flujo axial de 8 etapas
- Cámara de combustión anular
- Turbina de flujo axial de 1 etapa
- Sistema de control mecánico
- Largo de 2160.3 mm
- Ancho de 716.3 mm
- Alto de 834.4 mm
- Peso en seco del motor izquierdo de 370 kg
- Peso en seco del motor derecho de 360 kg

- Potencia máxima de despegue 14.81 kN
- Potencia continua máxima 13.79 kN

2.2.2 Equipamiento

El siguiente equipo es parte del diseño tipo del motor: (EASA, 2019)

- Bomba de combustible
- Control de flujo
- Control de relación aire – combustible
- Válvula de aumento de presión
- Válvula de restablecimiento de velocidad
- Amplificador de control JPT y enchufe selector de referencia
- Filtro de aceite
- Cortafuegos
- Control de presión Lucas
- Enchufes de encendido de alta energía
- Micro bombas dosificadoras
- Válvula solenoide
- Conjunto de arnés JPT compactado
- Alternador (tacómetro)
- Interruptor de advertencia de baja presión de combustible
- Interruptor de advertencia de baja presión de aceite
- Transmisor de presión de aceite

- Interruptor de descarga P1 / P2
- Válvula de presurización del tanque de aceite
- Generador de arranque
- Válvula antihielo
- Limitador de empuje
- Bulbo de temperatura del aceite
- Motor corrector sincronizador
- Conjunto de filtro de combustible LP

2.2.3 Fluidos

El combustible y los aditivos de combustible aprobados para el uso en el Viper 522 figuran en el documento de notas del manejo del motor Rolls Royce TP243 / BR, la cantidad máxima de acumulación de gasolina de aviación que se puede usar en cualquier período de revisión es de 36.3 m³. El período mínimo de drenaje de combustible después del arranque en falso es de 1 minuto. (EASA, 2019)

Los tipos de aceite aprobados para el modelo son Aeroshell 500, Royco 500, Aeroshell 560, Royco 560, Arpolube 23699, Mobil Jet II, Castrol 599 y Castrol 580. La capacidad del sistema de aceite es de 7384 cm³, la capacidad máxima del tanque de aceite es de 6284 cm³ y el aceite utilizable es de 3976 cm³. El consumo total máximo de aceite en vuelo es de 710 cm³ / hora y el consumo global de aceite en vuelo es de 511 cm³ / hora. (EASA, 2019)

2.3 Aviónica e historia

La palabra “aviónica apareció por primera vez en la década de 1940 durante la Segunda Guerra Mundial. Derivado de la “electrónica de la aviación”, se refería a los sistemas de control de incendios a bordo de aviones de la Marina de los EE.UU., durante ese tiempo, el mundo civil lo llamó “radio de avión”. Los técnicos que los repararon eran conocidos como “mecánicos de radio”. (Buckwalter, 2005)

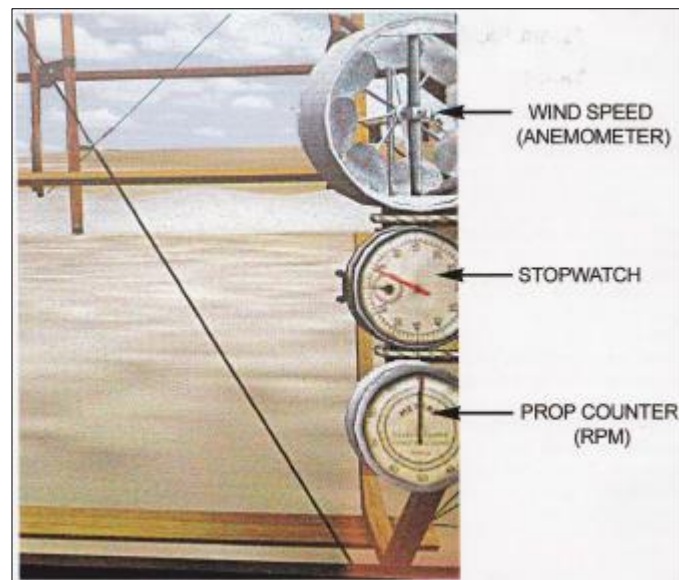


Figura 4. Primer panel de instrumentos
Fuente: (Buckwalter, 2005)

Los aviones civiles no tenían permitido el uso de instrumentos de aviación militar, pero el mundo estaba cambiando rápidamente a medida que surgían nuevos componentes de los laboratorios de investigación; el transistor, circuito integrado, pantalla plana, estado sólido y la "computadora en un chip", millones de semiconductores del tamaño de un sello postal llamado el microprocesador. (Buckwalter, 2005)

Se desencadenó el mayor logro técnico del siglo XX, la electrónica digital; por primera vez, la radio de un avión no solo podía recibir, amplificar, oscilar, filtrar y realizar otras funciones simples; ahora podría realizar lógica, almacenar grandes cantidades de datos, enviar miles de datos por un par de cables, advertir sobre problemas, corregir sus propios errores. (Buckwalter, 2005)

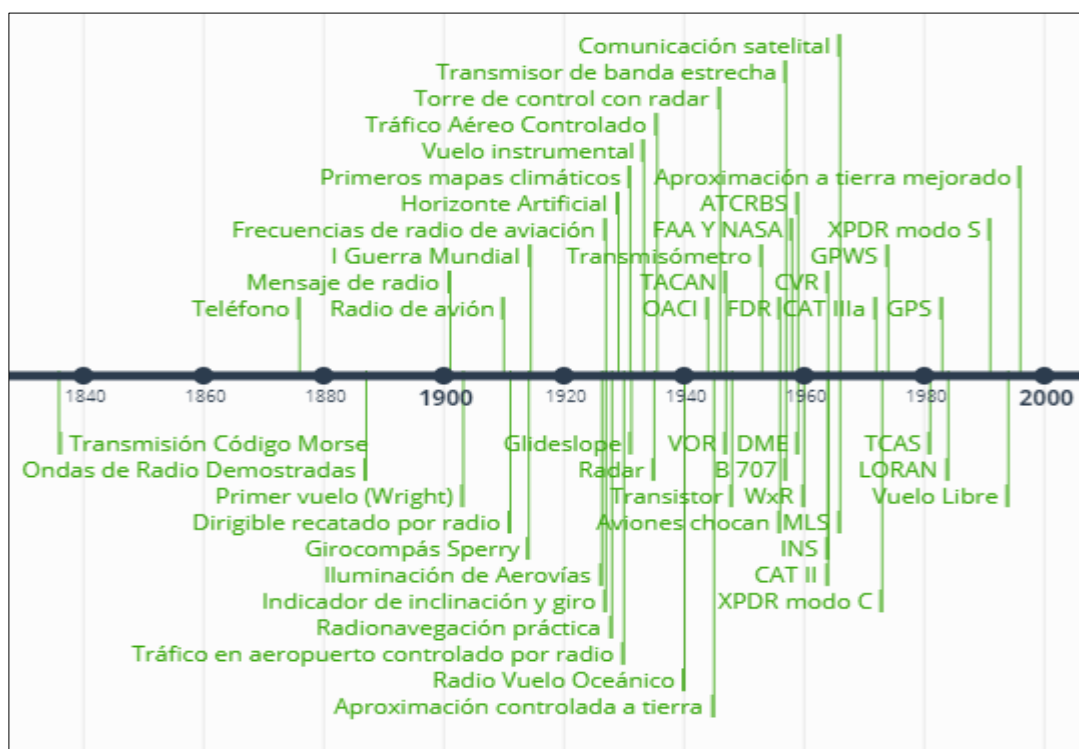


Figura 5. Desarrollo de la navegación aérea

2.4 Radio Navegación

En los primeros años de la aviación, una brújula, un mapa, y la navegación a estima eran las únicas herramientas de navegación. Estos fueron marginalmente tranquilizadores si el clima impedía que el piloto viera el terreno debajo. La transmisión de radio por voz de alguien en tierra al piloto que indica que se podía escuchar el avión en lo alto era una vista previa de lo que las ayudas de navegación electrónicas podían

proporcionar. Para que la aviación llegara a buen puerto como un medio de transporte seguro, confiable y consistente, era necesario desarrollar algún tipo de sistema de navegación. (FAA, 2012)

Las ayudas de navegación por radio proporcionan al piloto inteligencia que mantiene o mejora la seguridad del vuelo. Al igual que con las radios de comunicación, las ayudas a la navegación son dispositivos de aviónica, cuya reparación debe ser realizada por técnicos capacitados en estaciones de reparación certificadas. Sin embargo, la instalación, el mantenimiento y el funcionamiento adecuado de las unidades electrónicas, así como sus antenas, pantallas y cualquier otro dispositivo periférico, son responsabilidad del técnico de estructuras. (FAA, 2012)

2.4.1 Sistema de navegación VOR

VOR utiliza ondas de radio VHF (108–117.95 MHz) con una separación de 50 kHz entre cada canal. Esto mantiene la interferencia atmosférica al mínimo, pero limita el VOR al uso de la línea de visión. Para recibir ondas de radio VOR VHF, generalmente se utiliza una antena bipolar polarizada horizontalmente en forma de V. Una ubicación típica para el dipolo V es en la aleta vertical. (FAA, 2012)



Figura 6. Representación estación VOR en tierra
Fuente: (FAA, 2012)

Las señales producidas por un transmisor VOR se propagan 360 ° desde la unidad y son utilizadas por los aviones para navegar hacia y desde la estación con la ayuda de un receptor VOR a bordo e instrumentos de visualización. No se requiere que un piloto vuele un patrón para intersecar la señal de una estación VOR ya que se propaga en todas las direcciones. Las ondas de radio se reciben siempre que el avión esté dentro del alcance de la unidad terrestre e independientemente de la dirección de desplazamiento del avión. (FAA, 2012)

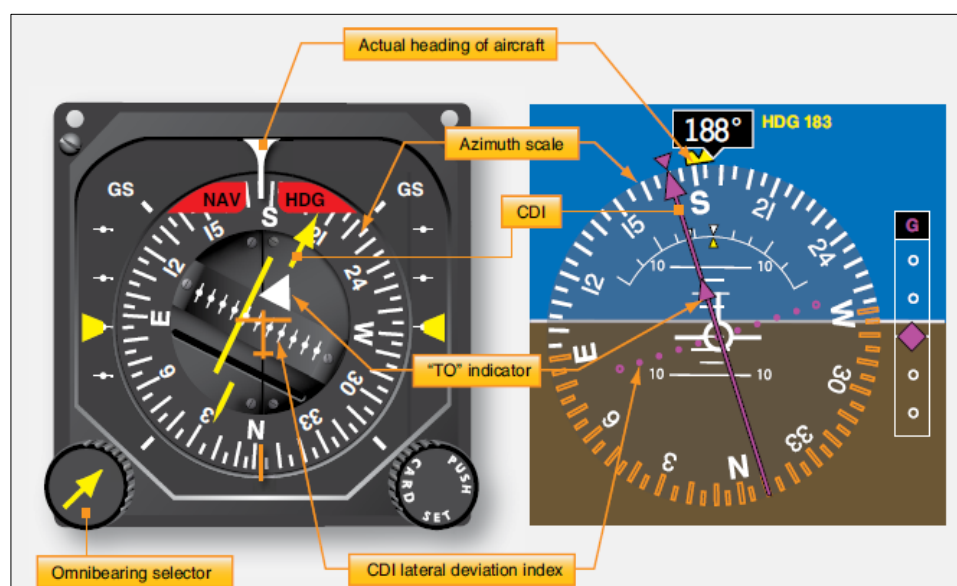


Figura 7. HSI mecánico y electrónico con información de VOR
Fuente: (FAA, 2012)

Un receptor VOR interpreta el rumbo en grados hacia (o desde) la estación VOR donde se generan las señales. También produce voltaje de CC para controlar la visualización de la desviación de la línea central del curso deseada hacia (o desde) la estación seleccionada. Además, el receptor decide si el avión está volando hacia el VOR o lejos de él. Estos elementos se pueden mostrar de diferentes maneras en varios instrumentos. Las aeronaves más antiguas a menudo están equipadas con un medidor

VOR dedicado a mostrar solo información VOR. Esto también se llama un selector omnidireccional (OBS) o un indicador de desviación de rumbo (CDI). (FAA, 2012)

2.4.2 Buscador de dirección automático (ADF)

Un buscador de dirección automático (ADF) opera desde una señal de tierra transmitida desde un NDB. Los primeros buscadores de dirección de radio (RDF) utilizaron el mismo principio. Se usó una antena polarizada verticalmente para transmitir ondas de radio de frecuencia LF en el rango de 190 kHz a 535 kHz. (FAA, 2012)



Figura 8. Indicador de ADF de tarjeta móvil
Fuente: (FAA, 2012)

El Buscador automático de dirección es uno de los pocos sistemas de navegación aérea que aún funciona en el extremo inferior del espectro de radiofrecuencia. La estación terrestre, conocida como NDB (radiobaliza no direccional) transmite de 190 a 1750 kHz, que abarca las bandas de baja y media frecuencia. A pesar de muchas deficiencias, el

ADF sigue siendo un componente importante en las operaciones de instrumentos y no se retirará pronto del aire. (Buckwalter, 2005)

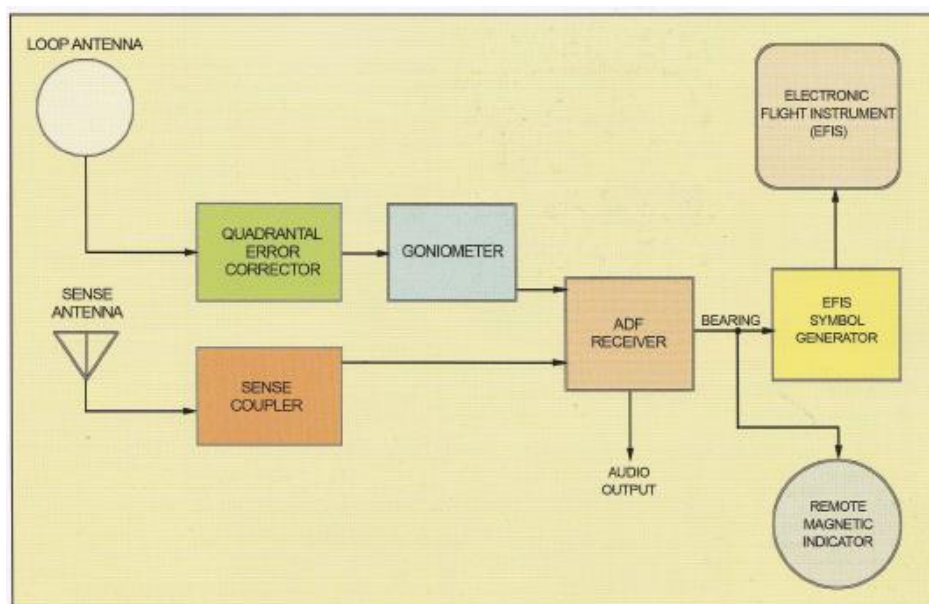


Figura 9. Esquema del sistema ADF

Fuente: (Buckwalter, 2005)

La antena de bucle es altamente direccional, pero las áreas de metal en el avión distorsionan su patrón. Esto se corrige ajustando el Corrector de errores cuadrantales. El goniómetro captura la señal entrante y produce información de ángulo que se alimenta al receptor ADF. También alimentando el receptor hay una antena Sense. No es direccional, sino que se mezcla con la señal de bucle para eliminar la "ambigüedad". De lo contrario, el bucle indicaría solo una línea de posición que podría correr hacia o desde la estación. El sistema de detección elimina la dirección incorrecta. La información de rumbo a estación desarrollada por el receptor se alimenta a un generador de símbolos EFIS. (Buckwalter, 2005)

2.4.3 Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)

Un ILS se utiliza para aterrizar una aeronave cuando la visibilidad es mala. Este sistema de navegación por radio guía al avión por una pendiente hacia el área de aterrizaje en la pista. Se utilizan múltiples transmisiones de radio que permiten un enfoque exacto para aterrizar con un ILS. Un localizador es una de las transmisiones de radio. Se utiliza para proporcionar orientación horizontal a la línea central de la pista. Una transmisión de senda de planeo separada proporciona guía vertical de la aeronave por la pendiente adecuada hasta el punto de aterrizaje. (FAA, 2012)

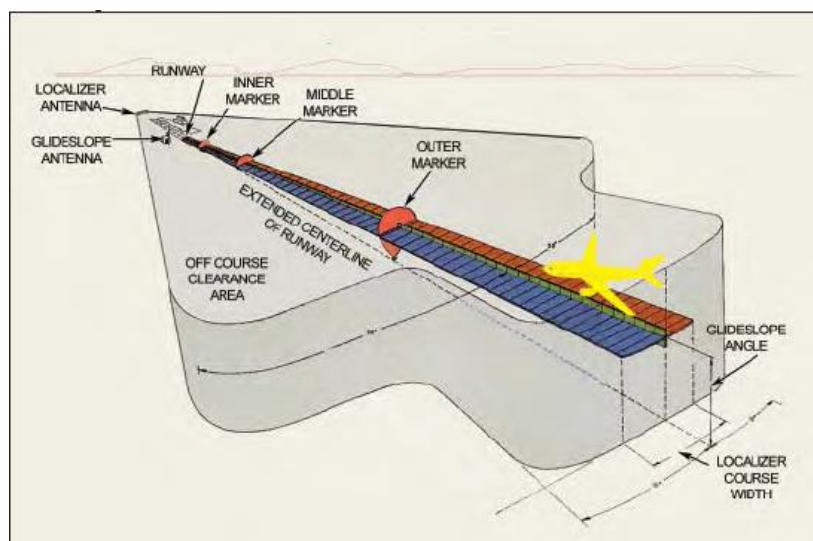


Figura 10. Representación ILS tridimensional
Fuente: (Buckwalter, 2005)

a. Componentes

Las transmisiones del localizador de la brújula para balizas de marcador de aproximación externas y medias ayudan al piloto a interceptar el sistema de ayuda a la navegación de aproximación. Las balizas de señalización proporcionan distancia desde

la información de la pista. En conjunto, todas estas señales de radio hacen que un ILS sea un medio muy preciso y confiable para aterrizar aviones. (FAA, 2012)

a.1 Localizador

La transmisión del localizador es una transmisión VHF en el rango inferior de las frecuencias VOR (108 MHz – 111.95 MHz) solo en frecuencias impares. Dos señales moduladas se producen a partir de un complejo de antenas polarizadas horizontalmente más allá del extremo más alejado de la pista de aproximación. Crean un campo en expansión que tiene $2\ 1/2^\circ$ de ancho (aproximadamente 1,500 pies) a 5 millas de la pista. El campo se estrecha al ancho de la pista cerca del umbral de aterrizaje. El lado izquierdo del área de aproximación se llena con una onda portadora VHF modulada con una señal de 90 Hz. El lado derecho del enfoque contiene una señal modulada de 150 MHz. El receptor VOR de la aeronave está sintonizado a la frecuencia VHF del localizador que se puede encontrar en placas de aproximación y cartas aeronáuticas publicadas. (FAA, 2012)

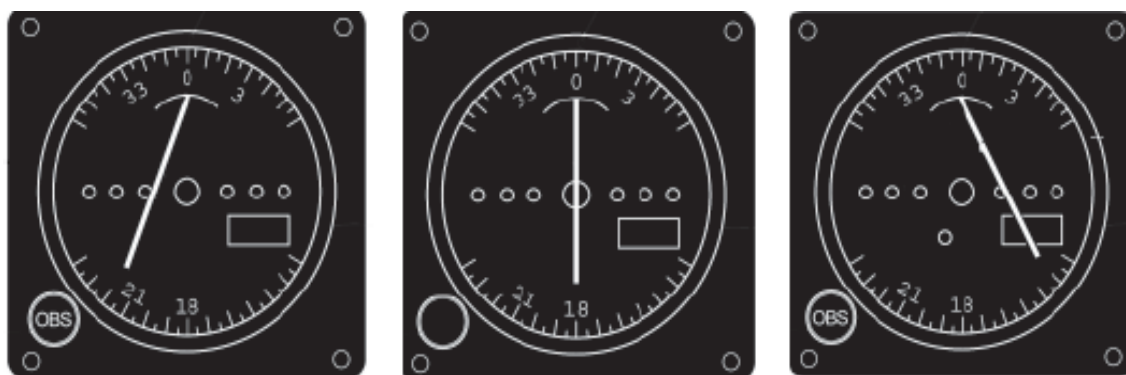


Figura 11. Indicaciones de localizador
Fuente: (Buckwalter, 2005)

a.2 Glideslope

La senda de planeo proporciona guía vertical enviando haces en un ángulo típico de 3 grados (para que coincida con la trayectoria de planeo del avión que se aproxima). No hay controles piloto para el receptor de senda de planeo o ID de audio. Cuando se selecciona un localizador, la frecuencia de deslizamiento correcta se canaliza automáticamente. Hay 40 frecuencias de senda de planeo, cada una emparejada con un localizador. Operando en la banda UHF, las frecuencias de senda de planeo se extienden de 329.15 MHz a 335 MHz. El piloto sabe que la senda de planeo está funcionando mediante movimientos de la aguja horizontal en la pantalla o una advertencia de señal desde una bandera indicadora. (Buckwalter, 2005)

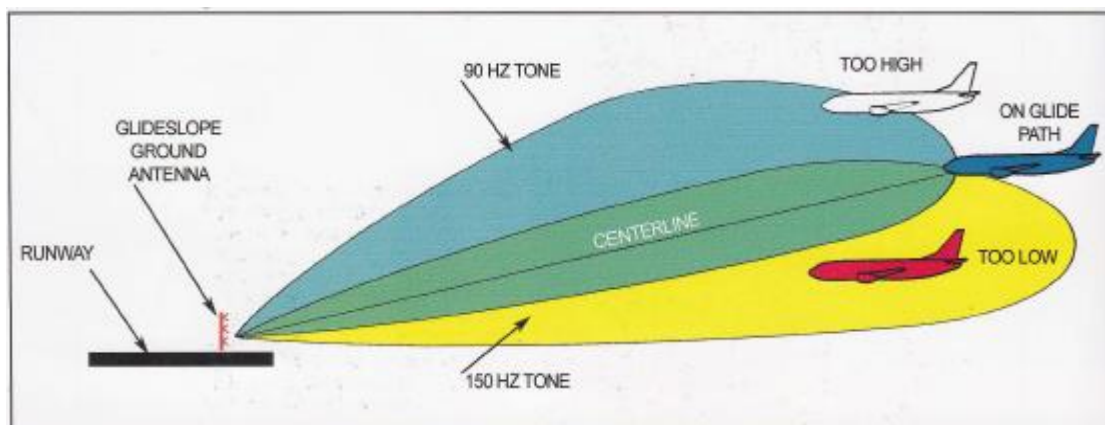


Figura 12. Guía de la senda de planeo

Fuente: (Buckwalter, 2005)

a.3 Marker beacon

Tumbados a lo largo de una línea central extendida de la pista, las balizas de señalización le dan al piloto señales visuales y audibles sobre su distancia al aeropuerto en las últimas 4 a 7 millas. Están ubicados para marcar fases importantes del enfoque,

como la interceptación de la senda de planeo, la altura de decisión y cuándo comenzar un enfoque fallido. (Buckwalter, 2005)

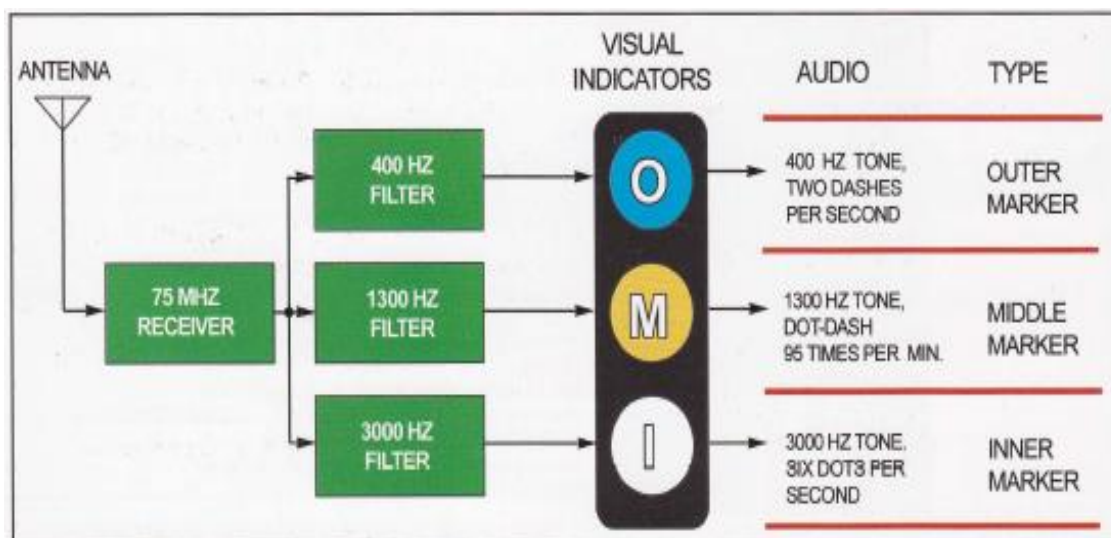


Figura 13. Esquema de recepción Marker Beacon

Fuente: (Buckwalter, 2005)

b. Categorías ILS

Debido a que la aviónica en el avión y en las estaciones terrestres debe ser igual a la ILS a volar, considere las divisiones principales. Las categorías se basan en el techo y la visibilidad en el aeropuerto cuando llega el avión. Para las operaciones ILS se conocen como "Altura de decisión" (DH) y RVR (Rango visual de la pista). (Buckwalter, 2005)

b.1 Categoría I

El equipo típico a bordo del avión para hacer este enfoque es un receptor localizador, un receptor de senda de planeo, un receptor de baliza de marcador y un buscador automático de dirección (ADF) para recibir localizadores de brújula. Cómo se ilumina la pista, se permite una visibilidad inferior de un RVR de 1800 pies, además de aviónica, un

ILS requiere un sistema de iluminación de aproximación. El piloto debe poder ver el entorno de la pista y hacer un aterrizaje y despliegue visual. Las referencias visuales son suministradas por luces de aproximación y luces de borde de pista, un requisito para un aterrizaje de Categoría I. (Buckwalter, 2005)

b.2 Categoría II

Este ILS se instala en la mayoría de los aeropuertos metropolitanos internacionales y grandes. Reduce la altura de decisión a 100 pies y RVR a 1200 pies. Además de la aviónica requerida para Cat. I, el avión requiere un segundo localizador y un receptor de senda de planeo y un radio altímetro. (Buckwalter, 2005)

b.3 Categoría III a

La altura de decisión cae a 100 pies y la RVR a 700 pies. La aviónica adicional incluye un piloto automático. (Buckwalter, 2005)

b.4 Categoría III b

La altura de decisión cae a 50 pies y un RVR de 150 pies. Se requiere un piloto automático de alta capacidad para este aterrizaje, uno que pueda encenderse automáticamente (levantar la nariz del avión antes del aterrizaje) y descodificar (enderezar el avión en la línea central). El sistema se conoce como "autoland". Aunque un aterrizaje de Cat III b se realiza en una densa niebla, solo queda suficiente visibilidad (150 pies) para rodar en la pista y luego rodar hasta la terminal. (Buckwalter, 2005)

b.5 Categoría III c

Este es el aterrizaje totalmente "ciego". Las condiciones ahora son "cero-cero" (para techo y visibilidad, lo que significa que no hay altura de decisión ni RVR). Incluso el informe meteorológico parece inusual; se lee. "WOXOF", símbolos que significan: "Techo indefinido, cielo oscurecido, visibilidad cero en la niebla". (Buckwalter, 2005)

2.4.4 Equipo de medición de distancia (DME)

Un sistema DME calcula la distancia desde la aeronave hasta la unidad DME en la estación terrestre VORTAC y la muestra en la cubierta de vuelo. También puede mostrar la velocidad calculada de la aeronave y el tiempo transcurrido para la llegada cuando la aeronave viaja a la estación. DME opera en el rango de frecuencia UHF de 962 MHz a 1213 MHz. Una señal portadora transmitida desde el avión se modula con una cadena de pulsos de integración. (FAA, 2012)



Figura 14. Indicador dedicado DME
Fuente: (FAA, 2012)

La unidad terrestre recibe los pulsos y devuelve una señal a la aeronave. El tiempo que transcurre para que la señal sea enviada y devuelta se calcula y se convierte en millas náuticas para su visualización. El tiempo hasta la estación y la velocidad también se calculan y se muestran. La lectura de DME puede estar en una pantalla DME dedicada o puede ser parte de un EHSI, EADI, EFIS, o en la pantalla principal de vuelo en una cabina de cristal. (Buckwalter, 2005)

2.4.5 Transponder

Un transpondedor de baliza de radar, o simplemente un transpondedor, proporciona identificación positiva y ubicación de una aeronave en las pantallas de radar de ATC. Para cada aeronave equipada con un codificador de altitud, el transpondedor también proporciona la altitud de presión de la aeronave que se mostrará junto a la señal en pantalla que representa la aeronave. (FAA, 2012)



Figura 15. Panel de control de Transponder
Fuente: (Buckwalter, 2005)

a. Esquema del sistema transponder

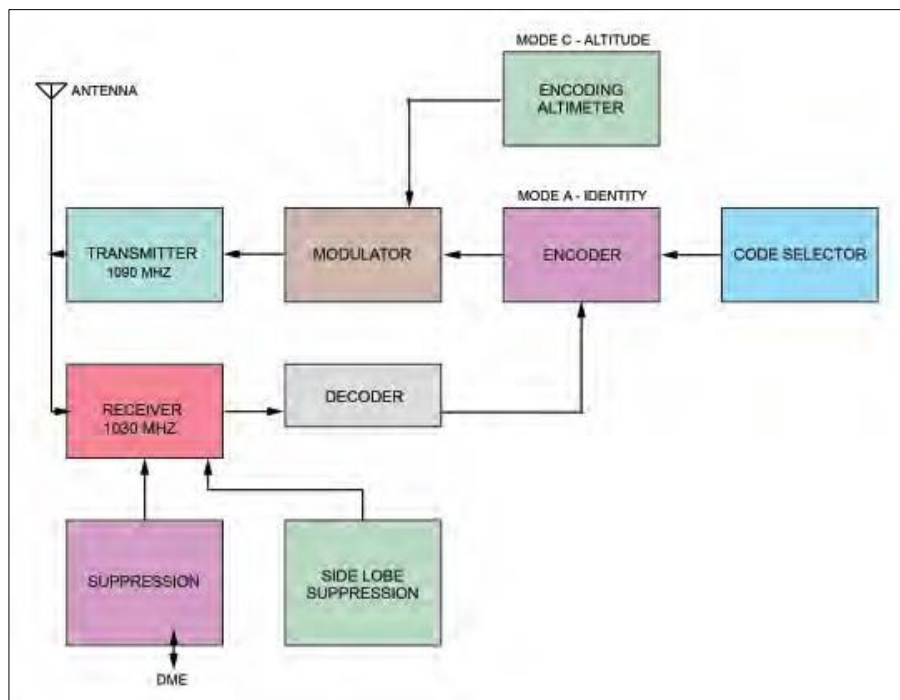


Figura 16. Diagrama de bloques del sistema Transponder
Fuente: (Buckwalter, 2005)

- RECEPTOR. - Los interrogatorios desde la estación terrestre son recogidos por la antena en una frecuencia de 1030 MHz. Los pulsos se aplican al decodificador. (Buckwalter, 2005)
- DESCIFRADOR. - Al medir los pulsos entrantes, el decodificador identifica el tipo de interrogación. Si se reconocen, se pasan al codificador. (Buckwalter, 2005)
- CODIFICADOR. - El codificador crea el tren de pulsos que contiene la respuesta. (Buckwalter, 2005)
- ALTÍMETRO DE CODIFICACIÓN. - Después de convertir la presión barométrica (basada en 29.92 pulgadas de mercurio) en señales eléctricas, el altímetro de

codificación envía información de altitud al codificador para la repetición en Modo C. (Buckwalter, 2005)

- SELECTOR DE CÓDIGO. - El piloto marca el código del transpondedor de 4 dígitos, que se envía al codificador. (Buckwalter, 2005)
- MODULADOR. - Los pulsos que forman la respuesta se amplifican en el modulador y se aplican al TRANSMISOR para su transmisión a 1090 MHz. (Buckwalter, 2005)
- SUPRESIÓN DE LÓBULO LATERAL. - La señal de radar desde el suelo contiene un lóbulo principal y varios lóbulos laterales. Si el transpondedor responde a un lóbulo lateral, el operador del radar verá el avión en la posición incorrecta. El circuito de supresión del lóbulo lateral evita que el transpondedor responda si detecta la recepción de un lóbulo lateral. (Buckwalter, 2005)
- SUPRESIÓN. - Existe la posibilidad de que otros transmisores a bordo del avión interfieran con el transpondedor. Esto generalmente es causado por el DME. que opera cerca en frecuencia. Para evitar la interacción, el receptor del transpondedor se suprime cuando el DME transmite. El receptor DME también se suprime cuando el transpondedor está transmitiendo. (Buckwalter, 2005)

2.4.6 Sistema de prevención de colisiones de tráfico (TCAS)

Los sistemas de prevención de colisiones de tránsito (TCAS) son sistemas de alerta y monitoreo de tránsito aire-aire basados en transpondedores. Hay dos clases de TCAS. TCAS I fue desarrollado para dar cabida a la comunidad de aviación general y las aerolíneas regionales. Este sistema identifica el tráfico en un rango de 35 a 40 millas del

avión y emite avisos de tráfico (TA) para ayudar a los pilotos en la adquisición visual de aviones intrusos. TCAS I es obligatorio en aviones con 10 a 30 asientos. (FAA, 2012)

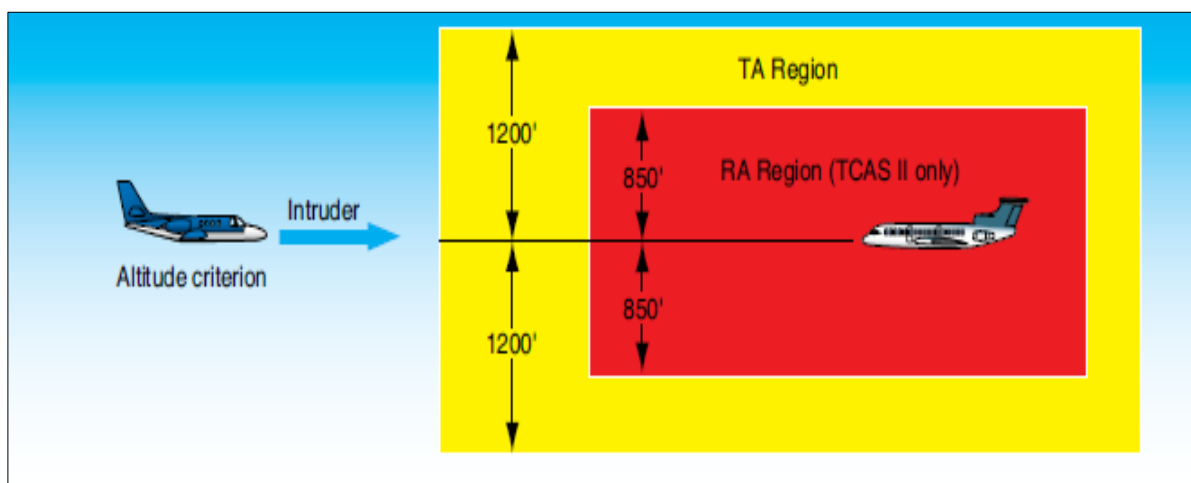


Figura 17. Regiones de alcance del TCAS
Fuente: (FAA, 2012)

a. Asesor de amenazas (TA)

Este es el menos serio de los dos. Significa que otro avión podría estar a 45 segundos del punto de aproximación más cercano (CPA). El piloto ve el TA en una pantalla (se muestra en la ilustración) y se da cuenta de la amenaza. (FAA, 2012)

b. Aviso de resolución (RA)

Con esta advertencia, el conflicto se está volviendo cada vez más grave. El avión de amenaza ahora podría estar a 30 segundos del punto de aproximación más cercano. TCAS emite un aviso de resolución, que ordena al piloto que suba, descienda, permanezca nivelado u observe una restricción vertical, como se muestra. (FAA, 2012)

2.4.7 Sistema de posicionamiento global (GPS)

La navegación del sistema de posicionamiento global (GPS) es el tipo de navegación de más rápido crecimiento en la aviación. Se logra mediante el uso de satélites NAVSTAR establecidos y mantenidos en órbita alrededor de la tierra por el gobierno de los EE. UU. Las transmisiones continuas codificadas desde los satélites facilitan la localización de la posición de una aeronave equipada con un receptor GPS con extrema precisión. El GPS se puede utilizar solo para la navegación en ruta, o se puede integrar en otros sistemas de navegación, como VOR / RNAV, referencia de inercia o sistemas de gestión de vuelo. (FAA, 2012)



Figura 18. Segmentación de GPS
Fuente: (FAA, 2012)

Hay tres segmentos de GPS: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario. Los técnicos de aeronaves solo están involucrados con equipos de segmento de usuario como receptores GPS, pantallas y antenas. Veinticuatro satélites

(21 activos, 3 repuestos) en seis llanuras separadas de la órbita de 12, 625 pies sobre el planeta comprenden lo que se conoce como el segmento espacial del sistema GPS. Los satélites están posicionados de tal manera que, en cualquier lugar de la tierra en cualquier momento, al menos cuatro estarán a un mínimo de 15° sobre el horizonte. Por lo general, se ven entre 5 y 8 satélites. (FAA, 2012)

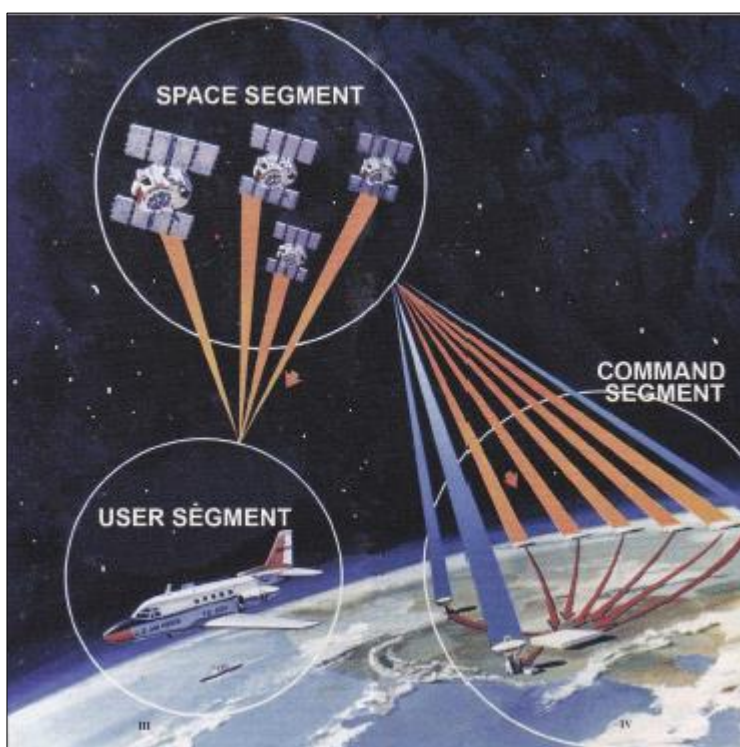


Figura 19. Conjuntos mayores del sistema GPS

Fuente: (Buckwalter, 2005)

El segmento de usuario del GPS se compone de los miles de receptores instalados en las aeronaves, así como todos los demás receptores que utilizan las transmisiones GPS. Específicamente, para el técnico de la aeronave, la sección de usuario consta de un panel de control / pantalla, el circuito del receptor GPS y una antena. El control, la pantalla y el receptor generalmente se encuentran en una sola unidad que también puede

incluir circuitos VOR / ILS y un transceptor de comunicaciones VHF. inteligencia GPS está integrado en las pantallas multifuncionales de aviones de cabina de cristal. (FAA, 2012)



Figura 20. Unidad GPS integrada en COM/NAV
Fuente: (FAA, 2012)

a. Precisión de posición

Cuando solo se recibe una señal, el avión puede estar ubicado en cualquier lugar de la superficie de una esfera (o "burbuja"), con el satélite (SV1) en su centro. Después de recibir un segundo satélite (SV2), las esferas se cruzan y estrechan la posición. Con SV3, la posición se refina aún más. Se necesita un cuarto satélite para obtener la latitud, la longitud y la altitud, que es una solución tridimensional. Se requiere recibir un cuarto satélite para corregir el reloj en el receptor GPS. Eso permite que un reloj de bajo costo mantenga una hora suficientemente precisa para el problema de resolución de distancia. (Buckwalter, 2005)

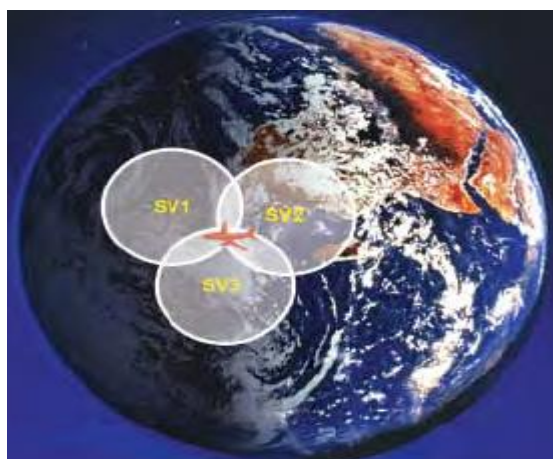


Figura 21. Refinamiento de posición
Fuente: (Buckwalter, 2005)

b. Frecuencias GPS

En las primeras generaciones de GPS, la aviación civil usaba L 1 y la compartía con los militares. L2 fue exclusivamente para los militares que lo usaron con L 1 para lograr una alta precisión. En la próxima generación, los usuarios civiles obtienen una segunda frecuencia (L5) para una mayor precisión. Error caerá a entre 3 y 10 metros. Una ventaja importante de dos frecuencias es la capacidad del receptor para medir y corregir el error de propagación causado por la ionosfera. (Buckwalter, 2005)

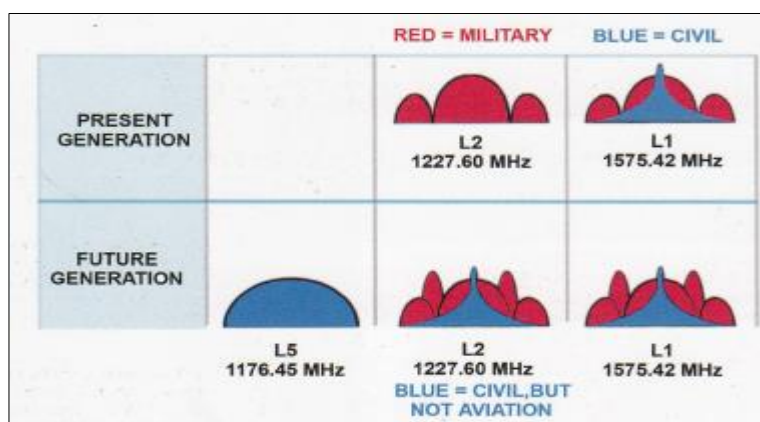


Figura 22. Frecuencias GPS y usos
Fuente: (Buckwalter, 2005)

2.4.8 El clima y la aviación

La tierra es una fábrica meteorológica que genera peligros para el vuelo de los aviones; tormentas eléctricas, relámpagos, niebla, turbulencia, neblina, granizo, lluvia, viento y nieve. Sin embargo, los aviones completan sus vuelos el 98.7% del tiempo. Gran parte de este éxito se debe a una red de estaciones de información meteorológica en tierra que entregan información oportuna al piloto. Igualmente es importante el equipo de detección del clima a bordo de la aeronave para detectar condiciones peligrosas y planificar una ruta segura. (Buckwalter, 2005)

a. Tormentas

Debido a que las tormentas eléctricas están acompañadas de relámpagos, el primer intento de detección fue el ADF, o buscador de dirección automático, que ya estaba a bordo de muchos aviones. Los rayos son una descarga eléctrica que genera no solo destellos de luz visible sino también frecuencias de radio en las bandas de baja y media frecuencia. (Buckwalter, 2005)

El receptor ADF, por lo tanto, responde a esta energía. Con cada descarga de rayo, la aguja del ADF se aleja de su posición de reposo. Esto es peligroso porque la aguja y su mecanismo intenta señalar la tormenta, pero se balancean muy lentamente. A medida que el rayo se descarga en diferentes direcciones, la aguja se queda atrás, confusa y errática. Pero como se ve, los rayos pueden proporcionar información valiosa sobre la ubicación de la tormenta. (Buckwalter, 2005)

b. Detección por radar meteorológico

El principal dispositivo de detección meteorológica en el aire, puesto a bordo de un avión DC-4 en 1946, es el radar meteorológico. Adaptado de los modelos militares de la Segunda Guerra Mundial, demostró ser tan efectivo que se convirtió en un equipo necesario a bordo de todos los vuelos comerciales, el sistema de radar funciona según el principio de reflectividad; un pulso emitido por la antena del radar golpea las gotas de agua en una nube y se refleja como un eco. Al trazar la fuerza y la dirección de los ecos, las áreas de fuertes lluvias se "pintan" en una pantalla gráfica y forman un esquema de celdas de tormenta. Los primeros radares eran monocromáticos, mostrando intensidad de lluvia en tonos de gris. (Buckwalter, 2005)

El radar meteorológico ha mejorado mucho en los últimos años. Es menos propenso a un problema temprano, conocido como "atenuación", donde un área de lluvia moderada bloquea el eco de una célula más turbulenta detrás de él. Los radares más nuevos responden menos al "desorden en el suelo", donde la energía de la radio golpea el suelo e interfiere con la imagen. Los radares modernos pueden presentar una vista vertical o de perfil de la tormenta, que muestra la altura de las nubes, lo que es una buena pista de la intensidad de la tormenta. (Buckwalter, 2005)



Figura 23. Sistema típico de radar meteorológico abordo
Fuente: (FAA, 2012)

El desarrollo más significativo para el radar meteorológico en los últimos años es la detección de turbulencias. Los primeros radares solo podían sentir la lluvia cuando caía en dirección vertical. Sin embargo, en la década de 1980, los diseñadores podían construir conjuntos de radar que también miden el movimiento horizontal de la lluvia. Aunque la lluvia muy fuerte suele ser un buen indicador de turbulencia, la lluvia que se mueve horizontalmente es un signo seguro de vientos poderosos. (Buckwalter, 2005)

c. Detección de rayos

La investigación meteorológica muestra que las tormentas eléctricas crean relámpagos en corrientes de aire fuertes y bajas. Las partículas de polvo, cristales de hielo y agua se rozan entre sí y generan electricidad estática. Cuando el voltaje aumenta lo suficiente, una descarga eléctrica salta entre las nubes (la mayoría de las veces), mientras que algunas cargas se mueven de la nube a la tierra. A medida que las fuertes corrientes eléctricas se calientan y expanden el aire, producen el sonido del trueno más un amplio espectro de energía de radio que viaja cientos de millas. (Buckwalter, 2005)



Figura 24. Pantalla Stormscope

Fuente: (FAA, 2012)

Stormscope apareció en la década de 1970 como el primer sistema práctico de detección de rayos para aviones. Tuvo éxito en aviones monomotores porque no necesita una antena de radar en la nariz; solo una pequeña antena receptora en la barriga del avión. El Stormscope está sintonizado en una región donde se concentra la energía radioeléctrica del rayo; La muy baja frecuencia de 50 kHz. La pantalla es electrónica, lo que significa que no hay piezas mecánicamente móviles que se retrasen, como en el caso de una aguja ADF. (Buckwalter, 2005)

d. Enlace de datos “Datalink”

Una adición reciente a la detección del clima no solo resuelve el problema del radar monomotor, sino que extiende los nuevos servicios a aeronaves de todos los tamaños. Es enlace de datos; enviar imágenes meteorológicas desde los sitios de radar del Servicio Meteorológico Nacional a las aeronaves. El enlace se realiza vía satélite y solo requiere un receptor y una pantalla. Las imágenes son las mismas que se ven en las transmisiones meteorológicas de televisión. El sistema es Nexrad (radar de próxima generación), una red de estaciones de radar terrestre de alta potencia. (Buckwalter, 2005)

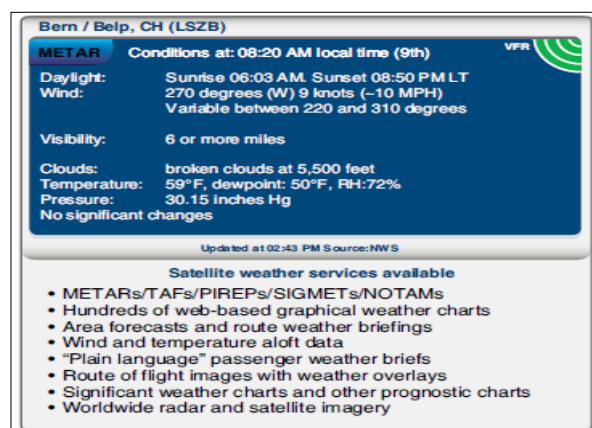


Figura 25. Reporte METAR

Fuente: (FAA, 2012)

e. Cumulonimbo

Es la nube de tormenta por excelencia. Durante el invierno está asociada al paso de los frentes fríos, mientras que en verano es el resultado de la coincidencia de varios factores: calor, humedad y fuerte convección que hace que el vapor de agua se eleve hasta los niveles superiores de la atmósfera y allí, debido a las bajas temperaturas se enfría y se condensa. (EcuRed, 2014)



Figura 26. Formación de Cumulonimbo
Fuente: (Portillo, 2019)

2.5 Sistema de Radar Meteorológico (WXR)

Los sistemas de radar meteorológico a bordo se pueden encontrar en aviones de todos los tamaños. Funcionan de manera similar al radar primario ATC, excepto que las ondas de radio rebotan en la precipitación en lugar de las aeronaves. La precipitación densa crea un retorno más fuerte que la precipitación ligera. El receptor de radar meteorológico a bordo está configurado para representar rendimientos pesados como rojo, retorno medio como amarillo y la luz regresa como verde en una pantalla en la cubierta de vuelo. Las nubes no crean un retorno. Magenta se reserva para representar

la precipitación o turbulencia intensa o extrema. Algunos aviones tienen una pantalla de radar meteorológica dedicada. La mayoría de las aeronaves modernas integran la visualización del radar meteorológico en las pantallas de navegación. (FAA, 2012)

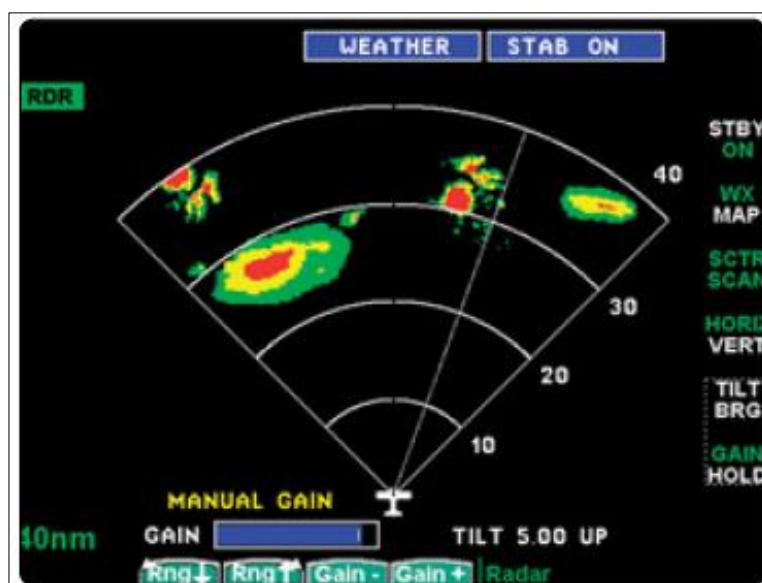


Figura 27. Pantalla dedicada de radar meteorológico
Fuente: (FAA, 2012)

2.5.1 Principio de funcionamiento

El sistema de radar meteorológico instalado a bordo de la aeronave proporciona al piloto la información necesaria para evitar, el clima adverso. Para obtener el máximo beneficio del sistema de radar meteorológico, la tripulación debe optimizar cuidadosamente su uso. Esto se basa principalmente en un buen conocimiento meteorológico de los fenómenos atmosféricos, junto con una buena comprensión de las funciones de radar disponibles. (Airbus, 2016)

a. Reflexividad

La detección del clima se basa en la reflectividad de las gotas de agua, el eco del clima aparece en la pantalla de navegación (ND) con una escala de colores que va del rojo (alta reflectividad) al verde (baja reflectividad). Los retornos de eco del radar meteorológico varían en intensidad en función del tamaño, composición y cantidad de la gota. Por ejemplo, una partícula de agua es cinco veces más reflectante que una partícula de hielo del mismo tamaño. (Airbus, 2016)

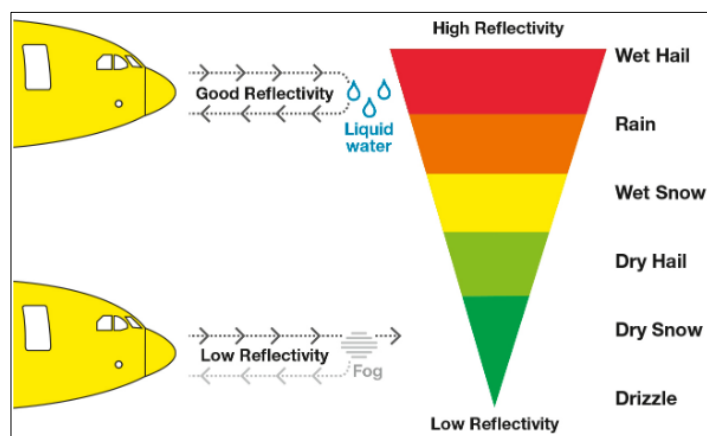


Figura 28. Principio de reflexividad

Fuente: (Airbus, 2016)

Algunos radares meteorológicos están equipados con un modo de visualización de turbulencia. Esta función (la función TURB) se basa en el efecto Doppler y es sensible al movimiento de precipitación. Al igual que el radar meteorológico, la función TURB necesita una cantidad mínima de precipitación para ser efectiva. Un área de lluvia ligera, representada en verde en modo normal, se muestra en magenta cuando hay una alta actividad de turbulencia. La función TURB se encuentra en la mayoría de los radares meteorológicos solo activos dentro de un rango de 40 NM (capacidad de medición Doppler) y solo debe usarse en turbulencias húmedas. (Airbus, 2016)

b. Operación del sistema

El WXR escanea continuamente un volumen de espacio por delante del avión y almacena estos datos en un búfer tridimensional (3D). El buffer 3D almacena los datos meteorológicos hasta 5 minutos detrás del avión. (Hassan, 2019)

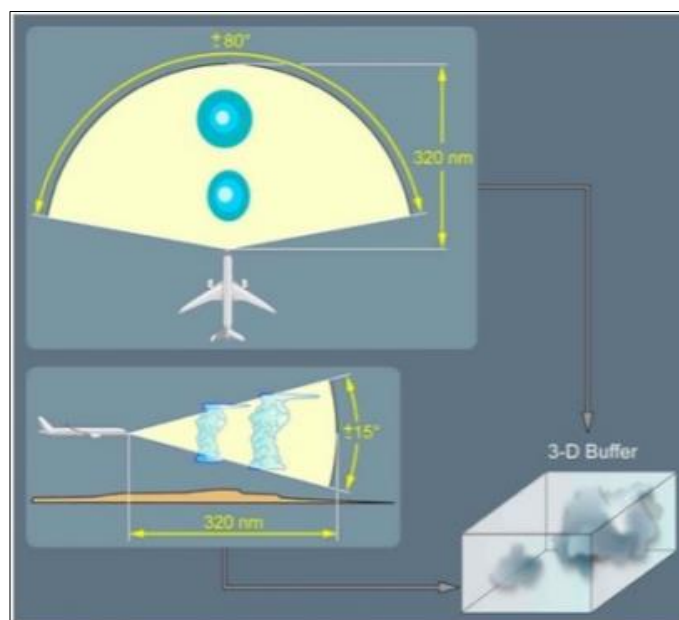


Figura 29. Volumen de escaneo
Fuente: (ShenZhen, s.f.)

La tripulación de vuelo utiliza cuatro funciones para operar el radar:

- Inclinación de la antena: este es el ángulo entre el centro de la viga y el horizonte.
- Control de rango del ND: esto tiene una influencia esencial en la configuración óptima de inclinación.
- Control de ganancia: esto ajusta la sensibilidad del receptor.
- Modos de radar: clima (WX) o clima + turbulencia (WX + T).

c. Limitaciones

Cada tipo de radar meteorológico tiene sus propias particularidades. Para obtener toda la información sobre las características, limitaciones y recomendaciones operativas de cada modelo de radar meteorológico, debe estudiarse la guía del usuario del fabricante del radar. (Airbus, 2016)

c.1 Capacidad de detección

Una de las limitaciones del radar meteorológico es que solo indica la presencia de agua líquida. La consecuencia es que una tormenta eléctrica no tiene la misma reflectividad en su rango de altitud porque la cantidad de agua líquida en la atmósfera disminuye con la altitud. Sin embargo, la nube convectiva y las amenazas asociadas pueden extenderse significativamente por encima del límite superior de detección del radar meteorológico (llamado "radar superior"). Esto significa que la reflectividad no es directamente proporcional al nivel de riesgo que se puede encontrar: una nube convectiva puede ser peligrosa, incluso si el eco del radar es débil. (Airbus, 2016)

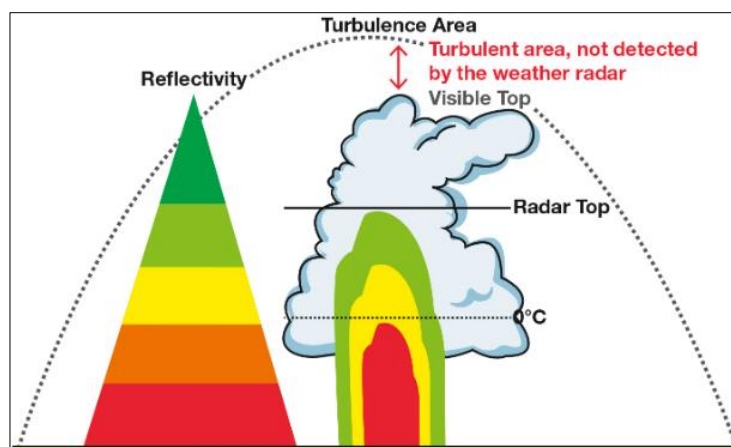


Figura 30. Imagen reflectante de un cumulonimbo
Fuente: (Airbus, 2016)

c.2 El fenómeno de atenuación del haz

Otra limitación del radar meteorológico se llama "sombreado" o "atenuación". La visualización del radar meteorológico depende de los retornos de la señal: cuanto más intensa es la precipitación, menos distancia puede ver el radar. Por lo tanto, cuando el eco del radar no puede realizar el viaje de ida y vuelta a través de fuertes precipitaciones, se produce un efecto de "sombreado". (Airbus, 2016)

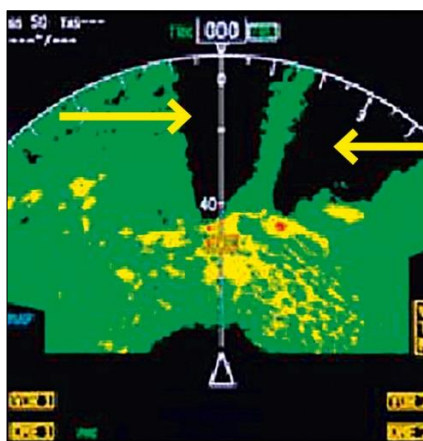


Figura 31. Atenuación
Fuente: (Airbus, 2016)

2.5.2 Esquema del Sistema WXR

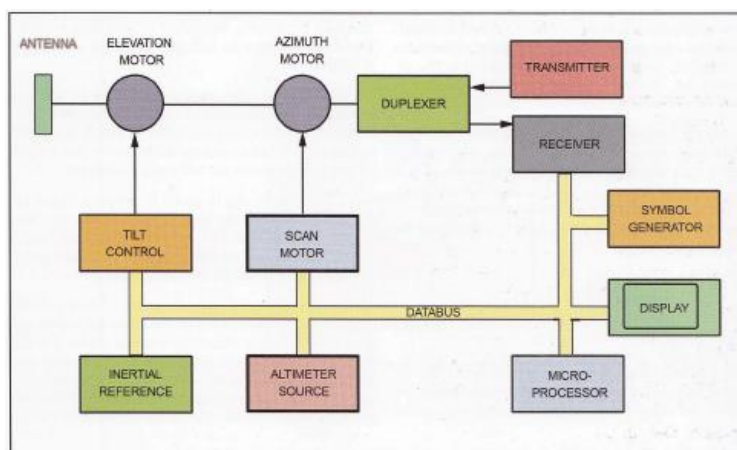


Figura 32. Diagrama del Sistema WXR
Fuente: (Buckwalter, 2005)

- Antena: Una sola antena ubicada en la nariz transmite pulsos de radar y recibe ecos de la lluvia y otras precipitaciones.
- Motor de elevación: Sube y baja la antena verticalmente para mantenerla estabilizada en la misma área del cielo, incluso cuando la nariz del avión se mueve hacia arriba o hacia abajo.
- Motor azimutal: Esto barre la antena de lado a lado en un movimiento de exploración.
- Referencia inercial: La referencia inercial detecta el cabeceo y balanceo de la aeronave y proporciona la información requerida por los motores de elevación y acimut para estabilizar la antena.
- Duplexor: Para que una antena sirva tanto al transmisor como al receptor, se utiliza un "duplexor". Dirige la energía de radio desde el transmisor a la antena y conecta el receptor a la antena para recibir los ecos de retorno.
- Microprocesador: Este microordenador convierte las posiciones de interruptor seleccionadas por el piloto en palabras digitales y las aplica a uno o más buses de datos. También calcula el acimut y la elevación de la antena para mantenerla estabilizada.
- Transmisor: El transmisor envía pulsos de energía de radio, generalmente en 9.333.8 MHz. El receptor escucha los ecos entre pulsos.
- Receptor: La intensidad de los ecos varía según la tasa de precipitación y se dividen en colores para la pantalla; negro, verde, amarillo y rojo. El más reciente es el color magenta, para turbulencias.

- Generador de símbolos: Esta sección convierte la información meteorológica de un formulario digital en gráficos que se pueden mostrar para el piloto.

2.5.3 Collins WXR-300

El sistema de radar meteorológico Collins WXR-300 proporciona al piloto información meteorológica a lo largo de la ruta de vuelo hasta un alcance máximo de 300 millas náuticas. Además del modo convencional de evitar el clima adverso, se proporciona una instalación de mapeo en tierra. El sistema de radar meteorológico está integrado con el sistema electrónico de instrumentos de vuelo (EFIS), utilizando la pantalla multifunción EFIS (MFD) para presentar la información meteorológica derivada del radar en tres colores. Los datos de navegación pueden mostrarse simultáneamente. El uso del botón WX en un panel de selección de pantalla EFIS permite que los patrones climáticos se muestren también en la pantalla de navegación asociada. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

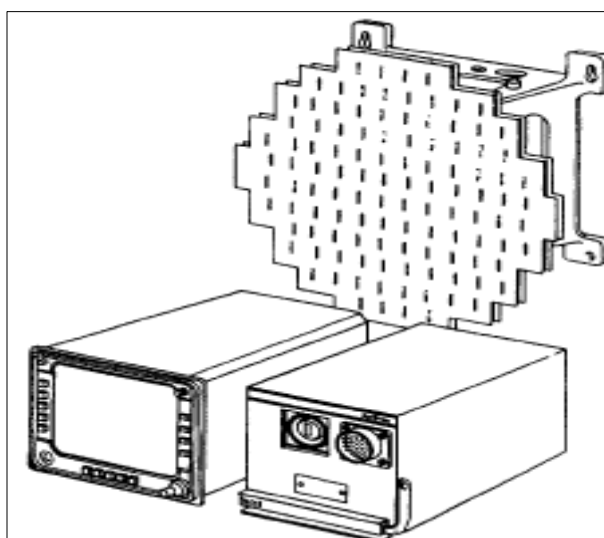


Figura 33. Sistema WXR-300
Fuente: (Raytheon Aircraft Co., 2004)

a. Antena

La antena es una unidad de exploración del sector estabilizada de 120 grados con una matriz plana que es operada mecánicamente en acimut por un tren de engranajes accionado por motor. Se puede colocar en el plano vertical mediante un control de inclinación ubicado en el panel de control del radar meteorológico. El rango de ajuste en el plano vertical es de 15 grados por encima o por debajo de la horizontal. La antena consta de una unidad de accionamiento (que posiciona la matriz en ejes de acimut y elevación) y una placa plana de 18 pulgadas, matriz en fases. Se instala un interruptor de encendido y apagado de escaneo que permite activar y desactivar el escaneo de acimut según sea necesario durante la prueba. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

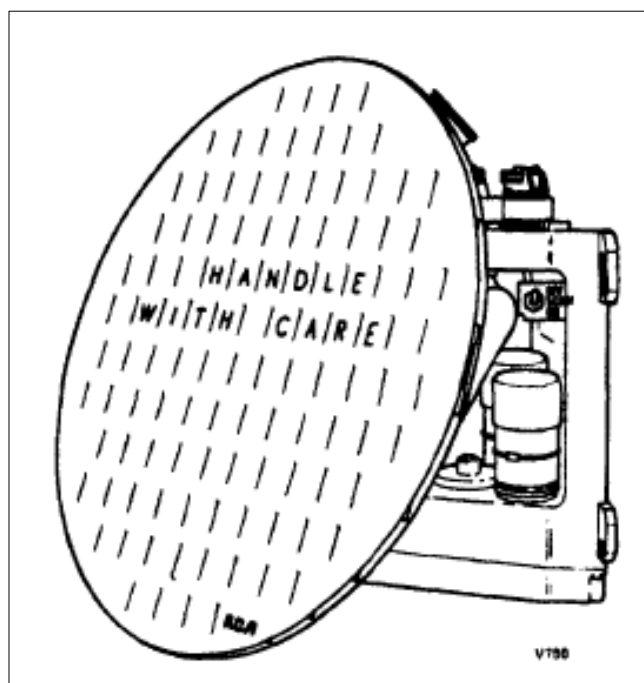


Figura 34. Antena Collins WXR
Fuente: (Raytheon Aircraft Co., 2004)

b. Guía de onda

La antena está conectada al receptor-transmisor por una guía de onda que, para evitar arcos durante la operación a gran altitud, está presurizada. El aire a presión normal de la cabina se transfiere entre la cabina y la guía de ondas a través de un recipiente de gel de sílice (deseCADador) que filtra y seca el aire. El conector de la guía de onda en la parte posterior del pedestal de la antena incorpora un sujetador de liberación rápida y situado encima del conector de la guía de onda hay un enchufe para la interconexión con el receptor-transmisor y el indicador. (Raytheon Aircraft Co., 2004)



Figura 35. Guía de onda de radar

Fuente: (Wikipedia, 2019)

c. Receptor / Transmisor

La parte transmisora del receptor-transmisor alimenta pulsos de alta potencia de energía de radiofrecuencia de banda X a una velocidad de 121 pulsos por segundo a la antena transmisora-receptora común, a través de la guía de ondas. Los pulsos reflejados

de nuevo a la antena por el clima y los objetivos terrestres se canalizan a la parte del receptor del receptor-transmisor donde se convierten a una frecuencia intermedia, se amplifican y se envían por cable coaxial al indicador como señales de video. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

El panel frontal del receptor-transmisor alberga todas las conexiones. La conexión de la guía de onda cerca del centro incorpora un cierre de liberación rápida para permitir que el receptor-transmisor se retire rápidamente. La toma inferior izquierda, instalada con una cubierta protectora, permite verificar el receptor-transmisor con un medidor de prueba externo. La toma inferior derecha permite la interconexión con el indicador, la antena y la fuente de alimentación. A la izquierda de la conexión de la guía de onda hay un control MOD PUSH ON - PULL OFF que permite desactivar el sistema. Esto permite realizar cualquier trabajo frente a la antena sin poner en peligro al personal. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

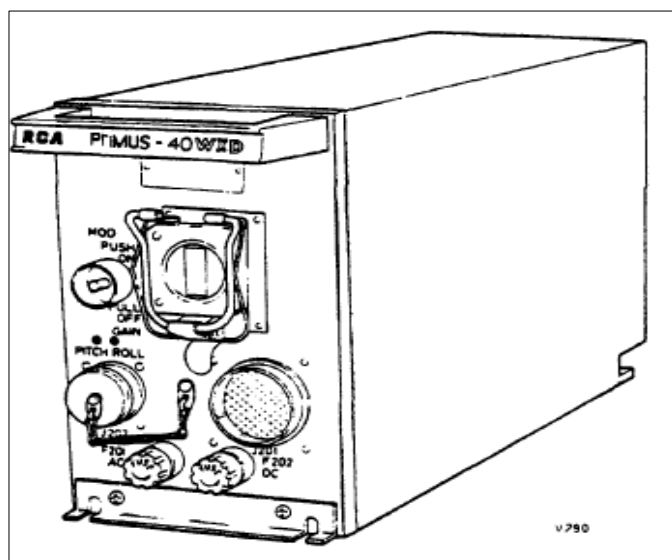


Figura 36. Receptor – Transmisor PRIMUS 40
Fuente: (Raytheon Aircraft Co., 2004)

d. Pantalla

El sistema proporciona una visualización continua y sin desvanecimiento de los objetivos meteorológicos o terrestres dentro del área escaneada por la antena. Usando técnicas de visualización digital, se presenta una imagen meteorológica de alta resolución que utiliza colores discretos para denotar la densidad predeterminada de lluvia. La pantalla incluye una lectura en display del modo seleccionado, el área de escaneado se indica mediante una marca de rango y un anuncio de rango digital, la pantalla también incorpora una brújula y un símbolo de avión fijo. Toda la simbología está escrita con trazo, mientras que la información meteorológica se escanea en ráster en un área que se extiende desde el símbolo del avión hasta la parte superior de la brújula. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

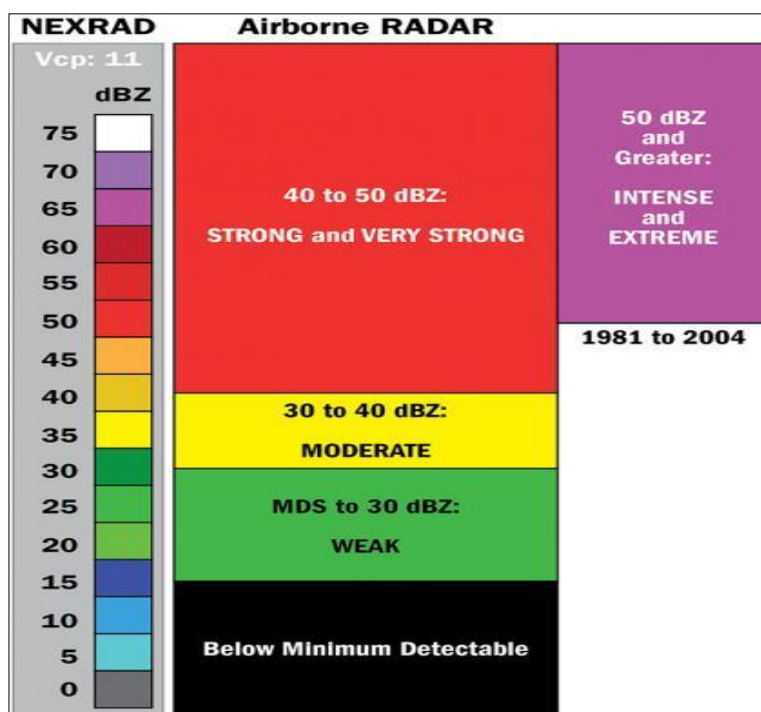


Figura 37. Código de colores del sistema WXR

Fuente: (Aviationweek, 2019)

2.5.4 Operación Collins WXR-300

Los seis interruptores de tipo botón ubicados en la parte superior se utilizan para seleccionar el modo de funcionamiento. Estos botones están enclavados para que solo se pueda presionar uno a la vez. Sus funciones son las siguientes:

- **OFF**: Quita la alimentación eléctrica del sistema.
- **STBY**: Modo de espera con transmisor inhibido y exploración de antena detenida.
- **NORM**: Detección de clima normal.
- **CTR**: Modo de contorno, destaca áreas de fuertes precipitaciones y/o turbulencia.
- **CYC**: Proporciona modos NORM y CTR en barridos alternativos.
- **MAP**: Utilizado para mapeo de tierra.

Control Range: proporciona la selección del rango operativo. Hay seis rangos disponibles: 10, 25, 50, 100, 200 y 300 millas náuticas. Cada rango está graduado por cinco marcas de rango igualmente espaciadas. El intervalo de marca de rango (2, 5, 10, 20, 40 o 60 nm) para el rango seleccionado se revela a través de una muesca en la perilla de control. Una posición adicional del interruptor proporciona una función de PRUEBA y en esta posición el rango se establece automáticamente a 100 nm con marcas de rango a 20 nm. La ganancia se establece en GAIN PRESET y se muestra un patrón de prueba distintivo. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

Control TILT: permite variar el ángulo del haz de la antena con respecto a la superficie de la tierra desde 15° arriba, hasta 15° hacia abajo.

Control SWEEP: tiene tres posiciones, 60 ° -FRZ-120 °, y se usa para seleccionar una exploración de 60 ° a 28 miradas por minuto o una exploración de 120 ° a 14 miradas por minuto. En el modo FRZ, la actualización de datos se inhibe y la pantalla se congela. Se enciende una leyenda oculta que anuncia FRZ y la leyenda se enciende y apaga cuando hay un objetivo contorneado dentro de una distancia de 75 a 150 nm. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

Control INTENSITY: es un control giratorio que se usa para ajustar el brillo de la pantalla.

Control GAIN: que está montado concéntricamente con el control INTENSITY, tiene un retén en la posición totalmente en sentido antihorario anotado GAIN PRESET. En esta posición, la sensibilidad del receptor está configurada para una ganancia óptima para detectar objetivos débiles de largo alcance. Al girar la perilla en el sentido de las agujas del reloj, la ganancia se establece inicialmente al mínimo, luego aumenta la sensibilidad a medida que se gira el control. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

Botón AZ MKR: es un interruptor de tipo pulsador que hace que aparezcan líneas estroboscópicas azimutales en la pantalla a intervalos de 15 grados.

Control STAB: es un interruptor de encendido y apagado de dos posiciones que controla la estabilización de la antena.

Botón TRGT ALERT: es un interruptor de tipo pulsador que proporciona advertencia, mediante iluminación interna, de objetivos contorneables dentro de una distancia de 75 a 150 nm y +/-15 ° muertos por delante. El botón se encenderá cada vez que se escanee

el objetivo contorneable, incluso si el control RANGE se establece en un rango inferior. Sin embargo, para una calibración precisa de esta función, el control GAIN debe estar en la posición GAIN PRESET con distensión. (Raytheon Aircraft Co., 2004)

2.5.5 Precauciones

Con la transmisión del sistema, la radiación de microondas puede causar daño corporal grave y constituir un peligro de incendio a los vehículos o equipo que transporte material combustible. Las precauciones siguientes deben, por lo tanto, obedecerse: (Raytheon Aircraft Co., 2004)

- El personal debe estar libre de un área que se extiende hacia la antena por un radio de 30 pies sobre un ángulo de 135 grados en cualquier lado de la línea del centro de aeronaves.
- La autorización de 100 pies debe mantenerse entre el área de escaneo y una aeronave que se repone o descargue.
- La amplitud de 100 pies debe mantenerse entre el área de escaneo y los objetos metálicos grandes (hangares, aeronaves, etc.).

2.5.6 Ondas de radio

Cuando la CA cambia lo suficientemente rápido, los campos no se colapsan por completo antes de que ocurra la siguiente acumulación, y parte de la energía se irradia al espacio como una onda electromagnética o de radio. Esta onda tiene dos componentes, la onda eléctrica y la onda magnética. Las ondas están en ángulo recto entre sí, y ambas están en ángulo recto con la dirección de propagación, o la dirección

en la que viaja la onda. Cuando una onda de radio sale de la antena del transmisor, viaja en el espacio a la velocidad de la luz, 186,000 millas por segundo, o 300,000,000 metros por segundo. Cuando esta onda golpea la antena de un receptor de radio, genera un voltaje que es una replicación mucho más débil del voltaje en la antena del transmisor. (Crane, 1999)

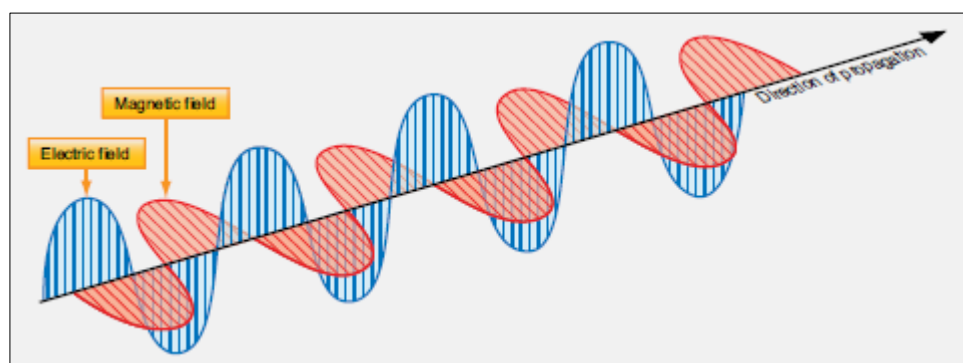


Figura 38. Campos de la onda de radio
Fuente: (FAA, 2012)

a. Tipos de frecuencias

Las ondas de radio de diferentes frecuencias tienen características únicas a medida que se propagan a través de la atmósfera. Las ondas de muy baja frecuencia (VLF), LF y frecuencia media (MF) tienen longitudes de onda relativamente largas y utilizan antenas correspondientemente largas. Las ondas de radio producidas a estas frecuencias que van desde 3kHz a 3MHz se conocen como ondas de tierra u ondas de superficie. Esto se debe a que siguen la curvatura de la tierra a medida que viajan desde la antena de transmisión a la antena receptora. Las ondas de tierra son particularmente útiles para transmisiones de larga distancia. Los buscadores de dirección automáticos (ADF) y las ayudas de navegación LORAN utilizan estas frecuencias. (FAA, 2012)

Las ondas de radio de alta frecuencia (HF) viajan en línea recta y no se curvan para seguir la superficie de la tierra. Esto limitaría las transmisiones desde la antena de transmisión a antenas de recepción solo en la línea de visión de la antena de transmisión, excepto por una característica única. Las ondas de radio HF rebotan en la capa de ionosfera de la atmósfera. Esta refracción extiende el rango de señales de HF más allá de la línea de visión. Como resultado, los aviones transoceánicos a menudo usan radios HF para la comunicación de voz. El rango de frecuencia es entre 2 a 25 MHz. Este tipo de ondas de radio se conocen como ondas de cielo. (FAA, 2012)

Por encima de las transmisiones de alta frecuencia, las ondas de radio son conocidas como ondas espaciales. Solo son capaces de transmisión de línea de vista y no se refractan fuera de la ionosfera. La mayoría de las comunicaciones de aviación y las ayudas a la navegación funcionan con ondas espaciales. Esto incluye ondas de radio VHF (30-300MHz), UHF (300MHz-3GHz) y super alta frecuencia (SHF) (3GHz- 30GHz). (FAA, 2012)

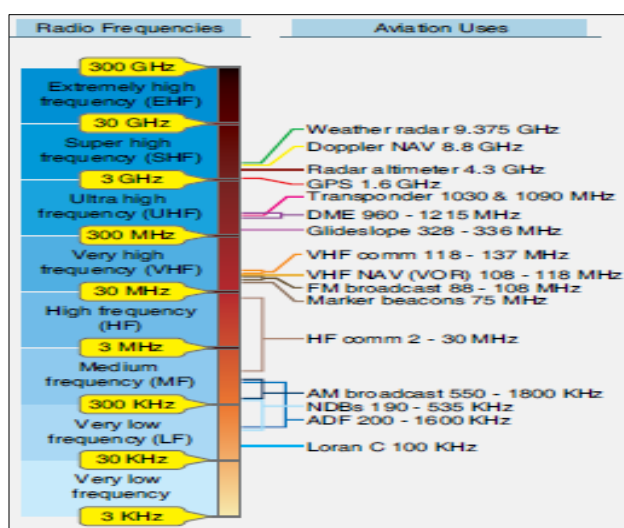


Figura 39. Rangos de las ondas de radio

Fuente: (FAA, 2012)

2.5.7 Radares y salud humana

Las personas quienes viven o trabajan en forma rutinaria alrededor de radares han manifestado preocupaciones acerca de los efectos adversos a largo plazo de estos sistemas sobre la salud, incluyendo cáncer, esterilidad, cataratas y cambios en el comportamiento o desarrollo de los niños. Un ejemplo reciente ha sido el supuesto aumento de cáncer testicular en policías que usan radares portátiles de control de velocidad tipo pistola. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

a. Exposición humana

La energía que los sistemas de radar emiten varían desde algunos millivatios (radar de control de tránsito que usan los policías) hasta muchos kilovatios (radares espaciales de gran alcance). Sin embargo, un número de factores reduce significativamente la exposición humana a la RF generada por los sistemas de radar, frecuentemente por un factor de al menos 100: (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

- Los sistemas de radar envían ondas electromagnéticas en pulsos y no continuamente. Haciendo que la potencia promedio emitida sea mucho menor que la potencia pico del pulso.
- Los radares son direccionales y la energía de RF que ellos generan está contenida en haces que son muy estrechos y se asemejan al haz de un reflector. Los niveles de RF alejados del haz principal disminuyen rápidamente. En la mayoría de los casos, estos niveles son miles de veces más bajos que en el haz principal.

- Muchos radares tienen antenas que están rotando continuamente o variando su elevación por un movimiento de inclinación, que constantemente cambia la dirección del haz.
- Las áreas donde pueden ocurrir peligrosas exposiciones humanas normalmente son inaccesibles al personal no autorizado.

b. Estudios relacionados con el cáncer

Muchos estudios epidemiológicos han abordado posibles vínculos entre exposiciones a RF y el exceso de riesgo de cáncer. Sin embargo, debido a las diferencias en el diseño y ejecución de estos estudios, sus resultados son difíciles de interpretar. Un número de grupos de evaluadores pares nacionales e internacionales han concluido que no existe evidencia clara de una relación entre exposición de RF y el exceso de riesgo de cáncer. La OMS también ha determinado que no existe ninguna evidencia científica convincente que las exposiciones a la RF disminuyen la duración de vida de los humanos o que la RF produce o estimula el cáncer. Sin embargo, es necesario desarrollar más estudios. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

c. Efectos térmicos

Los campos de RF han sido estudiados en animales, incluyendo primates. Los primeros signos de una consecuencia adversa de salud, encontrados en animales con el incremento del nivel de RF, incluyen una reducción de la resistencia física, aversión al campo y disminución de la habilidad para realizar tareas mentales. Estos estudios también sugieren que los efectos adversos puedan ocurrir en humanos sujetos a

exposiciones de cuerpo entero o localizadas a campos de RF suficientes para incrementar las temperaturas del tejido en más de 1° C. Los posibles efectos incluyen la inducción de cataratas de los ojos, y varias respuestas fisiológicas y termo-regulatorias conforme aumenta la temperatura del cuerpo. Estos efectos están bien establecidos y forman las bases científicas para restringir la exposición ocupacional y pública a los campos de RF. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

d. Efectos no-térmicos

La exposición a niveles de RF muy bajos como para implicar calor (ej., muy bajo SAR) ha sido reportada por muchos grupos por alterar la movilidad del ión de calcio, el cual es responsable de transmitir información en las células del tejido. Sin embargo, estos efectos no se encuentran lo suficientemente establecidos para proporcionar una base para restringir la exposición humana. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

e. Encendido de líquidos inflamables y explosivos

Los campos de RF pueden prender líquidos inflamables y explosivos a través de la inducción de corrientes. Este es un suceso raro, y normalmente de gran preocupación donde hay una gran concentración de radares, tales como a bordo de un barco naval donde se toman medidas para prevenir tales efectos. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

f. Medidas de protección

El objetivo de las medidas de protección es eliminar o reducir la exposición humana a campos de RF por debajo de límites aceptables. Se requiere un programa extensivo de estudios, avisos de peligro, conjuntamente con medidas efectivas de protección alrededor de todas las instalaciones de radares. En la mayoría de países, se elabora una documentación completa, incluyendo una declaración de impacto ambiental antes que se construya un sistema radar. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

Luego de que se construya la instalación del radar, se deben realizar mediciones para cuantificar los niveles de campo de RF en el área. Mientras niveles de campos de RF extremadamente altos pueden ser medidos directamente delante de un radar, en la mayoría de casos los niveles en áreas públicas no son fácilmente mesurables. A fin de evitar que los trabajadores y el público en general entren en zonas donde los niveles de RF sobrepasan los límites se utilizan controles administrativos y de ingeniería. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

- Los controles de ingeniería incluyen seguros internos, medios electrónicos para evitar el apuntamiento del radar en determinadas áreas y aislarlas.
- Los controles administrativos incluyen alarmas auditivas y señales de peligro, y restricción de acceso por medio de barreras, puertas aseguradas o limitando el acceso al radar por un periodo de tiempo.

Cuando los controles administrativos y de ingeniería no son suficientes, los trabajadores deberían usar equipo de protección personal para asegurar el cumplimiento

de los estándares de exposición. Trajes conductores, guantes, zapatos de seguridad y otro tipo de equipos de protección personal para los campos de RF ahora están siendo comercializados. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

- Deberían ser usados con gran cuidado, ya que las propiedades de atenuación del material que se usa para fabricar este equipo de protección pueden variar dramáticamente con la frecuencia. Solo cuando se conocen las propiedades de atenuación del equipo para la frecuencia de trabajo, pueden ser usados en forma confiable.
- Debería ejercerse cuidado especial con los lentes de seguridad a prueba de RF puesto que cualquier metal puede aumentar los campos locales actuando como una antena receptora.
- No existen circunstancias de exposición en las cuales los miembros del público en general necesitan usar equipo de protección para los campos de RF de radares.
- En los últimos años, la vestimenta y otros materiales han aparecido en el mercado de consumo afirmando que tienen propiedades de protección contra RF y dirigiendo sus afirmaciones a miembros “susceptibles” de la población general, tales como mujeres embarazadas. El uso de estos tipos de productos es innecesario y debe ser desalentado. Estos no ofrecen una protección eficaz contra RF y no hay necesidad de estos mecanismos. (Organización Mundial de la Salud, s.f.)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

El presente capítulo detalla todo el desarrollo para la implementación del sistema de simulación WXR en la aeronave Hawker Siddeley HS-125, el mismo que consta de una sección mecánica, una sección electrónica y una sección de control visual, proporcionando una interacción directa entre el usuario y el sistema, en base a los requerimientos técnicos y prácticos que se han tenido en cuenta para poder otorgar una herramienta que cubra todas las necesidades de capacitación específicos del sistema de navegación de Radar Meteorológico.

El proyecto planteado busca expandir los métodos de aprendizaje de tal manera que la formación se integra, contando con nuevas tecnologías que complementen las fases teóricas que los docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica otorgan a los alumnos, así mismo, que la experiencia en la práctica sea más técnica y revolucionaria con los lineamientos necesarios que exige el área.

3.2 Medidas de seguridad

Para asegurar el éxito y la integridad personal durante el desarrollo del presente proyecto, se ha tomado en cuenta el riesgo y planteado ciertas medidas de seguridad a tener presentes en la realización de cualquier tarea que implique ya sea el contacto con corriente eléctrica, la manipulación de componentes electrónicos, el manejo de herramientas y equipos mecánicos, etc., teniendo de manera general así lo siguiente:

- Contar con el equipo de protección acorde a la actividad a ser realizada.
- Asegurarse del estado óptimo de las herramientas usadas.
- Verificar los equipos a ser usados antes de interactuar con los mismos.
- Seguir las instrucciones que los manuales de la aeronave ameriten según el caso.

3.3 Inspección visual del Sistema WXR

Iniciando con una inspección visual de los componentes del sistema de radar meteorológico se puede observar al interior del radomo de la aeronave, que no se cuenta con la base y pedestal donde se coloca la antena de radar, así mismo parte de la ferretería del conjunto, por lo que se ve necesario realizar el diseño de un modelo genérico para proceder con la implementación de la parte mecánica del proyecto.



Figura 40. Display del Sistema WXR en Cabina

Tras realizar una inspección visual en cabina se logra determinar la existencia de la pantalla de visualización y control del sistema meteorológico de la aeronave, pero por

fin de instrucción y seguridad se plantea realizar un sistema independiente integrado en una Tablet con los demás conjuntos del sistema de navegación de la aeronave propuestos por otros estudiantes de la carrera.

3.4 Desmontaje de la antena

Con los procedimientos establecidos por el manual de mantenimiento de la aeronave Hawker Siddeley, se procese a realizar la respectiva remoción del conjunto de la antena del sistema de radar meteorológico, los mismos que se detallan a continuación:

- En el panel CBs, subpanel A, abra ambos disyuntores de RADIO METEOROLÓGICO.

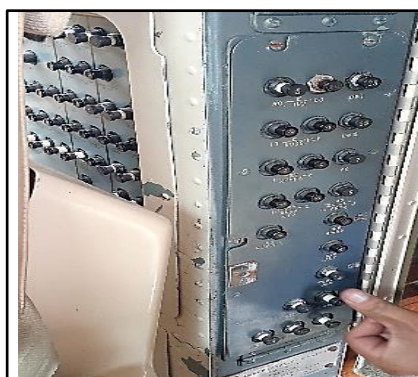


Figura 41. Panel de CBs

- Suelte los sujetadores y abra el radomo.
- En el ensamblaje de la antena, coloque el interruptor de encendido-apagado del escáner en apagado.



Figura 42. Seguros del radome

- Desconecte el conector del cable eléctrico del conjunto de la antena. Selle el enchufe y el zócalo con una tapa y tapa aprobadas.
- Suelte el sujetador de desconexión rápida de la guía de ondas y desconecte la guía de ondas de la brida de la guía de ondas de la antena. Retire y deseche la junta tórica.



Figura 43. Guía de onda extraída

- Instale cubiertas protectoras sobre la antena y las bridas de la guía de onda.
- Defina la posición del conjunto de la antena pintando marcas de referencia adecuadas en el soporte de montaje del escáner.

- Conjunto de antena de soporte, retire los pernos y arandelas de seguridad y retire el conjunto de antena.



Figura 44. Antena plana del sistema WXR

3.4 Diseño y fabricación de componentes estructurales del sistema

Tras la inspección y determinación de componentes faltantes del sistema de radar meteorológico de la Aeronave Hawker Siddeley, se procede al diseño con ayuda de distintos programas informáticos para el diseño mecánico como son SolidWorks y AutoCAD, así mismo con procesos de impresión 3d y corte por láser.

3.4.1 Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como manufactura por adición, es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto. (AUTODESK, 2019)

La tecnología de impresión 3D puede utilizarse para crear todo tipo de cosas, desde prototipos y piezas simples hasta productos finales altamente técnicos, como piezas para aeronaves (Inglés), edificios ecológicos, implantes médicos que pueden salvar vidas e incluso órganos artificiales que se producen con capas de células humanas. (AUTODESK, 2019)

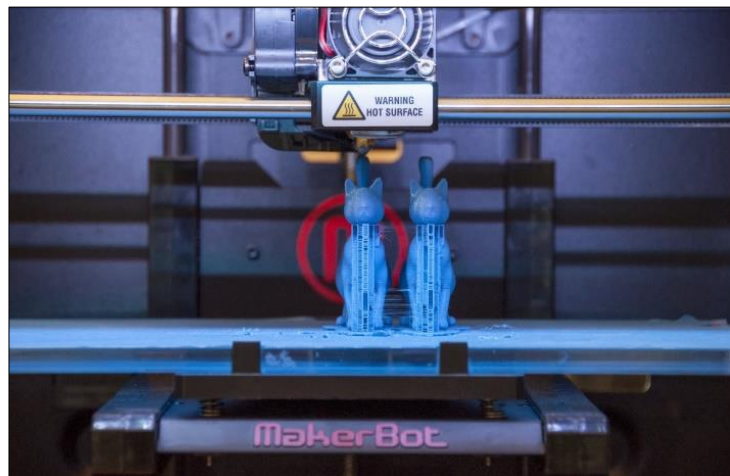


Figura 45. Impresión 3D por capas
Fuente: (AUTODESK, 2019)

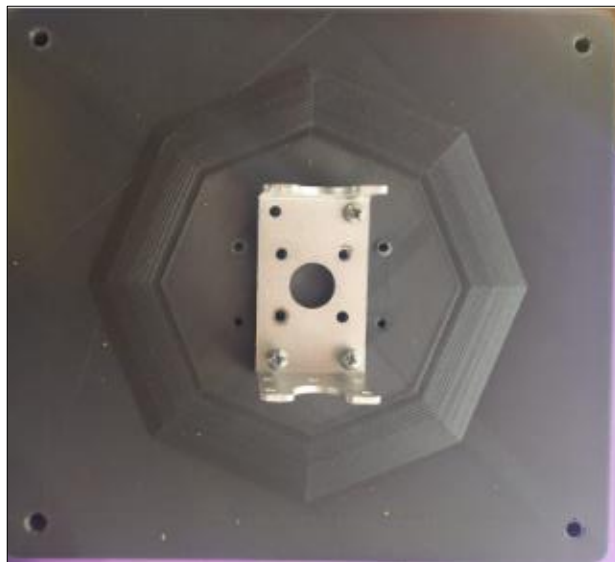


Figura 46. Base de pedestal impresa

3.4.2 Corte Láser CO2

El corte láser es un tipo de proceso de separación térmica. El rayo láser incide en la superficie del material y lo calienta con tanta fuerza que se derrite o se vaporiza por completo. Una vez que el rayo láser ha penetrado completamente en un punto del material, comienza el proceso de corte real. El sistema láser sigue la geometría seleccionada y separa el material en el proceso. Dependiendo de la aplicación, el uso de gases de proceso puede influir positivamente en los resultados. (TROTEC, 2019)



Figura 47. Proceso de corte por laser
Fuente: (TROTEC, 2019)



Figura 48. Antena procesada en acrílico

3.4.3 Base

Con el software de modelado y diseño mecánico SolidWorks se diseña el prototipo de la base para ensamblaje del pedestal de la antena del radar meteorológico, se pone a consideración el uso de pla con fibra de carbono para la impresión del componente, ya que no otorga mejores resultados frente a esfuerzo físicos generados por el movimiento y peso de la antena del radar.

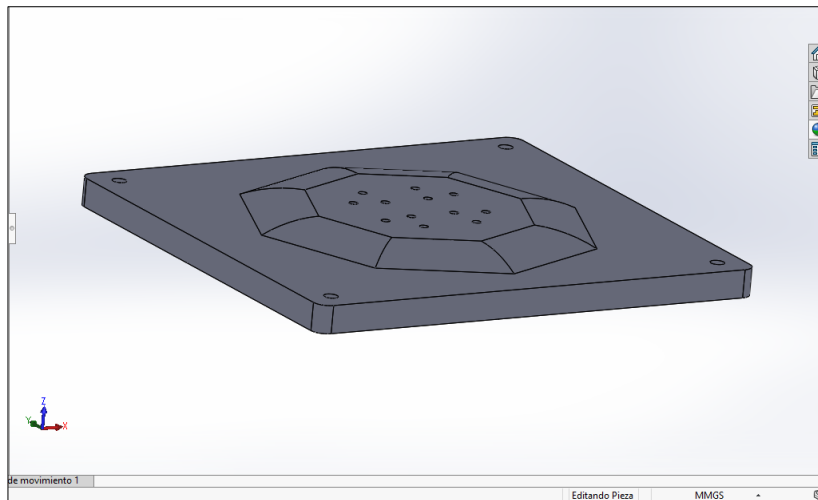


Figura 49. Base modelada en SolidWorks

a. Selección de material

Gracias a las diferentes investigaciones y desarrollos, hoy en día existen diferentes tipos de materiales a ser usados bajo la tecnología de la impresión 3D, destacan entre estos el PLA y el ABS por su amplia gama de aplicaciones y usos. Lidera el pla en cuanto ofrece una buena resistencia a la tracción y por su resolución de impresión.

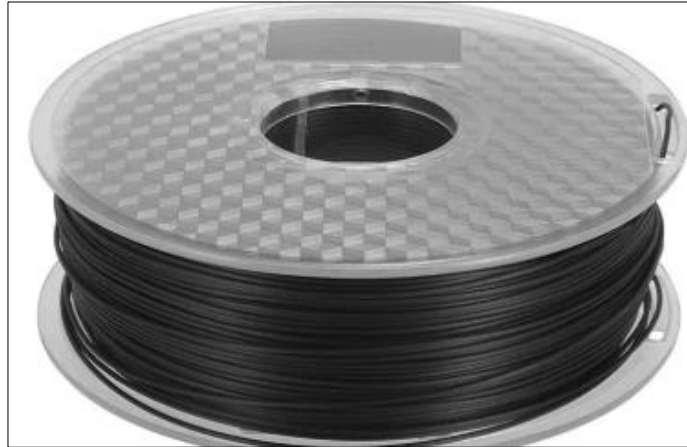


Figura 50. Filamento pla con fibra de carbono

b. Análisis del componente

Bajo una simulación en SolidWorks se puede determinar de forma eficaz y sin costos de operación, las cargas que se aplicaran a distintos puntos de la estructura para poder garantizar un rendimiento óptimo y de ser el caso poder realizar correcciones en cuanto al diseño propuesto.

b.1 Estático

Se procede a realizar un análisis estático delimitando la zona de empotramiento de la base que irá en el montante del pedestal de la aeronave Hawker Siddeley, calculando con la fuerza que deberá soportar por el peso de los demás componentes del ensamblaje de la antena del radar meteorológico de aproximadamente 5N para asegurar su rendimiento y evitar daños en la estructura.

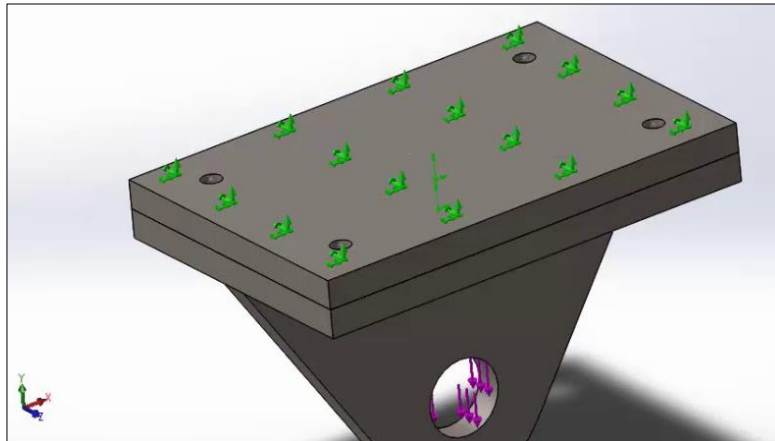


Figura 51. Simulación de cargas en SolidWorks

b.2 Factor de seguridad

Es un valor calculado de la capacidad de rendimiento que tiene una estructura mecánica frente a los valores de requerimiento reales a los que se verá sometido por diferentes tipos de cargas, por lo que se elige un valor mayor que la unidad para sobrepasar los requisitos establecidos, así mismo el software SolidWorks nos permite ejecutar el análisis para determinar el factor de seguridad de nuestro componente.

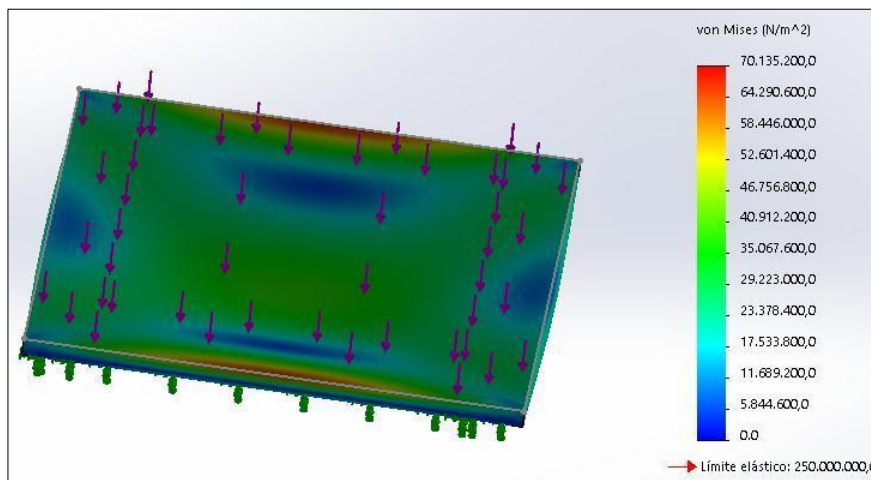


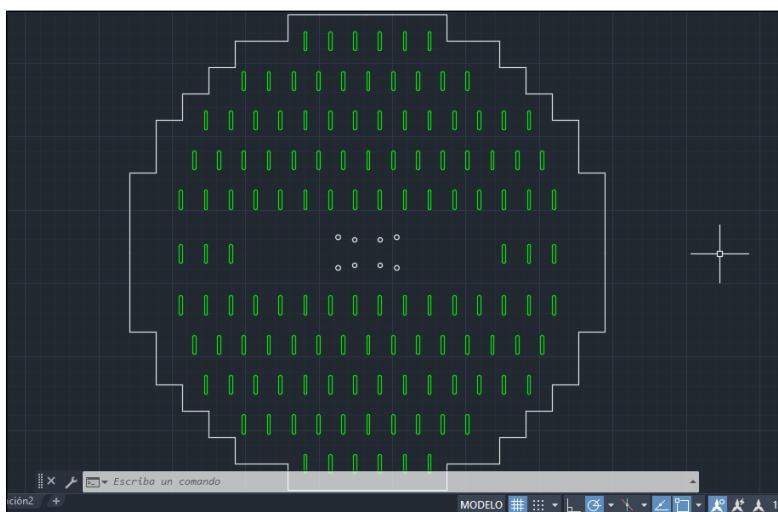
Figura 52. Análisis del factor de seguridad

Tabla 1*Diseño de la base para montaje de pedestal*

Actividad	Herramienta / Equipo	Duración
Modelado mecánico de la base	SolidWorks	4 horas
Impresión de prototipo	ANYCUBE 3D	23 horas

3.4.4 Antena Plana

Para este componente se opta por usar el software AutoCAD en el diseño de la antena a ser integrado en el sistema de radar meteorológico, ya que se necesita de un plano de diseño lineal para que pueda procesarse en una máquina de corte láser CO2, además se realiza un rotulado con impresión UV sobre el material de acrílico utilizado.

**Figura 53.** Diseño de antena en AutoCAD**Tabla 2***Diseño de la antena y rotulado*

Actividad	Herramienta / Equipo	Duración
Diseño CAD de Antena	AutoCAD	4 horas
Corte láser	Laser CO2	1 hora
Rotulado	Impresora UV plana	1 hora

3.4.5 Brazo mecánico

El brazo mecánico está conformado por dos servomotores RDS5160 de engranajes metálicos, los cuales se encargan de realizar el movimiento de barrido (izquierda – derecha) e inclinación (arriba – abajo), las características y especificaciones de los mismo se detallan a continuación.



Figura 54. Brazo con servomotores

Tabla 3

Características técnicas del servomotor RDS5160

Detalle	Descripción
Versión	RDS5160
Tamaño	65*30*48
Peso	162g
Voltaje	6v – 8.4v
Par (torque)	58 kg (6v) 65 kg (7.4v) 70 kg (8.4v)
Corriente	3A -5A min
Temperatura operación	-20°C - +60°C
Ángulo de operación	360°
Conector	Tipo Futaba

Fuente: (ShenZhen, s.f.)

3.5 Diseño interfaz gráfica de la aplicación

Las representaciones visuales de la aplicación se desarrollan en el software de diseño gráfico Photoshop, el cual nos permite trabajar directamente con archivos de imágenes para ser modificados de acuerdo al boceto propio de un display de radar meteorológico, en el mismo se lleva a cabo la edición de los botones de los modos en que trabaja el sistema, las perillas selectoras tanto de rango como de ángulo de inclinación, la pantalla donde se visualiza la información y mensajes y la forma básica externa del display.

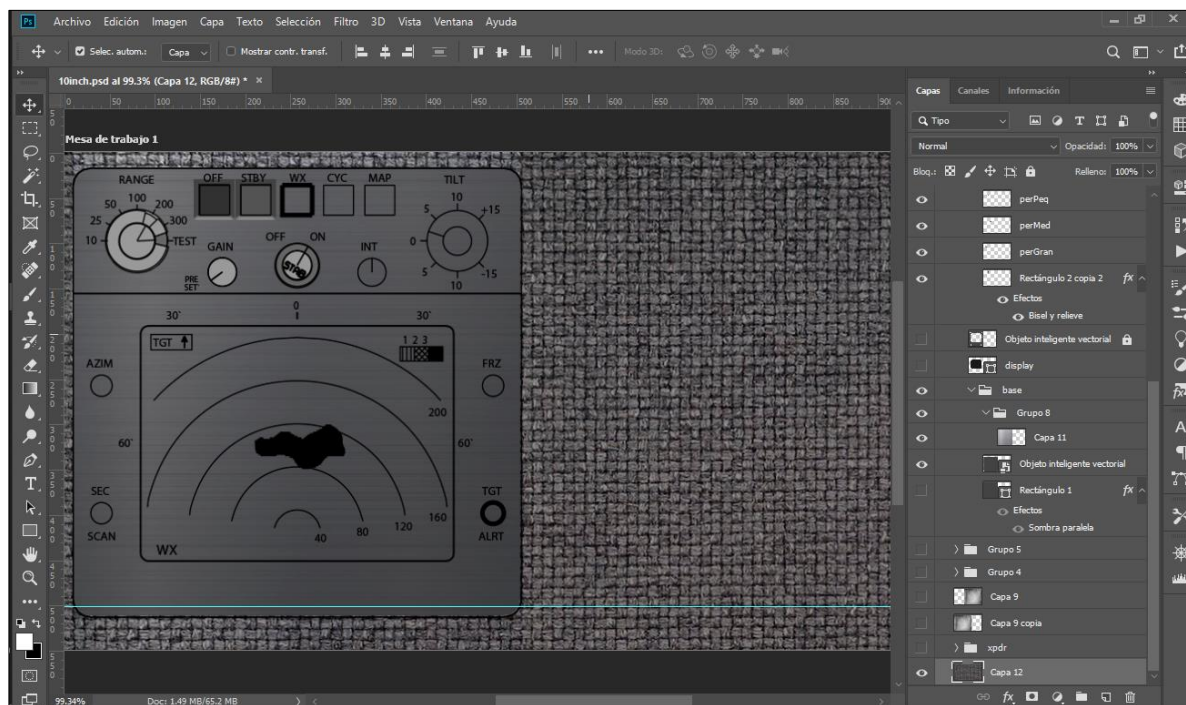


Figura 55. Diseño de la interfaz del display

Tabla 4

Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación

Actividad	Herramienta / Equipo	Duración
Diseño Gráfico	Photoshop	20 horas
Boceto del display	AMM B737	10 horas

3.6 Programación de aplicación

El proceso de programación de la aplicación de control del simulador del sistema de radar meteorológico se realiza con el software online AppInventor, el cual nos permite desarrollar aplicaciones para dispositivos Android de una manera rápida, precisa y con facilidades de funciones necesarias en nuestro simulador, la misma que se comunicará por puerto serial bluetooth con la placa de Arduino NANO para controlar el movimiento de los servomotores de acuerdo a las funciones establecidas en la misma.

Tabla 5

Programación en AppInventor

Actividad	Herramienta / Equipo	Duración
Diseño de funciones	AppInventor	10 horas
Programación de funciones	AppInventor	10 horas

3.7 Programación de Arduino

La placa de programación Arduino consta de un microcontrolador, en el cual se puede ingresar el código de interpretación que interactúa con la aplicación desarrollada para el dispositivo Android, en el mismo se establecen los parámetros que controlarán el movimiento de los servomotores de acuerdo a las funciones interactuadas en la aplicación.

Se establecen funciones predefinidas para controlar los servomotores, funciones de evaluación para determinar el modo en que se desea trabajar con el sistema de simulación, bucles operacionales donde se establecen los parámetros y estructuras de decisión para evaluar ciertas condiciones.

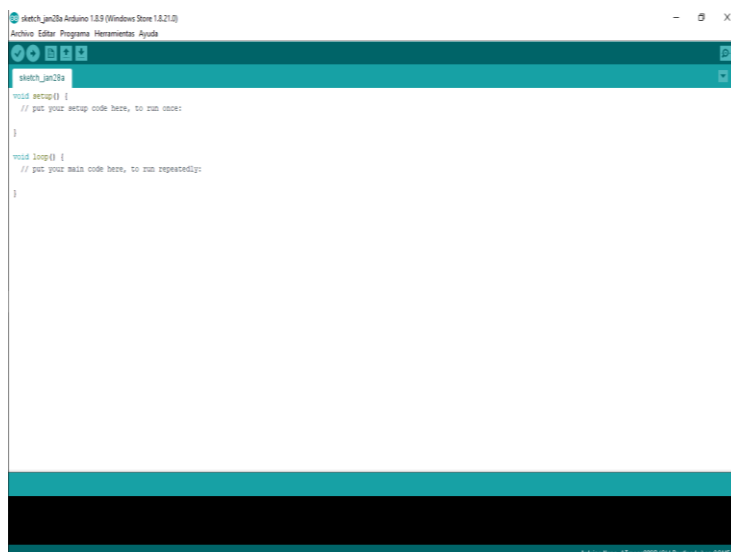


Figura 56. Entorno de programación de Arduino

Tabla 6

Programación en IDE Arduino

Actividad	Herramienta / Equipo	Duración
Programación de funciones	IDE Arduino	10 horas

3.8 Presupuesto

En el presupuesto del presente proyecto se pretende mostrar los valores económicos que se han invertido en el desarrollo del mismo, se tiene en cuenta cada costo directo como indirecto, así también como el valor del tiempo invertido en distintas actividades que representan un precio considerable, hasta la terminación su culminación.

3.8.1 Análisis de costos

A continuación, se presenta el detalle general de los elementos y servicios adquiridos durante el proceso de elaboración del sistema de simulación de radar meteorológico y demás ítems abarcados en el proyecto, para una mejor organización se desglosan en costos primarios y secundarios.

Costos primarios

- Tablet Hyundai 10 pulgadas.
- Soporte de Tablet.
- Cables de conexión eléctrica y electrónica.
- Regulador de voltaje de alta corriente.
- Servomotores de alto torque.
- Arduino NANO.
- Placa PCB de extensión Arduino NANO.
- Módulo de conectividad Bluetooth.
- Base impresa PLA fibra de carbono.
- Antena plana rotulada en acrílico.
- Diseño y modelado CAD.
- Diseño gráfico de la interfaz del sistema WXR.
- Programación del simulador.
- Programación Arduino

Costos secundarios

- Tramites de solicitud de graduación.
- Elaboración de textos.
- Impresiones de borradores.
- Transporte.
- Alimentación.

a. Costos primarios

Tabla 7

Desglose de costos primarios

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tablet Hyundai 10"	1	\$ 245	\$ 245
Soporte de Tablet	1	\$ 20	\$ 20
Cables de conexión E/E	10	\$ 1.50	\$ 15
Regulador de voltaje	1	\$ 25	\$ 25
Servomotor 60kg	2	\$ 60	\$ 120
Arduino NANO	1	\$ 7	\$ 7
Placa expansión NANO	1	\$ 4.80	\$ 4.80
Módulo Bluetooth	1	\$ 6.45	\$ 6.45
Base impresión 3D	1	\$ 60	\$ 60
Antena plana acrílico	1	\$ 8	\$ 8
Horas de diseño mecánico	8	\$ 5	\$ 40
Horas de diseño gráfico	20	\$ 10	\$ 200
Horas de programación Android	20	\$ 15	\$ 300
Horas de programación Arduino	10	\$ 15	\$ 150
		COSTO TOTAL	\$ 1201.25

b. Costos Secundarios

Tabla 8

Desglose costos secundarios

Descripción	Valor Total
Trámites personales	\$ 20
Elaboración de documentos	\$ 150
Impresiones	\$ 15
Transporte	\$ 90
Alimentación	\$ 45
COSTO TOTAL	\$ 320

c. Costo total del proyecto de grado**Tabla 9***Descripción del coste total del proyecto*

Descripción	Valor Total
Costo primario	\$ 1201.25
Costo secundario	\$ 320
COSTO TOTAL	\$ 1521.25

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El uso de los manuales de mantenimiento de la Aeronave Hawker Siddeley y Boeing 737 respectivamente, ha sido de gran aporte en la búsqueda de información técnica del sistema de Radar Meteorológico, mediante los cuales se ha podido diseñar el simulador con todas las funciones necesarias.
- La representación de las funciones del Sistema WXR en el dispositivo Android se llevó a cabo con satisfacción, siguiendo los lineamientos precisos para convertirse en una herramienta que sirva de capacitación para los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.
- Con la nueva plataforma de capacitación, el aprendizaje técnico proporcionado será el adecuado para otorgar una capacitación integral en lo referente a un Sistema de Radar Meteorológico dentro de los Sistemas de Navegación de la Aeronave.

4.2 Recomendaciones

- Emplear fuentes verificadas para lograr obtener toda la información que se incorporará en el proyecto de simulación, ya sea de manuales de mantenimiento, programas de entrenamiento CBT y demás documentos publicados por la FAA.

- Estructurar las funciones y modos que tiene el sistema de radar meteorológico para lograr una representación precisa basada en la documentación previamente obtenida de los distintos medios técnicos de conocimiento aeronáutico.
- Tomar los lineamientos necesarios para hacer un buen uso de la herramienta de capacitación, referirse a diferentes manuales técnicos para tener un conocimiento completo de los Sistemas de Navegación de una Aeronave, así como del propio Sistema de Radar Meteorológico.

GLOSARIO

A

Aeronave. - Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Antena: Una antena es un dispositivo usado para las transmisiones en frecuencias AM o FM, diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre.

E

Electromagnetismo: Rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría. El electromagnetismo describe la interacción de partículas cargadas con campos eléctricos y magnéticos.

M

Meteorología. - Ciencia interdisciplinaria, de la física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen.

R

Radar. - Es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y el propio terreno.

Radiación. - Emisión de energía o de partículas que producen algunos cuerpos y que se propaga a través del espacio.

Radiofrecuencia. - También denominado espectro de radiofrecuencia, es un término que se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre los 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz).

ABREVIATURAS

CAD: Diseño asistido por computadora.

CB: Disyuntor.

CBT: Entrenamiento Basado en Computador.

CC: Corriente Continua.

DME: Equipo medidor de distancia.

EFIS: Sistema Electrónico de Instrumentos de Vuelo.

FAA: Administración Federal de Aviación.

FSS: Simulador de Vuelo Completo.

FTD: Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo.

HF: Alta frecuencia.

IEEE: Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

MTS: Simulador de Entrenamiento de Mantenimiento.

NM: Millas Náuticas.

PCB: Placa de Circuito Impreso.

RF: Radiofrecuencia.

TCAS: Sistema de Alerta de Tráfico y Evasión de Colisión.

UHF: Ultra Alta Frecuencia.

VHF: Muy Alta Frecuencia.

VOR: Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia.

WXR: Radar Meteorológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airbus. (2016). Uso óptimo del radar meteorológico. *Safety first* #22, 23.
- AIRLINERS.NET. (s.f.). *Hawker Siddeley HS-125-1/2/3/400/600*. Recuperado el 14 de Agosto de 2019, de <https://www.airliners.net/aircraft-data/hawker-siddeley-hs-125-123400600/242>
- AMILARG. (2013). *Hawker 125-400*. Recuperado el 2 de Octubre de 2019, de Amilarg.com.ar: <http://www.amilarg.com.ar/hawker-125-400.html>
- Aragão, P. (1987). *Hawker Siddeley HS-125-400A*. Portugal.
- AUTODESK. (2019). Recuperado el 20 de Enero de 2020, de Impresión 3D: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- Aviationweek. (2019). *NEXRAD and Airborne Weather Radar Color Codes*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <https://aviationweek.com/bca/how-use-nexrad-and-airborne-weather-radar-together>
- Buckwalter, L. (2005). *Avionics Training: Systems, Installation, and Troubleshooting* (Segunda ed.). Leesburg, Virginia: Avionics Communications Inc.
- Crane, D. (1999). *Aviation Maintenance Technician Series - Airframe* (Segunda ed., Vol. II Sistemas). Newcastle: Aviation Supplies & Academics Inc.
- EASA. (1964). TCDS Series Hawker. *EASA.IM.A.085, Quinta ed.*
- EASA. (2019). TCDS Motores Viper. *EASA.E.236*. Westminster, London, Reino Unido.
- EcuRed*. (2014). Recuperado el 08 de Enero de 2019, de Cumulonimbos: <https://www.ecured.cu/Cumulonimbos>

- EVERRETAERO. (s.f.). *ROLLS ROYCE VIPER 522*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Everettaero.com: <https://www.everettaero.com/viper522.html>
- FAA. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe* (Vol. II). Oklahoma: Airman Testing Standards Branch.
- Hassan, J. (2019). The Wheather Radar (WXR). *IFALPA The Global Voice of Pilots*, 20.
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Campos electromagnéticos y salud pública: radares y salud humana*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs226/es/>
- Portillo, G. (2019). Tipos de nubes. *Meteorología en red*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de <https://www.meteorologiaenred.com/tipos-de-nubes.html>
- Raytheon Aircraft Co. (2004). *AMM 125 Series 700A & 700B*. Brisbane: Aircraft Technical Publishers.
- ShenZhen. (s.f.). *Aliexpress*. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://es.aliexpress.com/item/32923959559.html>
- TROTEC. (2019). *Cómo funciona el corte láser*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de <https://www.troteclaser.com/es-ec/tutoriales-ejemplos/faqs/como-cortar-con-laser/>
- Wikipedia. (2019). *Armstrong Siddeley Viper*. Recuperado el 5 de Octubre de 2019, de [en.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Armstrong_Siddeley_Viper](https://es.wikipedia.org/wiki/Armstrong_Siddeley_Viper)
- Wikipedia. (2019). *British Aerospace 125*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de [en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/British_Aerospace_125](https://en.wikipedia.org/wiki/British_Aerospace_125)
- Wikipedia. (2019). *British Aerospace BAe 125*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/British_Aerospace_BAe_125

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor RODRIGUEZ MUÑOZ DENNIS FRANCISCO

En la ciudad de Latacunga a los 30 días de enero del 2020.

Aprobado por:

Tlgo. Pantoja Montenegro, Darwin Esteban

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristobal

DIRECTOR DE CARRERA



Abg. Sarita Plaza

SECRETARIA ACADÉMICA