



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ,
GUATEMALA**

Oscar Adolfo Méndez Muñoz

Asesorado por el Ing. Rudy Napoleón López Taracena

Guatemala, Junio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

OSCAR ADOLFO MÉNDEZ MUÑOZ

ASESORADO POR EL ING. RUDY NAPOLEÓN LÓPEZ TARACENA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puentes Romero
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ,
GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 19 de agosto de 2008.

Oscar Adolfo Méndez Muñoz

Guatemala, 26 de Abril de 2009

Ingeniero
Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Estimado Ingeniero Solares:

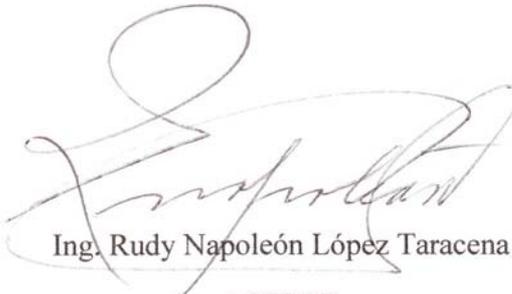
Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado: **DESCRIPCION DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSE GUATEMALA**, elaborado por el estudiante Oscar Adolfo Méndez Muñoz, carné 2001-17322.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Rudy Napoleón López Taracena
ASESOR

Rudy Napoleón López Taracena
Ingeniero Electricista
Colegiado 3,463



FACULTAD DE INGENIERIA
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 5 de mayo de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado:
**“DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ
GUATEMALA”**, desarrollado por el estudiante **Oscar Adolfo Méndez Muñoz**, ya que
considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS




Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 26.2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; Oscar Adolfo Méndez Muñoz titulado: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 12 DE MAYO 2,009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.179.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADAR DEL PUERTO SAN JOSÉ GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Adolfo Méndez Muñoz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2009

/cc
cc. archivo

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Todopoderoso creador de todo, padre maestro y amigo.
- MI PADRE** Mi mejor amigo en esta tierra, columna de fuerza y honor, ejemplo de honestidad y honradez, integridad inquebrantable.
- MI MADRE** Rosario Carmen Muñoz López de Méndez; mi amor indestructible y eterno, besos y abrazos desde el mundo terrenal.

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por ser fuente de vida, fuente de amor, por ser mi creador y salvador, por su piedad y especialmente por darme padres excelentes.
- Mis padres** Oscar Rodolfo Méndez Ronquillo y Rosario Carmen Muñoz López; por sacrificar su vida para darme todo lo que un ser humano necesita para ser íntegro.
- Mis hermanas** Sandra Imelda, Sandra Herlinda y Marconi del Carmen; por ser ejemplo, fuente de fortaleza y apoyo incondicional.
- Toda mi familia** Por su comprensión, por los ánimos y por todos los buenos momentos que me han brindado.
- Mi asesor** Ing. Rudy Napoleón López Taracena, por ser fuente incondicional de conocimiento y por ser un ejemplo de cordialidad, sabiduría y sencillez.
- Gabriela Hernández** Por haber estado a mi lado, por compartir conmigo sus ideales y pensamientos, por hacerme mejorar cada día, y especialmente por toda su paciencia.
- E.T.M.A.** Por haber sido el templo que forjó mi carácter y temperamento.
- U.S.A.C.** Por haber sido exigente y de estándares elevados, y por ser un camino hacia la superación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE UN SISTEMA RADAR GENÉRICO	1
1.1 Principios de funcionamiento	1
1.2 Ecuación del radar	2
1.3 Transmisión de ondas electromagnéticas	3
1.4 Factores que afectan la penetración	4
1.5 Conceptos de electromagnetismo aplicables a la teoría radar	5
1.5.1 Reflexión	5
1.5.2 Polarización	7
1.5.3 Interferencias	7
1.5.3.1 Ruido	7

1.5.3.2	Cluter	8
1.5.3.3	Jamming	9
1.6	Clasificación de los sistemas radar	10
1.6.1	Según el número de antenas	10
1.6.2	Según el blanco	11
1.6.3	Según la forma de onda	11
1.6.4	Según su finalidad	11
1.7	Mediciones hechas por el radar	12
1.7.1	Medición de distancia	12
1.7.2	Medición de velocidad	14
1.7.3	Medición de acimut	14
2.	FUNCIONAMIENTO Y PARTES PRINCIPALES EN LOS SISTEMAS RADAR DE VIGILANCIA SECUNDARIO MONOPULSO	15
2.1	Descripción y propósito del sistema	21
2.2	Diagrama de bloques del sistema	24
2.3	Antena	30
2.4	Diagramas de radiación	31
2.5	Transmisor	37
2.5.1	El modulador-excitador	39

2.5.2	El divisor-combinador	41
2.5.3	Módulos de potencia	42
2.5.4	Control de potencias y regulador de tensiones	43
2.6	Modulo receptor (MRX)	44
2.6.1	Filtros preselectores	45
2.6.2	Receptor	47
2.6.3	Oscilador local	48
2.6.4	Frecuencia intermedia y amplificador logarítmico	50
2.7	Descripción del módulo extractor de datos	56
3.	DESCRIPCION DEL RADAR DEL PUERTO DE SAN JOSÉ	63
3.1	Arquitectura	63
3.2	Configuración del sistema MSSR	66
3.3	Descripción del sistema	68
3.4	Descripción de la transmisión	71
3.5	Descripción de la recepción	72
3.6	Descripción de la extracción de datos	73
3.7	Descripción del monitor y del control	75
3.7.1	Descripción del bite (byte intest equipment) y del sistema de prueba	77

3.8	Descripción del sistema de relojería	79
3.9	Características de los principales componentes	80
3.9.1	Características de la antena	80
3.9.2	Características del transmisor	82
3.9.3	Características del receptor	84
3.9.4	Características del extractor de datos	86
3.10	Interfaz con el receptor transmisor de monopolso	91
3.11	Interfaces externas del sistema MSSR	92
3.12	Interfaz de comunicaciones de radar	93
3.13	Condiciones del entorno	97
3.13.1	Condiciones dentro del edificio	97
3.13.2	Condiciones de equipo desprotegido del radar del Puerto de San José	97
3.14	Estación Vsat	98
3.15	Presupuestos de los consumos de energía (sistema monofásico)	99
3.16	Sistema de puesta a tierra	102
3.16.1	Arquitectura del sistema de puesta a tierra	104
3.17	Torre de antena	105
3.17.1	Altura de la torre	105

3.17.2 Bases (fundiciones) de la torre	105
3.17.3 Método de cálculo	106
3.17.4 Coeficientes de seguridad	106
3.18 Descripción del radomo	106
4. Interconexiones y cableado	109
4.1 Interconexiones y cableado	109
4.2 Características del sistema de energía	110
4.2.1 Generador del motor auxiliar	111
4.2.2 Interruptor de transferencia automático ATS	111
5. Sistema de puesta a tierra	113
5.1 Características generales	113
5.2 Cajas de registro	114
5.3 Conducción del cablesdo entre cajas registradoras	115
5.4 Conexiones en las cajas de registro	116
6. DISCUSION DE RESULTADOS	119
6.1 Servicio de control de tráfico aéreo	119
6.2 Categorías del servicio ATC	122
6.2.1 Servicio de control de área (ACC)	122
6.2.2 Servicio de control de aproximación	124

6.2.3	Servicio de control de Aeródromo	130
6.2.4	Servicio de información de vuelo FIS	131
6.2.5	Servicio de información de vuelo de aeródromo (afis)	131
6.3	Servicio de alerta	132
6.3.1	Fase de incertidumbre (INCERFA)	132
6.3.2	Fase de alerta (ALERFA)	132
6.3.3	Fase de peligro (DETRESFA)	133
6.4	Impacto del nuevo sistema radar para los servicios ATS	133
6.4.1	Impacto en el servicio de control de área	133
6.4.2	Impacto en el servicio de control de aproximación	134
6.4.3	Impacto en el servicio de control de aeródromo	136
6.4.4	Servicio de información de vuelo en ruta e impacto del nuevo sistema radar	138
6.4.5	Servicio de alerta e impacto del nuevo sistema radar	141
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES	145
	BIBLIOGRAFÍA	147
	APÉNDICES	149
	ANEXO 1: Reglas de vuelo	153
	ANEXO 2: Generalidades del aeropuerto internacional La Aurora	161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Curva de transmisión electromagnética por longitud de onda	4
2	Penetración de las señales de radar en vegetación	5
3	Solapamientos y distanciamientos	17
4	Diagrama de bloques del sistema procesador de datos	23
5	Diagrama de bloques del sistema	25
6	Diagrama de bloques del control Radar/MTO. y comunicaciones	30
7	Antena de Arreglo de plano abierto (Open planar array)	31
8	Diagrama de acimut suma	33
9	Diagrama de acimut diferencia	33
10	Diagrama suma/diferencia en acimut	34
11	Diagrama omni/suma en acimut	34
12	Diagrama omni suma en polares	35
13	Diagrama de elevación	36
14	Diagrama de bloques del módulo transmisor MTX	38
15	Modulador	39

16 Polarización del modulador	40
17 Excitador	40
18 Divisor combinador	42
19 Módulo de potencia	43
20 Diagrama de bloques del módulo receptor MRX	46
21 Receptor y oscilador local	49
22 Diagrama a bloques del receptor	52
23 Amplificador logarítmico del receptor	55
24 Panel frontal del extractor	60
25 Diagrama a bloques del extractor	61
26 Arquitectura del sistema radar del Puerto de San José	65
27 Descripción de los módulos del sistema radar del Puerto de San José	71
28 Diagrama de pulsos de respuesta	74
29 Montaje de las señales de sincronismo de los extractores	78
30 Presentación del sistema horario	79
31 Extractor de datos	87
32 Unidades de cabecera radar	91
33 Protocolos de la red de área local	96

34	Arquitectura de la red V-Sat en Guatemala	98
35	Arquitectura de la red V-sat en el Puerto de San José	98
36	Arquitectura de la red V-sat en Retalhuleu	99
37	Arquitectura del sistema de puesta a tierra	104
38	Detalles de las bases de la torre	105
39	Fotografía de radomo	107
40	Caja de registro de tierra	114
41	Zanja de cableado	115
42	Zanja de cables 4/0 AWG	116
43	Tipos de separaciones entre aeronaves	121
44	Área terminal de la Aurora	123
45	Tipos de espacio aéreo	124
46	Procedimiento de salida hacia el sur	126
47	Procedimiento de salida hacia el norte	127
48	Procedimiento de llegada de sur a norte	128
49	Procedimiento de llegada de norte a sur	129
50	CTR de Aurora	130
51	Cobertura radar del Puerto de San José a 10,000 pies de altitud	135
52	Cobertura radar del Puerto de San José a 20,000 pies de altitud	136

53 Cobertura radar del Puerto de San José a 3,000 pies de altitud	139
54 Cobertura radar del Puerto de San José a 4,000 pies de altitud	140
55 Cobertura radar del Puerto de San José a 5,000 pies de altitud	140
56 Emplazamiento del sistema radar del puerto de San José	149
57 Contenedor para los diferentes equipos radar	149
58 Sistema de arrastre de antena	150
59 Antena	150
60 Ventanilla del radomo / cableado de pararrayos	151

TABLAS

I Características operacionales	81
II Consumo máximo de los diferentes elementos esenciales	100
III Consumo máximo de los diferentes elementos no esenciales	101
IV Resumen del sistema de potencia (sistema monofásico)	101
V Datos de disipación de la energía	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A.C.P.:	Acimut Change Pulse (Pulso de cambio de Acimut).
APG:	Apagado.
A.R.P.:	Acimut Pulse Generator (Pulso de referencia de Acimut).
A.T.C.:	Air Traffic Control (Control de Tránsito Aéreo)
A.T.S.	Automatic transfer switch. Interruptor de transferencia automático.
B.S.T.:	Trigger del Radar Secundario.
C.C.:	Centro de Control.
C.R.:	Cabecera Radar.
C.N.R.:	Control NO Radar.
C.R.A.	Conjunto Relé y Alimentación,
CSL-M:	Equipo de Antena Monopulso.
D.D. E.:	Digital Data Extractor (Formato de Transmisión de Datos Radar).
D.M.:	Detector Monopulso.
D.P.:	Trigger de Sincronismo de Disparo de Pantalla PPI.
C.P. S.:	Valor establecido en la Puesta en Servicio.
ENC.:	Encendido.
E.T.C.R.:	Equipo Terminal Comunicaciones Radar.
E.T.R.R.:	Equipo Terminal Radar Remoto.
EXT:	Extractor.
F.A.:	Fuente de Alimentación.

D.I.:	Frecuencia Intermedia.
F. I. F. O.:	First In, First Out (Circuito que secuencía la salida de memorias).
G.T.C.:	Gain Time Constant (Control de Ganancia en el Tiempo).
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global.
INISLS:	Señal de Inhibición ISI-S.
ISLS:	Side Lobe Supresion (Supresión de Lóbulos Laterales en Interrogación).
L.A.N.:	Local Area Network (Red de Area Local).
LED:	Light Emitting Diode (Diodo emisor de Luz).
M.N.:	Milla Náutica.
MTO:	Canal en Mantenimiento.
M.C.T.:	Módulo Conmutador y Test
M.F.A.:	Módulo Fuente de Alimentación.
M. R. X.:	Módulo Receptor.
M.T.X.:	Módulo Transmisor.
OPER:	Canal Operativo.
O.A.C.I.:	Organización de Aviación Civil Internacional.
P.A.L.:	Programmable Array Logic (Circuito de Puertas Lógicas).
P. F.:	Panel Frontal.
PINT:	Puerta de Interrogación
P. P.:	Panel Posterior.
PISLS:	Puerta de ISL-S.
P. P. I.:	Plan Position Indicator (Pantalla de Presentación Radar).
P.P.S.:	Pulso por Segundo.

P. R. F.:	Pulse Repetition Frequency (Frecuencia de Repetición de Pulsos).
P.S.R.:	Primary Surveillance Radar (Radar Primario).
P.T.:	Panel Trasero.
P.V.:	Puerta de Video.
REDAN:	Red de Aeropuertos y Navegación.
RESV:	Canal en Reserva.
R. F.:	Radio Frecuencia.
R.O.E.:	Relación de Ondas Estacionarias.
R. P.T.:	Radar Primary Trigger (Trigger de Radar Primario)
R.R. S.:	Respondedor Radar Secundario.
RSLs:	Supresión de Lóbulos Laterales en Recepción.
R/T:	Receptor / Transmisor.
RTEST:	Respuesta de Test
SAAR:	Sistema de Arrastre.
SELPOT:	Señal de Selección de Potencia.I
S.I. F.:	Selective Identification Feature (Método de Identificación Selectiva).
S. L. G.:	Sistema Local de Gestión.
S. L. S.:	Side Lobe Supresion (supresión de Lóbulos Laterales).
S.N.A.:	Sistema de Navegación Aérea.
S. N. M.:	Sobre el Nivel del Mar.
S. P. I.:	Special Pulse Identification (Pulso Especial de Identificación).
S. R.G.:	Sistema Remoto de Gestión.
S.S.R.:	Secondary Surveillance Radar (Radar Secundario)

TEST:	Canal de pruebas.
U.P.A.:	Unidad de Puentes y Acopladores.
U.C.S.:	Unidad de Control y Supervisión.
U.D.P.	User Datagram Protocol (UDP) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas
U.T.S.:	Unidad de Test y Supervisión
U.V.C.:	Unidad de Vigilancia y Conmutación.
VS:	Video Crudo Suma.
VO:	Video Crudo Omnidireccional.
VD:	Video Crudo Diferencia.
VM:	Video Crudo Monopulso.
V.N.P.:	Video Normal Procesado

GLOSARIO

COTS	Commercial off-the-shelf, productos de software o hardware que ya han sido construidos y están a la venta del público en general.
Redes VSAT	(Very Small Aperture Terminals) son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva.
Norma X.25	Es el estándar para redes de paquetes recomendado por CCITT,
Ethernet	Protocolo que define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.
Antena LVA	Antena de gran apertura
BITE	Byte intest equipment. Equipo de pruebas internas
RS232 o RS422/485	Estándar de conexión serial entre equipos de hardware
Asterix	All Purpose Structured Eurocontrol Radar Information Exchange. Formato de Transmisión de datos.

Bracket	Señal de video obtenida mediante los pulsos de enmarque de la respuesta codificada del SSR.
Defruit	Supresión de respuestas asíncronas debidas a otros interrogadores.
Display	Presentación o indicación visual de cualquier dispositivo (informativo, media, etc.)
Garbling	Solape de respuestas de SSR, correspondientes a la misma interrogación.
Jitter	Inestabilidad de una señal.
Open array	Referido al conjunto de elementos de antena, dispuestos de forma que se obtenga una directividad y ganancia determinada.
Plot	Presentación radar de la posición de una aeronave, obtenida mediante PSR, SSR o ambos.
Rack	Armario o bastidor donde están alojados los equipos.
Trigger	Pulso de disparo.

RESUMEN

El Sistema Radar Secundario Monopulso tiene como fin la transmisión-recepción de interrogaciones-respuestas SIF empleando la técnica monopulso. El vídeo obtenido es procesado para extraer de él la información sintética correspondiente a cada blanco (distancia, acimut, posición angular, códigos de identificación especial, etc.). Esta información es formateada para poder ser usada por el sistema de proceso de datos en los formatos DDE y ASTERIX.

Tiene un alcance máximo de 250 MN y presenta una alta precisión en la determinación del acimut del blanco, en base a la corrección de puntería que efectúa la función monopulso.

Su arquitectura está realizada en unidades modulares, junto con un sistema integrado de prueba y supervisión, que presenta indicaciones de fallo a nivel de módulo y tarjeta, con el fin de facilitar la detección y el aislamiento de averías.

La configuración del sistema es de canal doble, de tal forma que un canal se encuentra operativo mientras que el otro está en reserva activa, produciéndose la conmutación automática, caso de presentar anomalía el canal operativo.

El sistema está formado por los siguientes bloques funcionales, dichos bloques se explicarán más adelante.

- 1 Antena, (Open Array) CSL-M
- 1 Sistema de Arrastre, (Pedestal) SAAR-20VV.
- 1 Interrogador Radar Monopulso:.
- 1 Sistema Local de Gestión-SLG
- 1 Sistema de Comunicaciones Radar-SCR, Local y Remoto.
- 1 Sistema Remoto de Gestión-SRG
- 1 Sistema de Presentación Gráfico-SGR-100
- 1 Respondedor Radar Secundario-RRS.

OBJETIVOS

General:

Describir de una forma clara y simple el sistema de radar secundario recientemente instalado en el municipio del Puerto de San José, Escuintla.

Específicos:

1. Cubrir los conceptos básicos del radar, los cuales contendrán teoría, ecuaciones y análisis de un sistema radar genérico.
2. Hacer una descripción a groso modo del sistema radar del municipio del Puerto de San José, Escuintla, desde el punto de vista de un diagrama a bloques.
3. Realizar la descripción de cada bloque mencionado, su funcionamiento, sus funciones dentro del sistema, sus partes principales y datos importantes de instalación
4. Poner a disposición una referencia técnica de un equipo radar, con descripciones de funcionamiento y características técnicas de equipos reales utilizados en el sistema que se pretende describir.
5. Discutir sobre las ventajas del nuevo sistema instalado en el Puerto San José, haciendo referencia a los servicios de tránsito aéreo y ATM.

INTRODUCCIÓN

Recientemente en Guatemala se llevó a cabo la instalación de un sistema radar que fue localizado en el municipio del Puerto de San José, del departamento de Escuintla; este sistema tiene como objetivo mejorar la cobertura del sistema radar de Guatemala en toda la costa sur del país.

El sistema radar de la república de Guatemala consta actualmente de tres sistemas radar, estos sistemas son:

SISTEMA RADAR DE PALENCIA sistema de radar secundario monopolso / sistema de radar primario monopolso

SISTEMA RADAR DE TIKAL sistema radar secundario monopolso

SISTEMA RADAR DEL PUERTO DE SAN JOSÉ sistema radar secundario monopolso.

Como podrá notarse el único sistema radar que posee detección primaria (*ver: "radar primario" en glosario*) es el que está localizado en el cerro de Palencia, aproximadamente 15 millas náuticas al noreste, tomando como centro el VOR localizado en el aeropuerto internacional La Aurora. Esto significa que es el único en Guatemala capaz de detectar objetivos sin transpondedor, como lo son: celdas de mal tiempo y tráfico ilícito. Esta situación se discutirá más adelante en el título, BENEFICIOS DEL NUEVO SISTEMA.

La cobertura del radar de Palencia está limitada al sur del país por el terreno montañoso, es esto lo que acentúa la importancia del nuevo sistema, el cual está destinado a brindar cobertura radar para los servicios de tráfico aéreo.

Lo que se llevará a cabo es una explicación a groso modo del funcionamiento de dicho sistema, y un informe de la arquitectura del mismo, enfocado en las partes físicas del sistema pero sin dejar de lado datos importantes de software, se incluirán fotografías del emplazamiento de la antena y de los equipos necesarios para el funcionamiento y se brindarán explicaciones de la función de los equipos. Finalmente, se entregará un trabajo de graduación que permita al lector comprender los principios básicos del funcionamiento de un sistema radar, información de equipos que se utilizan para dichos propósitos, y un valioso informe del sistema radar del Puerto de San José.

1. GENERALIDADES DE UN SISTEMA RADAR GENÉRICO

El término Radar deriva del acrónimo inglés *Radio Detection and Ranging* (detección y medición de distancias por radio). 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. Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información. El uso de ondas electromagnéticas permite detectar objetos más allá del rango de otro tipo de emisiones (luz visible, sonido, etc.)

El radar, además, puede alcanzar objetivos muy distantes. Nacido entre las dos guerras para evidentes fines de reconocimiento militar, el radar ha encontrado una amplia aplicación en la astronomía moderna.

Entre sus ámbitos de aplicación se incluyen la meteorología, el control del tráfico aéreo y terrestre y gran variedad de usos militares.

1.1 Principios de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un radar es similar al de un reflector óptico que ilumina un objeto distante para permitir fotografiarlo; la diferencia estriba en que el haz de ondas emitidas por el radar está compuesto por radiaciones electromagnéticas invisibles, que tienen la capacidad de atravesar nubes y proporcionarnos la información con cualquier condición meteorológica.

Consiste en una antena direccional que emite un haz de ondas electromagnéticas enviadas contra un determinado objeto. Este último lo refleja hacia atrás; las ondas de

retorno son captadas por un receptor apropiado y entonces analizadas con el fin de obtener de ellas la información deseada.

1.2 Ecuación del radar

La potencia P_r reflejada a la antena de recepción está dada por la ecuación radar:

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

Donde:

P_t = potencia transmitida

G_t = ganancia de la antena de transmisión

A_r = apertura efectiva (área) de la antena de recepción

σ = sección transversal del radar, o coeficiente de decaimiento del objetivo

F = factor de propagación del patrón

R_t = distancia del transmisor al objetivo

R_r = distancia del objetivo al receptor.

En el caso común donde el transmisor y el receptor están en el mismo lugar, $R_t = R_r$ y el término $R_t^2 R_r^2$ puede ser reemplazado por R^4 , donde R es la distancia. Esto resulta en:

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma}{(4\pi)^2 R^4}$$

Esto dice que la potencia en el receptor se reduce proporcionalmente a la cuarta potencia de la distancia, lo que significa que la potencia reflejada desde el objetivo distante es muy pequeña.

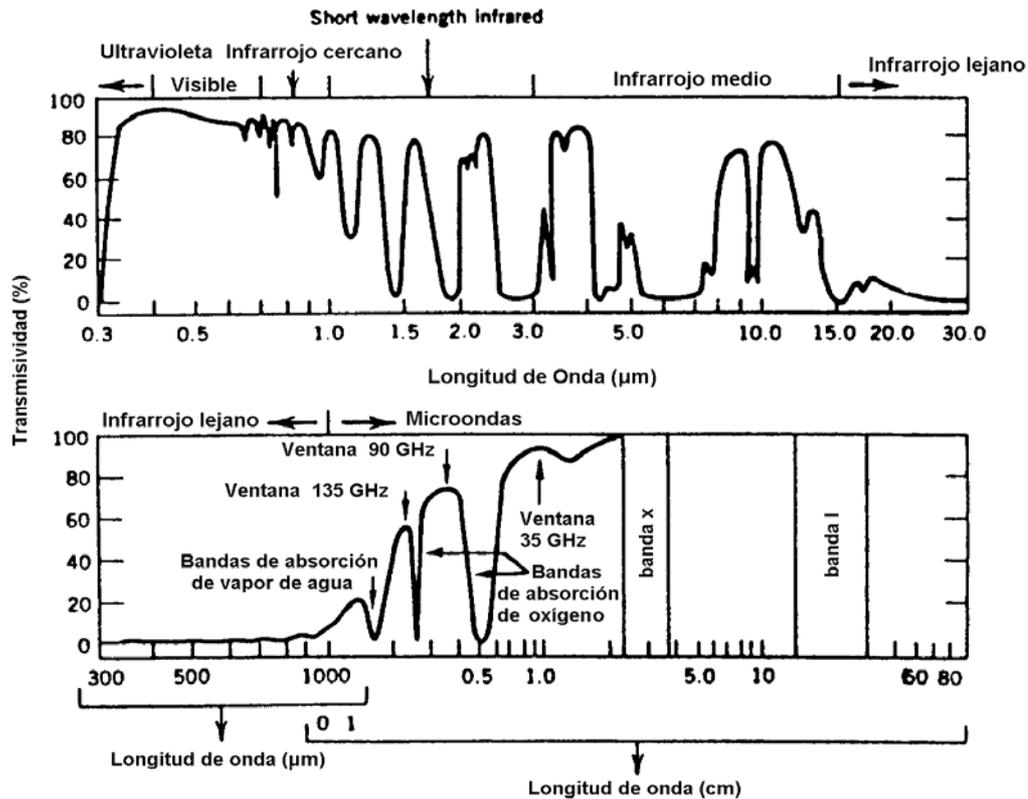
La ecuación anterior con $F = 1$ es una simplificación para el vacío sin interferencia. El factor de propagación engloba los efectos de la propagación multicamino y del *shadowing*, y depende del entorno en el que se estén propagando las ondas. En una situación real los efectos de atenuación en el recorrido deben ser considerados.

1.3 Transmisión de ondas electromagnéticas

La transmisión de las ondas electromagnéticas por un medio es directamente proporcional a la longitud de onda, de esta forma cuanto menor es la frecuencia del radar mayor será su penetración. Esta facilidad permite la obtención de imágenes donde los sistemas que operan en la región del visible y del infrarrojo se muestran ineficientes, principalmente en situaciones de extensa cobertura de nubes.

La figura 1 presenta la curva del porcentual de transmisión de las ondas por longitud de onda, que abarca la región del visible, infrarrojo y microondas.

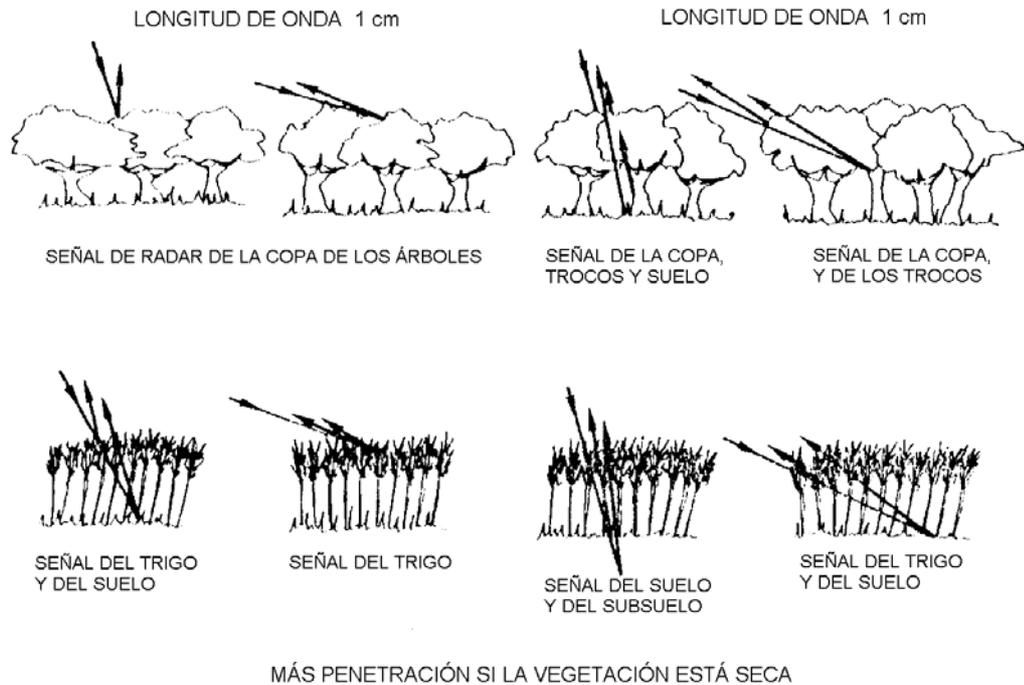
Figura 1. Curva de transmisión electromagnética por longitud de onda



1.4 factores que afectan la penetración

La extensión de la penetración depende de la humedad, de la densidad de la vegetación, bien como de la longitud de onda. De esta manera, longitudes de onda menores interactúan con los estratos superficiales de la vegetación y las longitudes de onda más largas con los estratos inferiores de la vegetación, pudiendo en algunos casos hasta interactuar con el suelo o inclusive con el subsuelo.

Figura 2. Penetración de las señales de radar en vegetación



Los sistemas de radar pueden ser agrupados en imageadores (o generadores de imágenes) y los no imageadores. Los imageadores comprenden los sistemas de antena rotatoria, los radares de vista lateral de abertura real (SLAR) y los radares de vista lateral de abertura sintética (SAR). Entre los no imageadores se destacan los escaterómetros, los espectrómetros y los altímetros.

1.5 Conceptos de electromagnetismo aplicables a la teoría radar

1.5.1 Reflexión

Las ondas electromagnéticas se dispersan cuando hay cambios significativos en las constantes dieléctricas o diamagnéticas. Esto significa que un objeto sólido en el aire

o en el vacío (es decir, un cambio en la densidad atómica entre el objeto y su entorno) producirá dispersión de las ondas de radio, como las del radar. Esto ocurre particularmente en el caso de los materiales conductores como el metal y la fibra de carbono, lo que hace que el radar sea especialmente indicado para la detección de aeronaves. En ocasiones los aviones militares utilizan materiales con sustancias resistivas y magnéticas que absorben las ondas del radar, reduciendo así el nivel de reflexión. Estableciendo una analogía entre las ondas del radar y el espectro visible, estos materiales equivaldrían a pintar algo con un color oscuro.

La reflexión de las ondas del radar varía en función de su longitud de onda y de la forma del blanco. Si la longitud de onda es mucho menor que el tamaño del blanco, la onda rebotará del mismo modo que la luz contra un espejo. Si por el contrario es mucho más grande que el tamaño del blanco, lo que ocurre es que este se polariza como en un dipolo. Cuando las dos escalas son similares pueden darse efectos de resonancia. Los primeros radares utilizaban longitudes de onda muy elevadas, mayores que los objetivos; las señales que recibían eran tenues. Los radares actuales emplean longitudes de onda más pequeñas (de pocos centímetros o inferiores) que permiten detectar objetos del tamaño de una barra de pan.

Las señales de radio de onda corta (3 kHz-30MHz) se reflejan en las curvas y aristas, del mismo modo que la luz produce destellos en un trozo de cristal curvo. Para estas longitudes de onda los objetos que más reflejan son aquellos con ángulos de 90° entre las superficies reflectivas. Una estructura que conste de tres superficies que se juntan en una esquina (como la de una caja) siempre reflejará hacia el emisor aquellas ondas que entren por su abertura.

1.5.2 Polarización

El campo eléctrico de la señal que emite un radar es perpendicular a la dirección de propagación. La dirección de dicho campo determina la polarización de la onda. Los radares usan polarizaciones horizontales, verticales, lineales o circulares, en función de la aplicación. Por ejemplo, la polarización circular es adecuada para minimizar la interferencia causada por la lluvia (pero debe evitarse para radares meteorológicos que lo que buscan es cuantificar las precipitaciones pluviales o densidad de las nubes).

La lineal permite detectar superficies de metal. La polarización aleatoria es adecuada para detectar superficies irregulares como rocas y se usa en radares de navegación.

1.5.3 Interferencias

Los sistemas radar deben hacer frente a la presencia de diferentes tipos de señales indeseadas y conseguir centrarse en el blanco que realmente interesa.

Dichas señales espurias pueden tener su origen en fuentes tanto internas como externas y pueden ser de naturaleza pasiva o activa. La capacidad del sistema radar de sobreponerse a la presencia de estas señales define su relación señal/ruido (SNR). Cuanto mayor sea la SNR del sistema, tanto mejor podrá aislar los objetivos reales de las señales de ruido del entorno.

1.5.3.1 Ruido

El ruido es una fuente interna de variaciones aleatorias de la señal, generado en mayor o menor medida por todos los componentes electrónicos. Típicamente se manifiesta en variaciones aleatorias superpuestas a la señal de eco recibida en el radar.

Cuanta menor sea la potencia con que llega la señal de interés, más difícil será diferenciarla del fondo de ruido. Por tanto, la más importante fuente de ruido aparece en el receptor, por lo que debe dedicarse un gran esfuerzo a tratar de minimizar estos factores. La figura de ruido es una medida del ruido producido por el receptor en comparación con un receptor ideal y debe ser minimizada.

El ruido también puede estar causado por fuentes externas al sistema, siendo sobre todo de gran impacto la radiación térmica natural del entorno que rodea al blanco que se desea detectar. En sistemas radar modernos, debido al gran rendimiento de sus receptores, el ruido interno es típicamente igual o menor que el externo. Una excepción es el caso en el que el radar está dirigido al cielo abierto; en este caso apenas se produce ruido térmico.

1.5.3.2 Clutter

El término *clutter* hace referencia a todos aquellos ecos (señales de RF) recibidos por el radar que son, por definición, no deseados. Pueden estar causados por objetos del entorno, el mar, precipitaciones (lluvia, nieve o granizo), tormentas de arena, animales (especialmente pájaros), turbulencias atmosféricas y otros efectos atmosféricos como reflexiones ionosféricas y estelas de meteoritos. También puede haber clutter debido a objetos fabricados por el hombre, sin intención de engañar al radar (edificios) o con ella.

Se puede dar la circunstancia de que una determinada fuente de clutter sea indeseable para una aplicación radar (ej.: nubarrones en un radar de defensa aérea) pero positiva para otra (meteorológica). El clutter es considerado una fuente pasiva de interferencias, ya que sólo aparece como respuesta a los pulsos enviados por el radar.

También hay clutter originado por la multitrayectoria de la señal de eco de un objetivo válido. Los factores que pueden causar estos caminos múltiples son la reflexión

terrestre y las refracciones atmosférica e ionosférica. Este clutter es especialmente molesto, ya que parece moverse y se comporta como si fuera un blanco de interés real, de modo que el radar detecta un objetivo "fantasma" que en realidad no existe. En un escenario típico, un blanco fantasma causado por reflexión terrestre sería interpretado por el radar como un objetivo idéntico al real situado justo por debajo de este. El radar puede intentar unificar los objetivos considerando que el blanco fantasma está a una altura incorrecta o directamente eliminarlo por considerar que su ubicación es físicamente imposible.

Una buena opción para minimizar el impacto de este efecto es incorporar al radar un mapa topográfico de los alrededores que ayude a eliminar aquellos ecos que se detecten a alturas imposibles (por debajo del nivel del suelo o por encima de una determinada altura). En radares de control de tráfico aéreo actuales se emplean algoritmos para identificar blancos falsos comparando los ecos recibidos con otros adyacentes y calculando la probabilidad de que sea real en base a datos de altura, distancia y tiempo.

1.5.3.3 Jamming

Se conoce como jamming a aquellas señales externas al sistema radar emitidas en las frecuencias de funcionamiento del mismo y que por tanto enmascaran los objetivos de interés. Puede ser intencionado para funcionar como contramedida electrónica o fortuito (por ejemplo, fuerzas amigas cuyos sistemas de comunicaciones usan la misma banda). El jamming está considerado como una fuente activa de interferencias, ya que está originado fuera del sistema radar y en general se trata de señales sin relación alguna con este.

El jamming es muy problemático para los radares, pues suele tratarse de señales de mayor potencia que los ecos de interés (hay que tener en cuenta que la señal de

interés recorre un camino de ida y vuelta radar-objetivo-radar, mientras que la señal interferente realiza solo un camino de ida). Las fuentes de jamming intencionado pueden por tanto ser efectivas emitiendo con mucha menos potencia que los radares que quieren confundir. La interferencia puede llegar al radar a través de la línea de visión directa ("*Mainlobe Jamming*" o "jamming de lóbulo principal") o por otros caminos ("*Sidelobe Jamming*" o "jamming de lóbulos secundarios o laterales").

La única manera de reducir el jamming de lóbulo principal es disminuir el ángulo sólido de dicho lóbulo (estrechar el "pincel"). Un jamming de lóbulo principal a la misma frecuencia y con la misma polarización que el radar no se puede eliminar completamente. El efecto del jamming de lóbulo lateral se puede atenuar reduciendo los lóbulos laterales del diagrama de radiación de la antena durante la fase de diseño de la misma. Una manera de conseguir esto es emplear arreglos de tipo *thinned* o *sparse*. El uso de antenas omnidireccionales puede ayudar a identificar e ignorar señales que entran por los lóbulos secundarios. Otras técnicas anti-jamming son el salto de frecuencia o el uso de una determinada polarización, ya que si la polarización del jamming es diferente a la de la antena su efecto se ve muy reducido.

1.6 Clasificación de los sistemas radar

Se puede hacer una clasificación general de los radares en función de una serie de aspectos básicos:

1.6.1 Según el número de antenas

- Mono estático: una sola antena transmite y recibe.
- Biestático: una antena transmite y otra recibe, en un mismo o diferentes emplazamientos.
- Multiestático: combina la información recibida por varias antenas.

1.6.2 Según el blanco

- Radar primario: funciona con independencia del blanco, dependiendo solamente del rebote de la señal en el mismo.
- Radar secundario. el radar interroga al blanco, que responde, normalmente con una serie de datos (altura del avión, etc.).

1.6.3 Según la forma de onda

- Radar de onda continua (CW): transmite ininterrumpidamente. El radar de la policía suele ser de onda continua y detecta velocidades gracias al efecto Doppler.
- Radar de onda continua con modulación (CW-FM, CW-PM): se le añade a la señal modulación de fase o frecuencia con objeto de determinar cuándo se transmitió la señal correspondiente a un eco (permite estimar distancias).
- Radar de onda pulsada: es el funcionamiento habitual. Se transmite periódicamente un pulso, que puede estar modulado o no. Si aparecen ecos de pulsos anteriores al último transmitido, se interpretarán como pertenecientes a este último, de modo que aparecerán trazas de blancos inexistentes.

1.6.4 Según su finalidad

- Radar de seguimiento: es capaz de seguir el movimiento de un blanco. Por ejemplo el radar de guía de misiles.
- Radar de búsqueda: explora todo el espacio, o un sector de él, mostrando todos los blancos que aparecen. Existen radares con capacidad de funcionar en ambos modos.

1.7 Mediciones hechas por el Sistema Radar

1.7.1 Medición de distancia

Una forma de medir la distancia entre el radar y un objeto es transmitir un pequeño pulso electromagnético y medir el tiempo que tarda el eco en volver. La distancia será la mitad del tiempo de tránsito multiplicado por la velocidad del pulso (300.000 km/s):

$$r = \frac{c \cdot t}{2}$$

r = distancia estimada

c = velocidad de la luz

t = tiempo de tránsito

Una estimación precisa de la distancia exige una electrónica de elevado rendimiento. La mayor parte los radares usan la misma antena para enviar y recibir, separando la circuitería de transmisión y recepción mediante un circulador o duplexor. Por ello, mientras se está transmitiendo el pulso no se puede recibir ningún eco. Esto determina la llamada "distancia ciega" del radar, por debajo de la cual éste es inútil. Esta distancia viene dada por:

$$r_{BLIND} = \frac{c \cdot \tau}{2}$$

r_{BLIND} = distancia ciega

c = velocidad de la luz

τ = tiempo que se tarda en transmitir un pulso

Si se quiere detectar objetos más cercanos hay que transmitir pulsos más cortos. Del mismo modo, hay un rango de detección máximo (llamado "distancia máxima sin ambigüedad"): si el eco llega cuando se está mandando el siguiente pulso, el receptor no podrá distinguirlo. Para maximizar el rango hay que aumentar el tiempo entre pulsos (T):

$$r_{UNAMB} = \frac{c \cdot T}{2}$$

r_{UNAMB} = Distancia máxima sin ambigüedad

c = Velocidad de la luz

T = Tiempo entre dos pulsos

Hay un compromiso entre estos dos factores, siendo difícil combinar detección a corta y a larga distancia: para detectar a corta distancia hay que hacer los pulsos más cortos, lo que implica menor potencia, lo que implica ecos más débiles y por tanto menor alcance. Se puede aumentar la probabilidad de detección mandando pulsos con mayor frecuencia, pero nuevamente, esto acorta la distancia máxima sin ambigüedad. La combinación de T y τ que se elija se llama "patrón de pulsos" del radar. En la actualidad los radares pueden muchas veces cambiar su patrón de pulsos de forma electrónica, ajustando dinámicamente su rango de funcionamiento. Los más modernos funcionan disparando en el mismo ciclo dos pulsos diferentes, uno para detección a larga distancia y otro para distancias cortas.

Otra forma de estimar distancias en un radar se basa en la modulación en frecuencia. La comparación de la frecuencia de señales es por norma más precisa y sencilla que la comparación de tiempos. Por eso, lo que se hace es emitir una señal (una senoide o un diente de sierra) a una frecuencia que va variando de forma constante en el tiempo, de modo que cuando llega el eco, su frecuencia será diferente de la de la señal

original; comparándolas se puede saber cuánto tiempo ha transcurrido y por tanto cuánta distancia hay hasta el blanco. A mayor desvío en frecuencia mayor distancia.

1.7.2 Medición de velocidad

La velocidad es el cambio de distancia de un objeto respecto al tiempo. Por tanto, para que un sistema radar pueda medir velocidades no hace falta más que añadirle memoria para guardar constancia de dónde estuvo el objetivo por última vez. En los primeros radares, el operador hacía marcas con un lápiz de cera en la pantalla del radar, y medía la velocidad con una regla de cálculo. Hoy día, este proceso se hace de forma más rápida y precisa usando ordenadores.

Sin embargo, si la salida del transmisor es coherente (sincronizada en fase), hay otro efecto que puede usarse para medir velocidades de forma casi instantánea sin necesidad de dotar al sistema de memoria: el efecto Doppler.

Estos radares aprovechan que la señal de retorno de un blanco en movimiento está desplazada en frecuencia. Con ello, son capaces de medir la velocidad relativa del objeto con respecto al radar. Las componentes de la velocidad perpendiculares a la línea de visión del radar no pueden ser estimadas sólo con el efecto Doppler y para calcularlas sí haría falta memoria, haciendo un seguimiento de la evolución de la posición en azimut del objetivo.

1.7.3 Medición de acimut

La medición de acimut se realiza manteniendo en una memoria la posición del giro de la antena con respecto al norte magnético, y comparando esta posición, con el momento en el que se reciben los ecos.

2. FUNCIONAMIENTO Y PARTES PRINCIPALES EN LOS SISTEMAS RADAR DE VIGILANCIA SECUNDARIO MONOPULSO

En la actualidad, el Control de Tráfico Aéreo, (ATC) está basado en gran parte en la información obtenida por las redes de Radares Secundarios (SSR) que cubren el espacio aéreo.

Las razones que justifican este hecho son que además de la distancia y posición del blanco, el SSR tiene capacidad para obtener información adicional (identificación, altitud, pulso especial identificación SPI, emergencias).

También al ser distintas las frecuencias de interrogación (1030 MHz) y de respuesta (1090 MHz), se obtienen señales claras y fácilmente discernibles del clutter, además de que, para una determinada potencia, el alcance efectivo es mucho mayor.

Sin embargo, el Radar Secundario SSR convencional cuyo proceso de extracción se realiza sobre el concepto de Ventana deslizante (SLIDING WINDOW), en el cual se busca un número de respuestas con códigos coincidentes en una serie consecutiva de interrogaciones, correlacionadas según la distancia, tiene un conjunto de problemas intrínsecos derivados de la filosofía del Sistema que se agudizan con el incremento del tráfico aéreo.

Estos problemas se pueden resumir en los siguientes apartados:

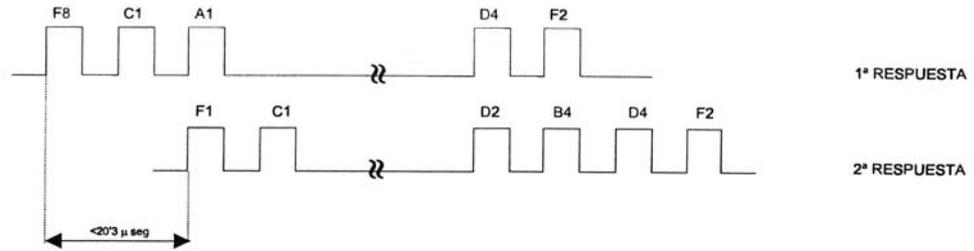
- 1) Solapamiento de respuestas de aviones próximos (tanto en distancia como en acimut) que pueden enmascarar los códigos de las aeronaves o incluso generar otros. Esto es debido a que las respuestas tienen una duración tal que dos aviones

separados menos de 3 Km. aproximadamente, responderán casi simultáneamente, llegando sus respuestas casi a la vez al radar, siendo muy difícil su separación por métodos convencionales.

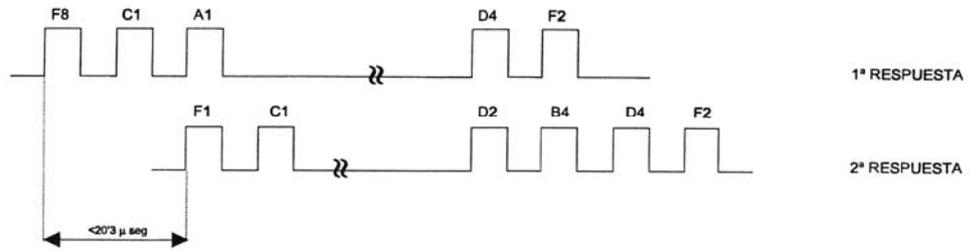
Existen varios tipos de solapes (Figura 3):

- Respuestas Solapadas Síncronas (GARBLE)
 - Respuestas Solapadas Asíncronas
 - Respuestas Distanciadas Síncronas
 - Respuestas Distanciadas Asíncronas
- 2) Anillos de blancos falsos debidos a imperfecciones o tolerancias en el bloqueo de los respondedores a lóbulos laterales. Este efecto queda eliminado con la incorporación recientemente, de la función RSLs, (supresión de lóbulos laterales en recepción), mediante la comparación de niveles de señal de dos diagramas de recepción.
- 3) Interferencias mutuas de radares próximos, que originan respuestas asíncronas entre los diversos sistemas, efecto conocido como FRUIT. Esto actualmente es subsanado mediante un dispositivo que exige a las respuestas una cierta coherencia en cuanto a distancia, conocido como Defruiter o Eliminador de Interferencias.

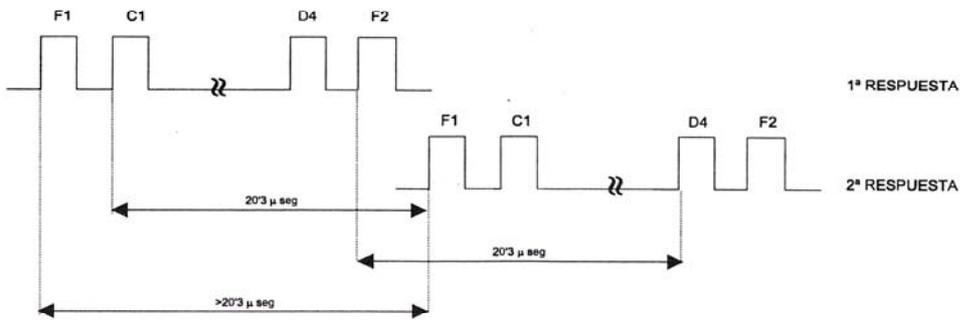
Figura 3. Solapamientos y distanciamientos



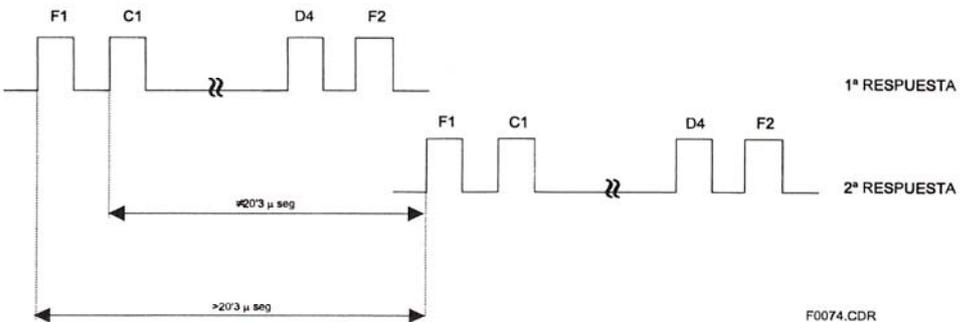
SOLAPE SINCRONO O GARBLEADO



SOLAPE ASINCRONO



DISTANCIAMIENTO SINCRONO



DISTANCIAMIENTO ASINCRONO

F0074.CDR

- 4) Sobrecarga de los respondedores debida a la excesiva cantidad de interrogaciones recibidas, originadas por trabajar muchos interrogadores colindantes con un elevado PRF (frecuencia de repetición de pulsos) debido a la necesidad del radar convencional para asegurar un buen número de respuestas por exploración (entre 15 y 30), imprescindibles para la declaración de blanco con su código, distancia y acimut correctos.

La consecuencia de esto se traduce en una pérdida de respuestas para cada radar, ya que los transpondedores quedan bloqueados durante los 35 μ s siguientes a la recepción de una interrogación por lóbulo lateral, y durante los 125 μ s siguientes a la emisión de una respuesta.

- 5) Al trabajar con PRF elevados, también puede ocurrir el efecto SPLIT, o partición de blancos en acimut, originado por la división de un alto número de respuestas en dos subconjuntos.
- 6) Aparición de blancos falsos sobre las pantallas PPI, debido a reflexiones, tanto de las interrogaciones como de las respuestas, sobre superficies reflectoras generalmente cercanas al emplazamiento, que pueden inducir a errores en el control del tráfico aéreo.
- 7) Errores de precisión de acimut (los cuales aumentan con la distancia) ya que para extraer la posición acimutal del blanco es necesario hallar el centro de una serie de respuestas consecutivas.

Existen problemas asociados a este método como son la indeterminación del comienzo y final de la serie de respuestas, ocasionada por la ausencia de respuestas debido a situaciones de sobre interrogación (ya mencionadas en el apartado d). Esta imprecisión da lugar a errores en las trazas de los blancos que sobre la pantalla PPI, no

siguen líneas continuas (sino quebradas) y por tanto a que se deba mantener una mayor distancia de seguridad entre los aviones de una misma ruta, desaprovechando el espacio aéreo.

De esto se deduce, que hace falta disponer de un historial completo de todas las respuestas y la importancia de que las primeras y las últimas no aparezcan como lo que son "inestables".

Una solución que permite resolver en gran parte estos problemas sin modificar los transpondedores de las aeronaves, consiste en introducir a los Radares Secundarios en la técnica MONOPULSO (detección de acimut mediante un único pulso) ya que se dispondrá de mayor número de datos para el análisis de las respuestas recibidas.

La técnica MONOPULSO está basada en una recepción por dos canales diferentes, dando el receptor como resultado una información del ángulo respecto al eje de apuntamiento en cada respuesta recibida. Por lo tanto, la antena y el receptor del radar monopulso, contarán con tres canales en recepción: el canal suma y el omnidireccional, como el radar SSR convencional, y el canal diferencia necesario para realizar la función monopulso.

Mediante estos tres canales, el receptor entregará al procesador monopulso las señales de vídeo que permitirán un análisis exhaustivo de la respuesta pudiendo determinar el acimut del blanco con una sola respuesta.

Estas características permitirán reducir el número de respuestas necesarias para la determinación de un blanco disminuyendo por tanto el valor de PRF requerido. La disminución del valor de PRF conllevará un alivio de la carga de los transpondedores y una disminución en la recepción de respuestas asíncronas en los radares colindantes.

La señal error de puntería, y una mayor exactitud del dato de posición de la antena, determinará con más precisión el acimut del blanco y por tanto, la traza resultante en la pantalla no presentará desvíos apreciables del acimut.

El procesador monopolso realizará un mejor análisis en la correlación de las respuestas para sucesivas interrogaciones, y así formar un blanco, ya que además de las necesarias correlaciones en distancia y código, también realizará una correlación en acimut.

Caso de trabajar con dos Canales monopolso en un mismo asentamiento, con uno de ellos operativo y el otro en reserva activa, existirá la Unidad de Control y supervisión, cuya misión es la de poner en funcionamiento el canal de reserva cuando sea requerido o cuando sea detectado un fallo en la unidad operativa pasando ésta al estado de reserva.

Existe una Unidad de Control Remoto que presentará en todo momento el estado de funcionamiento del Canal Monopulso. Permitirá el cambio de programación de los diferentes parámetros del radar cuando se seleccione el modo de Control Remoto, mientras que solamente actuará en modo de presentación de estado de funcionamiento cuando se seleccione el modo de Control Local.

La comunicación en el Procesador Monopulso, se realizará mediante dos líneas LAN.

En un futuro no muy lejano, los Radares Secundarios se incorporarán a la técnica MODO-S, consistente en nuevos sistemas de interrogación selectiva (hasta 16 millones de combinaciones), para evitar la interrogación continua y tratar de lograr respuestas sólo de las aeronaves que disponen de una identidad propia. En el Reino Unido se trabajó en el sistema ADSEL (Adress Selective) y en Estados Unidos

el sistema DABS (Discrete Address Beacon System), los cuales se fundamentan en la capacidad de diálogo semiautomático a través de una línea de datos bidireccional tierra-aire-tierra, que permitirán enviar desde tierra a la aeronave mensajes como MSWA (alerta mínima altitud) confirmación de despegar o aterrizar, información meteorológica, entre otros y así mismo, será posible recibir desde la aeronave una gran cantidad de información.

Estos sistemas aunque mantienen las frecuencias del Radar Secundario, para su implementación sería necesario modificar los transpondedores de las aeronaves.

2.1. Descripción y propósito del sistema

El Sistema Radar Secundario Monopulso tiene como fin la transmisión-recepción de interrogaciones-respuestas SIF empleando la técnica monopulso. El video obtenido es procesado para extraer de él la información sintética correspondiente a cada blanco (distancia, acimut, posición angular, códigos de identificación especial, etc.). Esta información es formateada para poder ser usada por el sistema de proceso de datos en los formatos DDE y ASTERIX. Figura 4

La configuración del sistema es de canal doble, de tal forma que un canal se encuentra operativo mientras que el otro está en reserva activa, produciéndose la conmutación automática, caso de presentar anomalía el canal operativo.

El sistema está formado por los siguientes bloques funcionales:

- 1 Antena ,(Open Array) CSL-M
Sistema de Arrastre, (Pedestal)
SAAR-20W. Interrogador Radar
Monopulso:

- 2 Módulos fuentes de Alimentación-MFA.
- 2 Módulos Transmisores-MTX
- 2 Módulos Conmutador y Test-MCT
- 2 Módulos Receptores-MRX.
- 2 Módulos Extractores-EXT.
- 1 Unidad de Test y Supervisión-UTS.
- 1 Unidad de Puentes y Acopladores-UPA.
- 1 Unidad de Control y Supervisión-UCS.
- 1 Conjunto Relé y Alimentación-CRA.
- 1 Conjunto Mecánico y Cableado del Rack.
- 1 Sistema de Relojeria Central Horaria-SRCH.
- 1 Sistema Local de Gestión-SLG
- 1 Sistema de Comunicaciones Radar-SCR, Local y Remoto.
- 1 Sistema Remoto de Gestión-SRG
- 1 Sistema de Presentación
Gráfico-SGR-100
Respondedor Radar
Secundario-RRS.

2.2. Diagrama de bloques del sistema

Los pulsos de interrogación P1, P2, P3, del Extractor operativo, modulados en radiofrecuencia a 1030 MHz, en el Transmisor del canal seleccionado, son enviados al módulo de Conmutación y Test correspondiente, en donde son separados P1 y P3 al canal Σ y P2 al canal Ω y mediante el relé de R.F. llegan a la antena para su transmisión. Figura 5.

Un sistema de arrastre dotado de junta rotatoria, permite el giro de la antena y el paso de la energía de RF de la parte fija a la giratoria. También proporciona las señales de sincronismo ACP y ARP.

La antena CSL-M, consiste en un array de dipolos distribuidos mediante una serie de columnas radomizadas, proporcionando los canales Suma y Omnidireccional en transmisión-recepción y el canal diferencia solamente en recepción.

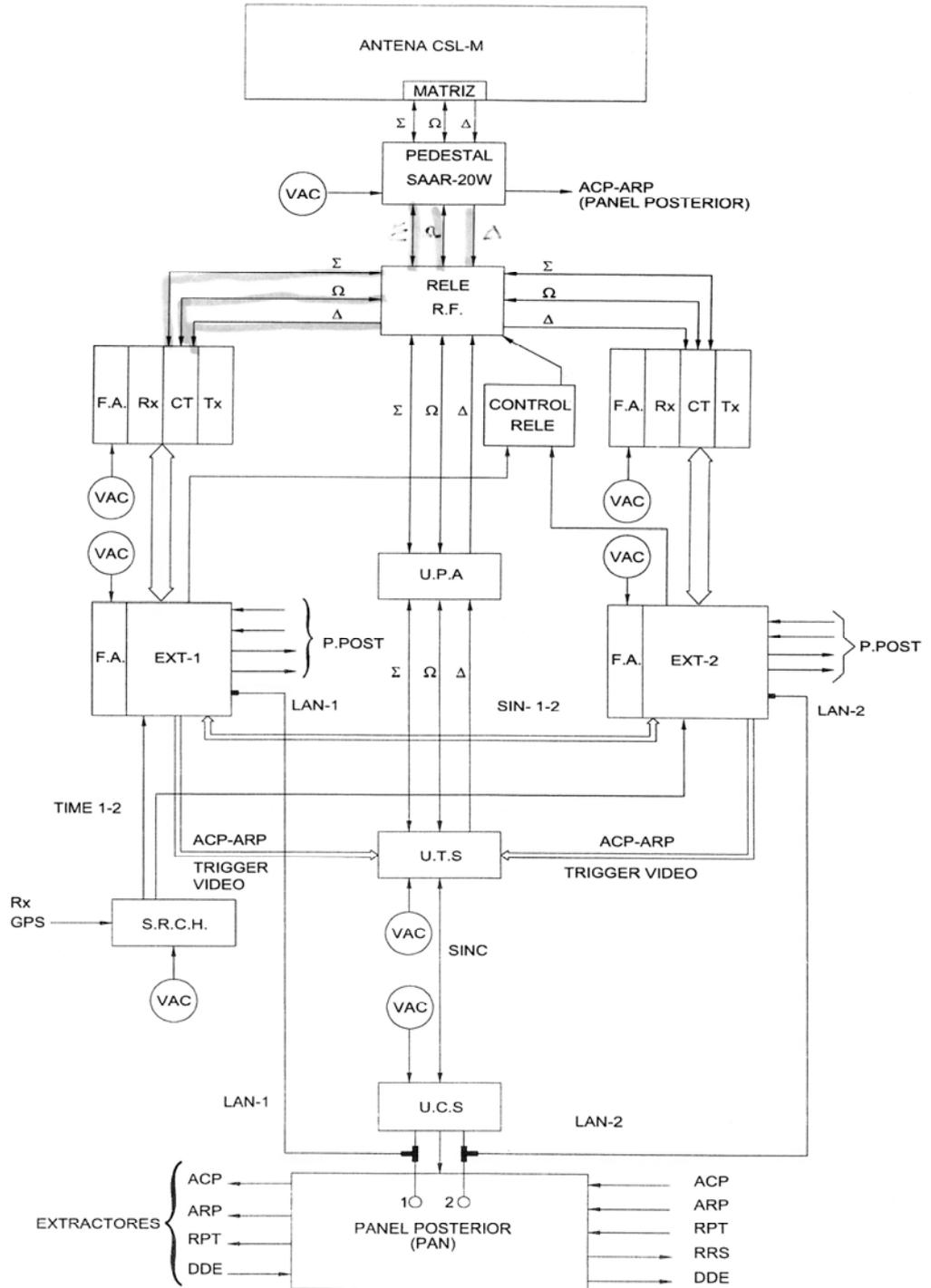
Mediante estos tres canales, el receptor operativo procede a efectuar la detección de señales de video que son sometidas a las funciones de supresión de lóbulos laterales en recepción RSLS (mediante los canales suma y omnidireccional) y a la obtención del error de puntería que proporciona información sobre desviación entre la dirección del eje de la antena y la dirección de recepción de los pulsos de la respuesta (mediante los canales suma y diferencia).

Después de realizadas las funciones para la detección del video el Módulo Receptor entrega a los dos Extractores cuatro señales de video.

Video crudo suma, procedente de la demodulación de R.F. (Σ)

Video crudo omnidireccional, procedente de la demodulación de R.F. (Ω)

Figura 5. Diagrama de bloques del sistema



Video crudo diferencia, procedente de la demodulación de R.F. (Δ)

Video crudo monopolso, procedente de la demodulación de R.F. (del Σ y Δ)

Con estas señales los extractores realizan un análisis exhaustivo de las respuestas, pudiendo determinar el acimut del blanco con una sola respuesta y permitiendo separar los pulsos correspondientes a respuestas solapadas mediante el análisis de las correspondientes amplitudes de los videos y los valores de su Error de Puntería.

Estas características permiten reducir el número de respuestas necesarias para la detección de un blanco.

Ambos extractores monopolso debidamente sincronizados realizan un mejor análisis en la correlación de las respuestas para formar un blanco ya que además de las necesarias correlaciones en distancia y código, también realizan la correlación en acimut. Se incorporan procesos adicionales no incluidos en un extractor convencional:

- 1) Seguimiento local de blancos que permite confirmar los códigos de una vuelta a la siguiente lo que permite la mejora, caso de que el último se reciba con código defectuoso en su interpretación.
- 2) Adquisición de blancos, mediante el análisis de posiciones futuras, es decir mediante procesos de Tracking.
- 3) Eliminación de blancos reflejados según un mapa de reflejos previamente generado en el extractor.
- 4) El codificador de interrogación provee los pulsos necesarios para las interrogaciones en todos los modos SIF (1,2,3/A,B,C,D)
- 5) Entrelazado de hasta 4 modos de interrogación, alternando el tercer y cuarto modo para cada vuelta de antena
- 6) PRF seleccionable externo, o interno variable

- 7) Función de STAGGER, seleccionable (SI/NO).
- 8) Inhibición de interrogación, por software o hardware
- 9) Programación de entrelazado, de modos de interrogación, zonas de silencio, función GTC, potencia de transmisión y PRF por sectores, mediante mapa programado previamente.
- 10) Se dispone asimismo, de un generador de blancos de test para chequeo continuo del sistema con posibilidad de presentación o no por pantalla. Este blanco será programable en código, distancia y acimut dentro de la cobertura del radar.

Una vez determinada la presencia de blanco, se procede a generar un mensaje por blanco y vuelta de antena en el que se determina la distancia, acimut, códigos SPI y emergencias de acuerdo con dos tipos de formatos, DDE y ASTERIX.

La salida de datos de los Blancos, se realiza por medio de dos líneas LAN. La LAN-1 está conectada al Extractor -1, enviando la información DDE-1, DDE-2, Asterix y la LAN-2 está conectada al Extractor-2, enviando también la información DDE-1, DDE-2, Asterix.

En la información Asterix, el blanco además de su propia información incluye el dato de la hora UTC con que se detectó.

Existen salidas serie de datos DDE-1, DDE-2 para la presentación del Sistema Gráfico, u otras aplicaciones (modems) en las cuales el reloj es externo pudiéndose seleccionar la opción de reloj interno del Extractor.

La Unidad de Control y Supervisión UCS, realiza el control de los dos canales, evaluando los fallos de cada uno y determina de una manera automática o manual cual es el operativo, además supervisa las comunicaciones con el resto de las unidades.

La UCS, selecciona los modos de funcionamiento de los Canales OPERATIVO-RESERVA-TESTMANTENIMIENTO.

La unidad conjunto relé y alimentación CRA, selecciona sobre la antena un canal, según la orden recibida de la UCS. El canal no seleccionado, queda conectado a cargas artificiales contenidas en la Unidad de Puentes y Acopiadores UPA, la cual permite conexionar a la UTS, para realizar chequeos sobre el sistema, a fin de facilitar al personal de mantenimiento, conocimiento del estado del mismo.

El Rack, distribuido en tres partes, sirve como soporte físico de las unidades y está dotado del cableado correspondiente para su interconexión, así como para las unidades de enfriamiento.

También existen las unidades Sistema Local de Gestión SLG, Sistema Remoto de Gestión SRG, Servidor de Canales de Mantenimiento SCM, Sistema de Comunicaciones Radar con Gestión SCR, interconectados entre ellos mediante las LAN-1 y 2.

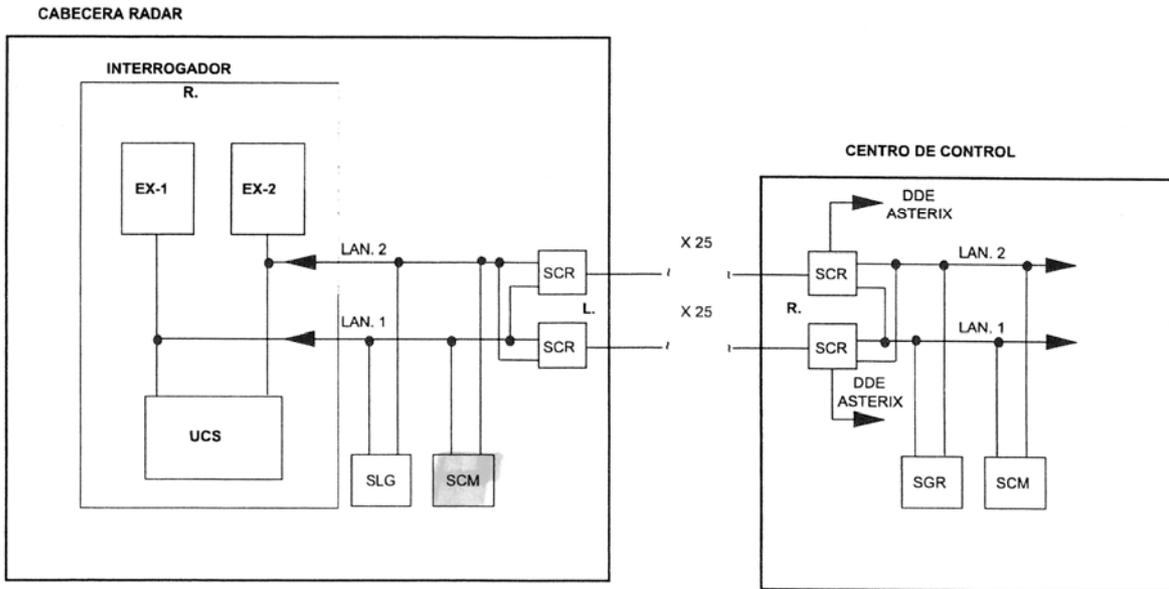
La conexión entre cabecera radar y el Centro de Control, se realiza mediante dos líneas X25. (Figura 6)

Tanto la UCS como las SLG y SRG mantienen una gestión de menús-ventanas comunes, pertenecientes al Sistema Radar Secundario, de tal manera que cuando está habilitada la función LOCAL, los menús activos son los de la UCS quedando SLG y SRG para la presentación de información del estado del sistema.

En esta situación (LOCAL) si la UCS se apaga el control del sistema lo asume el SLG.

El Sistema SRG adquiere el control, cuando la función seleccionada es REMOTO, quedando las unidades UCS y SLG solo para la presentación de información, del estado del Sistema.

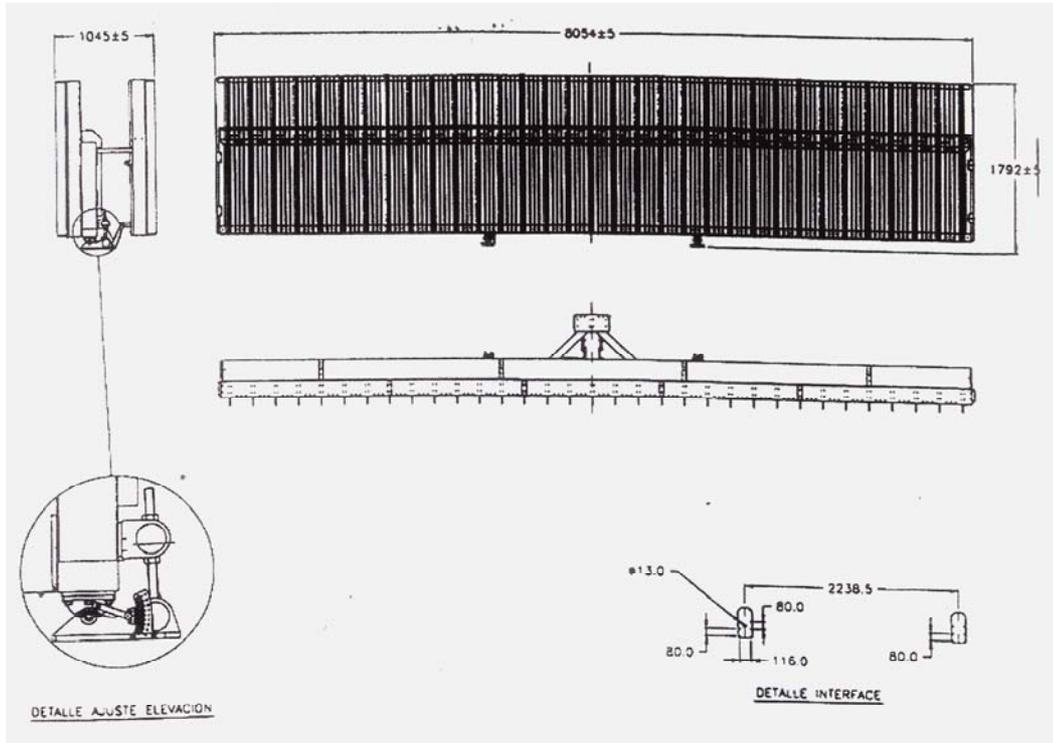
Figura 6. Diagrama de bloques del control radar/MTO. y comunicaciones



2.3 Antena

La antena Open Planar Array, (Figura 7) es utilizada en los sistemas radar secundario para radiar pulsos de interrogación y recibir pulsos de repuesta del blanco interrogado. Está formada por una serie de dipolos dispuestos físicamente en el frontal de unas columnas radomizadas que a su vez, están posicionadas verticalmente, consiguiendo mediante el acoplamiento de estos dipolos, los diagramas de radiación deseados SUMA, DIFERENCIA y OMNIDIRECCIONAL o SLS.

Figura 7. Antena de arreglo de plano abierto Open Planar Array



2.4 Diagramas de radiación

Los diagramas de radiación suma y diferencia horizontales se forman alimentando cada una de las 32 columnas, dos a dos (las cuales contienen 10 dipolos), por medio de divisores Wilkinson asimétricos. Los cables que unen las salidas de los divisores con las entradas de las columnas, así como los que alimentan los divisores, están ajustados en fase.

El diagrama de radiación omnidireccional, se forma principalmente por medio de las columnas central y posterior, con el objeto de conseguir un diagrama de radiación más ancho que envuelve a los diagramas suma y diferencia. A su vez para lograr una

menor potencia radiada en la dirección del lóbulo principal suma, se inyecta en contrafase una pequeña fracción de la alimentación o SLS al resto de las 32 columnas.

Es decir, el canal suma está formado por todas las columnas frontales excepto la trasera, el canal diferencia por las columnas frontales (excepto la frontal-central) y el canal omnidireccional por todas las columnas (incluidas la frontal y posterior).

El canal SUMA (figura 8) es utilizado para la transmisión de los pulsos de interrogación p1 y p3 y en la recepción de os pulsos de respuesta junto con F1 y F2. Proporciona un diagrama acimutal directivo y con un nivel de lóbulos secundarios muy bajos al objeto de interrogar y recibir respuestas de aquellos blancos situados solamente en el haz principal y cuando un blanco se encuentre en un lóbulo secundario, sea interrogado con un nivel muy bajo, y su posible respuesta se reciba también con un nivel de energía muy bajo.

El canal DIFERENCIA (figura 9) es utilizado solo en recepción para la función monopulso que en combinación con el diagrama directivo del canal suma, obtiene una información más precisa del ángulo acimutal del blanco interrogado. La combinación de ambos, suma y diferencia, se representa en la figura 10.

El canal OMNIDIRECCIONAL , es utilizado para la transmisión del pulso de interrogación P2 y así realizar la función ISLS (supresión de lóbulos secundarios en interrogación) realizando el transpondedor la comparación de niveles de los pulsos P1 y P2 (Figuras 12 y 13). Dicho canal es utilizado en recepción para que, en combinación con el canal suma realice la función RSLs (supresión de lóbulos secundarios en recepción) comparándose los niveles de señal recibidos por cada canal (suma y omni), con el fin de suprimir cualquier respuesta que no provenga en la dirección principal (diagrama suma).

La figura 13 representa el diagrama vertical (en elevación) aplicable a los tres canales de la antena.

Figura 8. Diagrama de acimut suma

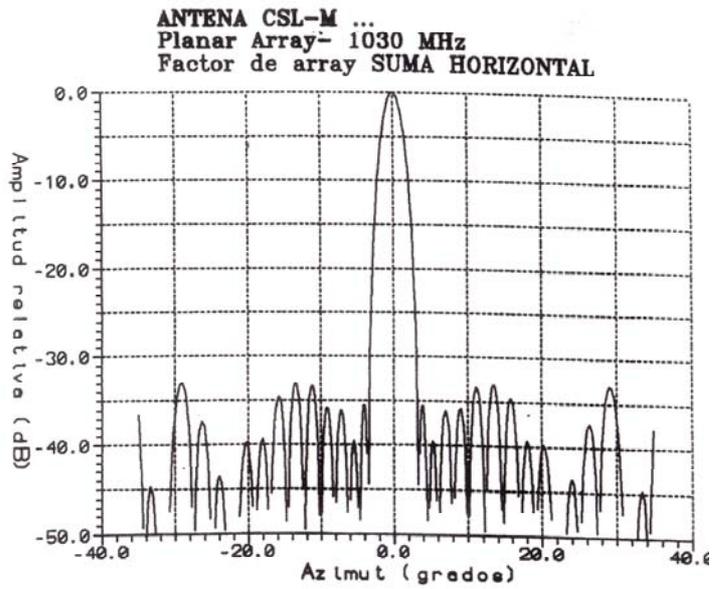


Figura 9. Diagrama de acimut diferencia

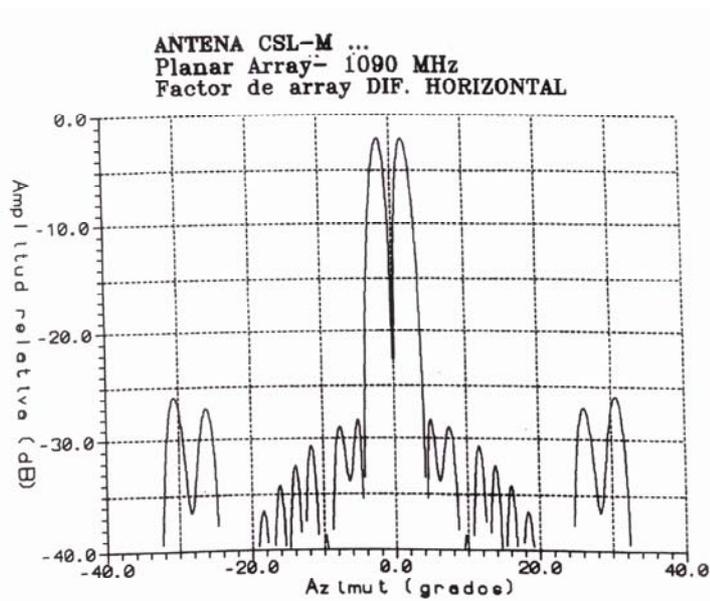


Figura 10. Diagrama suma/diferencia en acimut

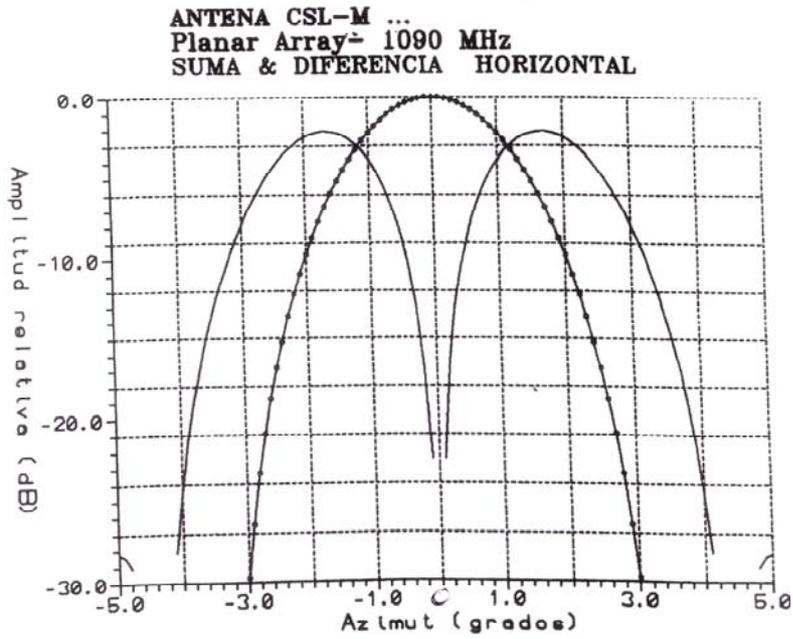


Figura 11. Diagrama omni/suma en acimut

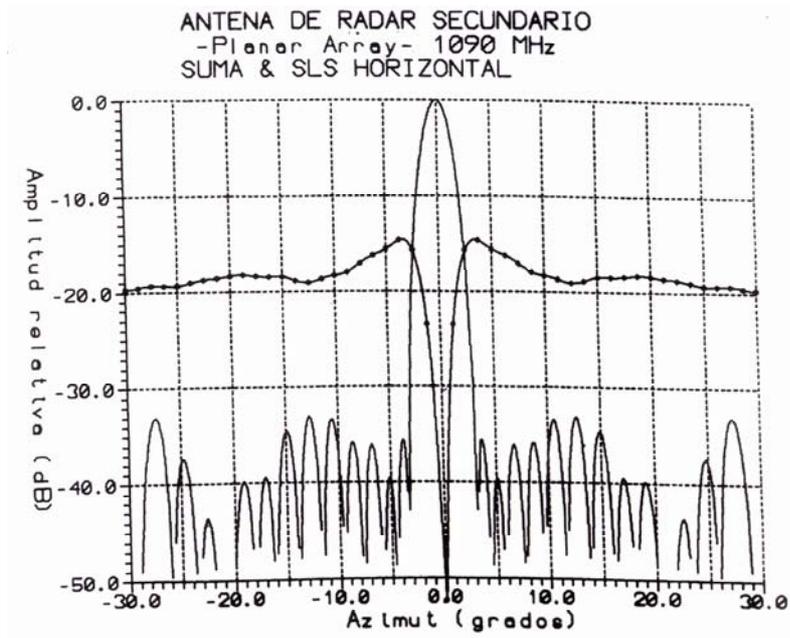


Figura 12. Diagrama omni suma en polares

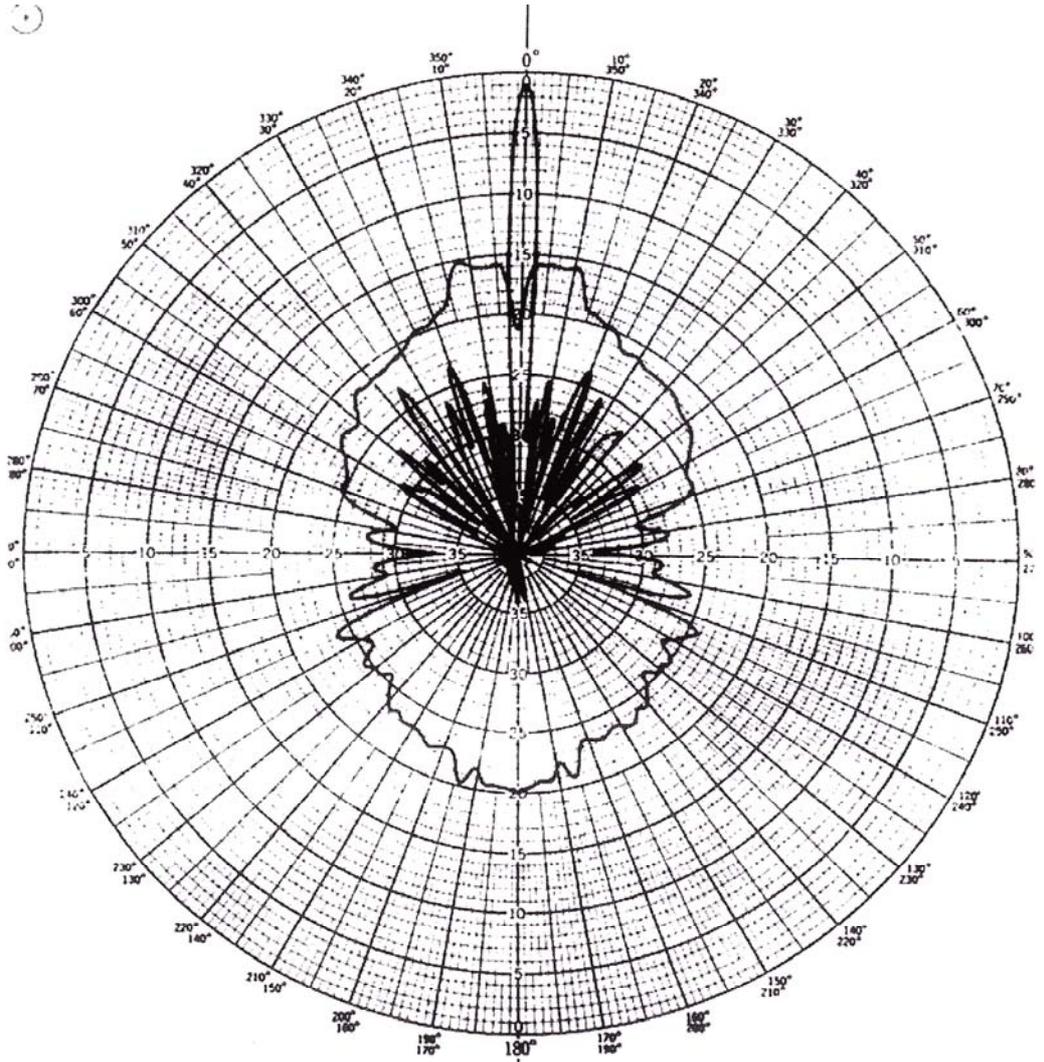
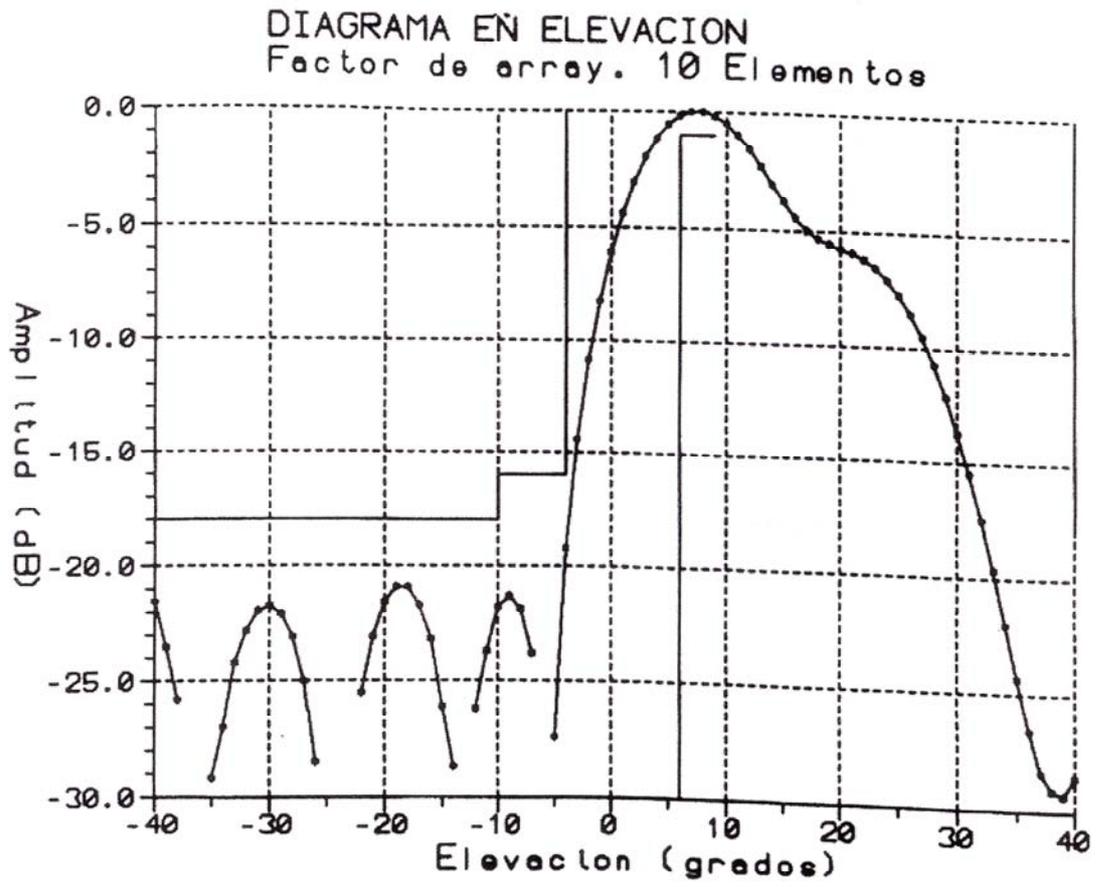


Figura 13. Diagrama de elevación



2.5 Transmisor

En este módulo (figura 14) se recibe la señal del oscilador local a 1.030 MHz por el conector J4 del panel frontal, procedente del receptor y se entrega al módulo MCT la señal en R.F. de los pulsos de interrogación ya modulados, por el conector J3 también del panel frontal.

El módulo transmisor a su vez, consta de las siguientes partes:

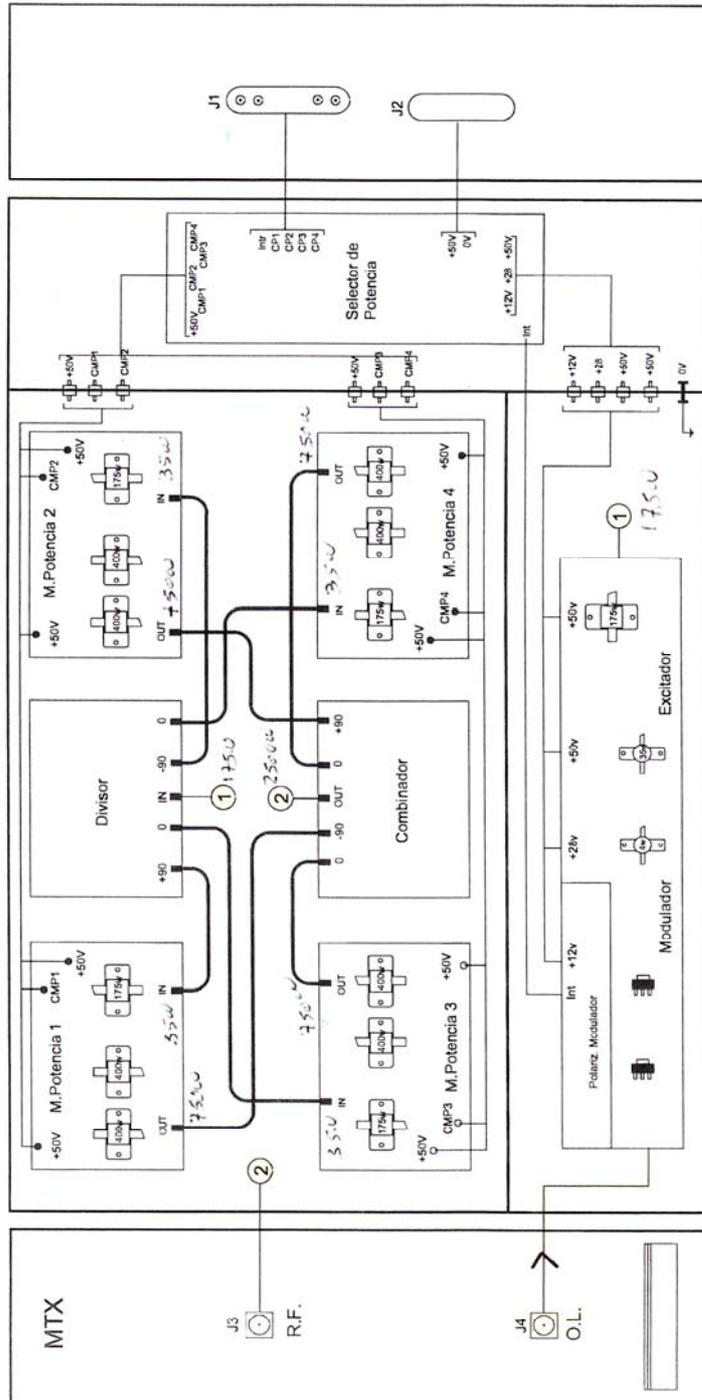
- Un modulador-excitador
- Un divisor-combinador
- Cuatro módulos de potencia (iguales)
- Un control de potencias y tensiones

En el modulador, la señal de R.F. del Oscilador Local, es modulada a bajo nivel por los pulsos de interrogación procedentes del Extractor, obteniendo a su salida una señal de R.F. pulsada. Esta señal se lleva al excitador, el cual eleva el nivel de potencia hasta 175W (52 dBm aproximadamente) consiguiendo un nivel adecuado para una correcta excitación de los módulos de potencia.

El divisor de potencia, divide la señal del excitador en cuatro señales iguales que son aplicadas por los módulos de potencia y que se combinan en el circuito combinador para conseguir una señal pulsada de RF de 2.5 KW aproximadamente.

La tarjeta de control de potencia permite la desconexión de 1,2, ó 3 módulos de potencia controlados por las órdenes SELPOT 1-2-3-4, consiguiéndose una reducción de potencia de 2.5, 6 y 12 dB, respectivamente.

Figura 14. Diagrama de bloques del modulo transmisor MTX



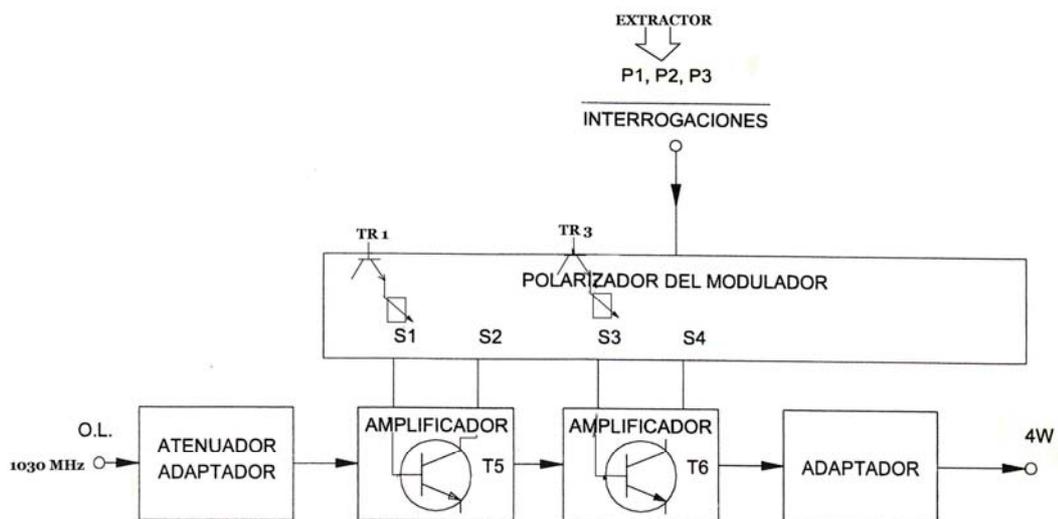
F0020.cdr

2.5.1 El modulador-Excitador

En el modulador, la entrada del oscilador local, es atenuada, para conseguir una buena adaptación y para ajustar la potencia de señal al nivel requerido para las etapas amplificadoras.

Los transistores TR5 y TR6, amplifican la señal del oscilador local (1,030 MHz), durante la modulación de los pulsos de interrogación para proporcionar a la salida 4W de potencia. (Figura 15).

Figura 15. Modulador

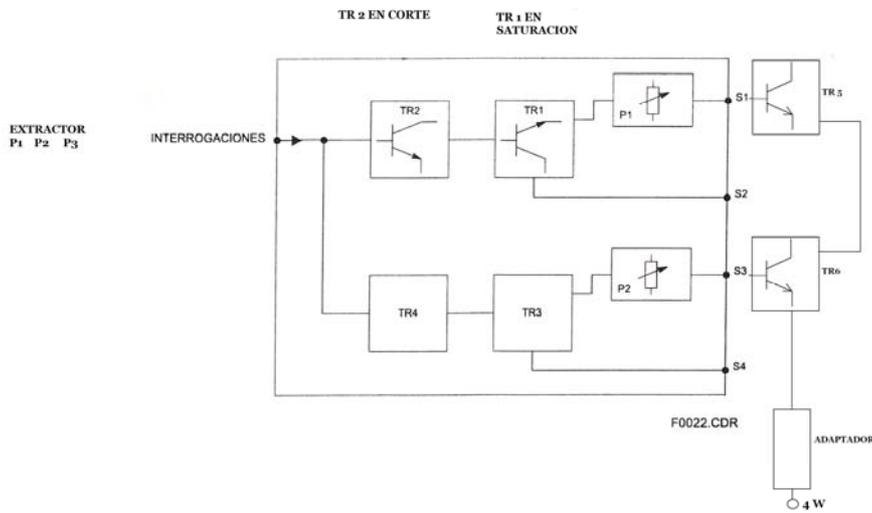


Las dos etapas amplificadoras tienen adaptadas sus entradas y salidas a 50 ohmios.

Los pulsos de interrogación (procedentes del extractor), llegan a la tarjeta de polarización del modulador (figura 16), y a través de dos redes diferenciadoras se aplican simultáneamente a las bases de los transistores TR2 y TR4. Durante la

modulación de los pulsos, dichos transistores se encuentran cortados y los transistores TR1 y TR3 funcionan en saturación.

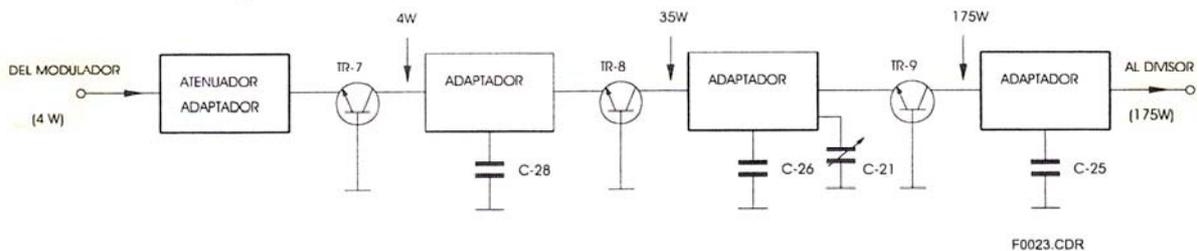
Figura 16. Polarización del modulador



La tensión existente en los emisores de TR-1 y TR-3, es ajustable con P1 y P2 respectivamente y se aplica a las bases de los transistores de radiofrecuencia TR5 y TR6 del modulador.

El excitador contiene tres etapas amplificadoras clase “C”. (Figura 17).

Figura 17. Excitador



A la entrada del módulo, un atenuador sirve como aislamiento entre el modulador y el excitador. La potencia del modulador, debidamente atenuada, es amplificada suavemente por el transistor TR-7, que eleva el nivel de potencia a 4W. El transistor TR-8 a 35W y el transistor TR-9 proporciona un nivel de potencia a la salida del excitador de 175W.

Todas las etapas amplificadoras, están adaptadas en entrada y salida a 50 ohmios.

Los condensadores electrolíticos C-21, C-25 y C-28, son los encargados de proporcionar la corriente necesaria a los transistores durante el pulso.

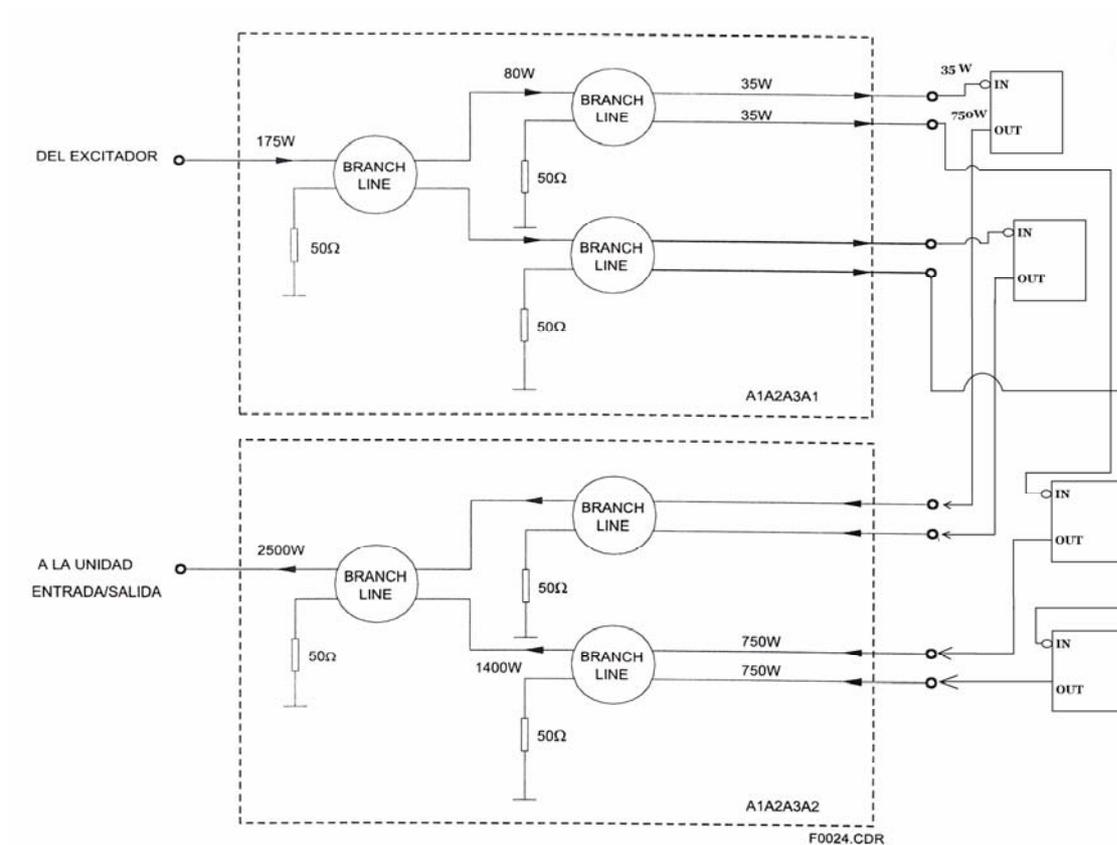
2.5.2 Divisor-combinador

Este módulo consiste en dos circuitos eléctricamente idénticos que contienen cada uno de ellos tres híbridos “branch-line” (figura 18) El divisor separa el pulso de 175W del excitador en cuatro niveles de aproximadamente 35W, que se aplican a la entrada de los módulos de potencia.

Cada una de las cuatro entradas del combinador recibe aproximadamente 750W de los amplificadores de potencia, que se combinan para formar un pulso de 2500W.

Cuando el transmisor funciona en los modos POTENCIA ALTA, MEDIA y BAJA, donde 1,2 ó 3 módulos de potencia se encuentran desconectados, parte de la potencia del resto de los módulos se disipa en las cargas internas del combinador debido a la falta de simetría en el proceso de combinación.

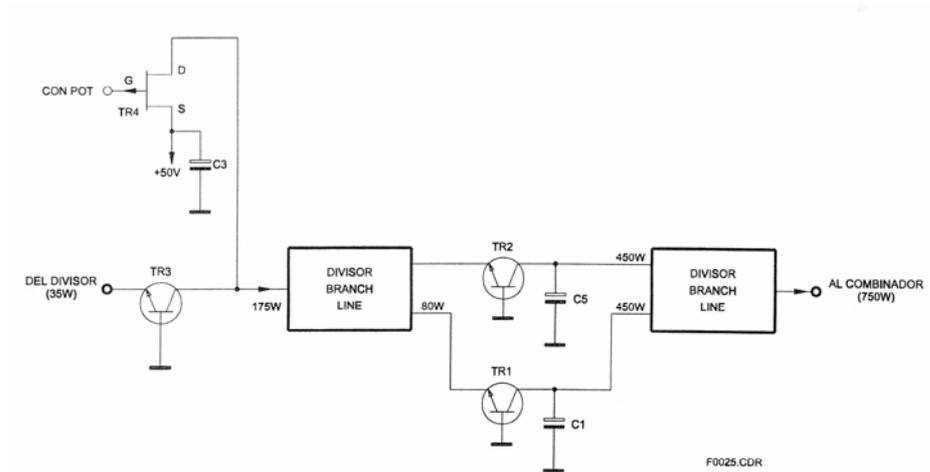
Figura 18. Divisor-combinador



2.5.3 Módulos de potencia

Estos cuatro módulos exactamente iguales, contiene tres etapas amplificadoras clase C, dos de ellas montada en paralelo, sobre dos placas de circuito impreso. (Figura 19).

Figura 19. Módulo de potencia



Cada uno de los módulos de potencia recibe 35W del excitador a través del circuito divisor, que son excitados a través del circuito divisor, y amplificados por el transistor TR3 obteniendo a su salida 175W. Un híbrido “branch-line” divide la señal en dos iguales de 80W, que son amplificadas por TR1 y TR2 a 450W y combinadas en otro híbrido “branch-line” para conseguir una potencia de salida de 750W.

El transistor VMOS TR4 deja sin alimentar al transistor TR3 cuando la tensión CONPOT es 50V y lo alimenta a 50V cuando CONPOT es 0V.

Los condensadores electrolíticos C1, C3 y C5 se encargan de proporcionar el pico de corrientes que necesitan los transistores de RF durante el pulso.

2.5.4 Control de potencias y regulador de tensiones

Estos cuatro módulos exactamente iguales, contienen tres etapas amplificadoras clase C, dos de ellas montadas en paralelo, sobre dos placas de circuito impreso (figura 19)

Cada uno de los módulos de potencia recibe 35W del excitador a través del circuito divisor, que son excitados a través del circuito divisor, y amplificados por el transistor TR3 obteniendo a su salida 175W. Un híbrido “branch-line” divide la señal en dos iguales de 80W, que son amplificadas por TR1 y TR2 a 450W y combinadas en otro híbrido “branch-line” para conseguir una potencia de salida de 750W.

El transistor VMOS TR4 deja sin alimentar al transistor TR3 cuando la tensión CONPOT es 50V y lo alimenta a 50V cuando CONPOT es 0V.

Los condensadores electrolíticos C1, C3 y C5 se encargan de proporcionar el pico de corrientes que necesitan los transistores de RF durante el pulso

2.6 Módulo receptor (MRX)

En este módulo, Figura 20, se reciben las señales de los pulsos de las respuestas, moduladas a 1.090 MHz, procedentes del módulo MCT por los conectores J6, J7, J8 del panel frontal correspondientes a los canales Omnidireccionales, Suma y Diferencia respectivamente, que una vez filtradas, demoduladas y amplificadas, se envían a los dos Extractores como señales de video crudo, mediante los conectores J1 y J2 del panel posterior.

Mediante el conector J9 del panel frontal la señal de R.F. a 1.030 MHz que procede del Oscilador Local es enviada al Módulo MTX. También en el panel frontal están los puntos de test para cada uno de los videos, Suma, Omnidireccional, Diferencia y Monopulso.

El módulo receptor consta de las siguientes unidades:

- Tres filtros preselectores
- Una placa de R.F. para los tres canales de recepción más el oscilador local
- Tres placas de frecuencia intermedia y amplificadores logarítmicos
- Un detector monopolso
- Una tarjeta de reguladores de tensión

2.6.1 Filtros preselectores

Los preselectores son filtros electromecánicos a cavidad con cuatro resonadores.

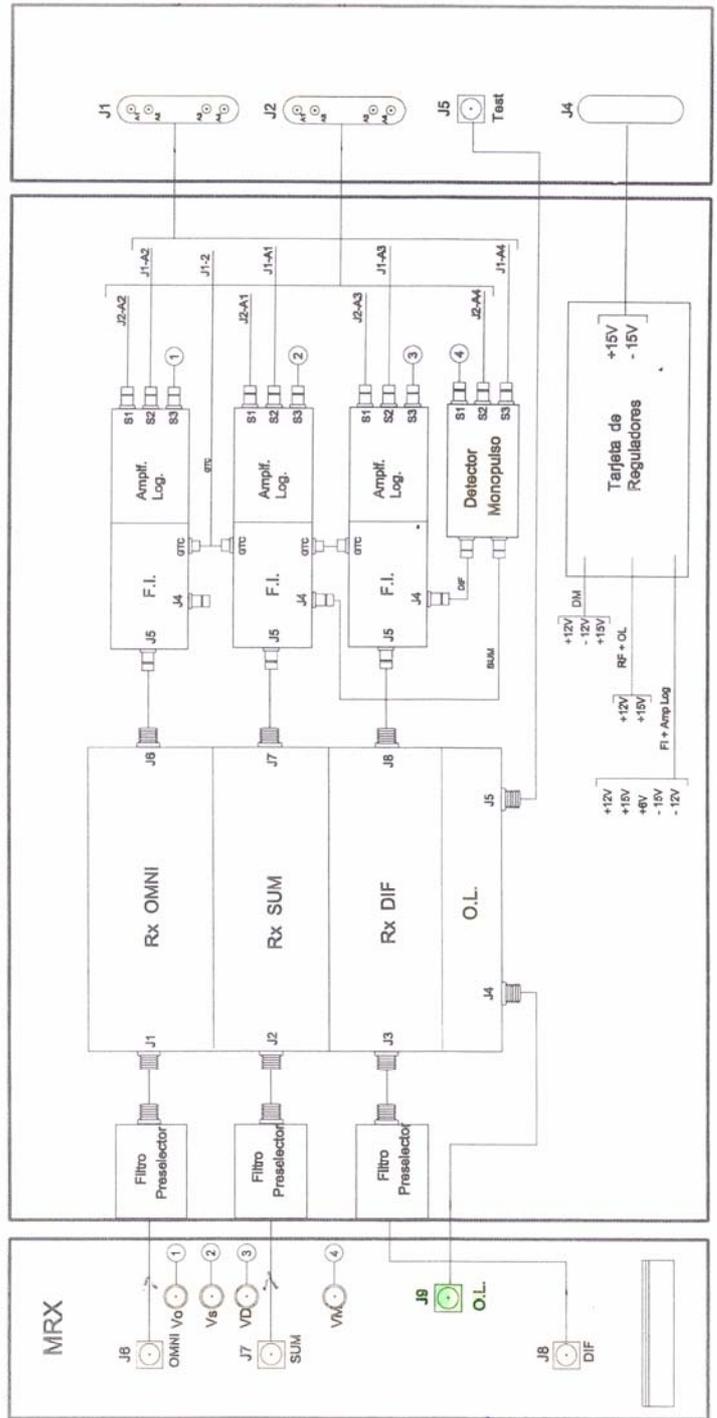
Su función es la de permitir el paso de la señal de 1090 MHz, eliminando otras señales tales como la del propio transmisor y otros radares que podrían dañar al receptor.

A la frecuencia del transmisor, 1030 MHz y a la frecuencia imagen, 970 MHz, este filtro proporciona un rechazo superior a 70 dB.

Su ancho de banda a 3 dB es de 20 MHz y sus pérdidas de inserción de 0,6 dB.

Para los canales suma y diferencia la respuesta en fase de estos filtros está apareada.

Figura 20. Diagrama de bloques del módulo receptor MRX



2.6.2 Receptor

El receptor, Figura 21, amplifica las tres señales de R.F. Σ , Δ , Ω a (1.090 MHz), las filtra, y las demodula pasándolas a Frecuencia Intermedia (60 MHz) utilizando el mismo Oscilador Local que el Transmisor (1.030 MHz). El mencionado O.L. está ubicado físicamente en el receptor.

Consta de tres canales básicamente idénticos, uno para la señal Omnidireccional, otro para la señal Suma y otro para la señal Diferencia, estando estos dos últimos apareados en fase.

Cada canal, está constituido por un amplificador de RF, un filtro de frecuencia imagen y un mezclador.

El amplificador de RF es un circuito híbrido de banda ancha con una ganancia de 16 dB y una figura de ruido de 3,1 dB.

El filtro de frecuencia imagen permite el paso de la frecuencia del receptor 1090 MHz, consiguiendo una mejora del factor de ruido del receptor de aproximadamente 3 dB. El filtro es sintonizable mediante un condensador variable.

El mezclador utilizado (SRA-5) es del tipo doblemente balanceado, opera un nivel de oscilador local de 7 dBm y tiene unas pérdidas de conversión de 7 dB. La inyección del oscilador local a los canales suma y diferencia se realiza a través de una única entrada de oscilador local y mediante un divisor Wilkinson.

2.6.3 Oscilador local

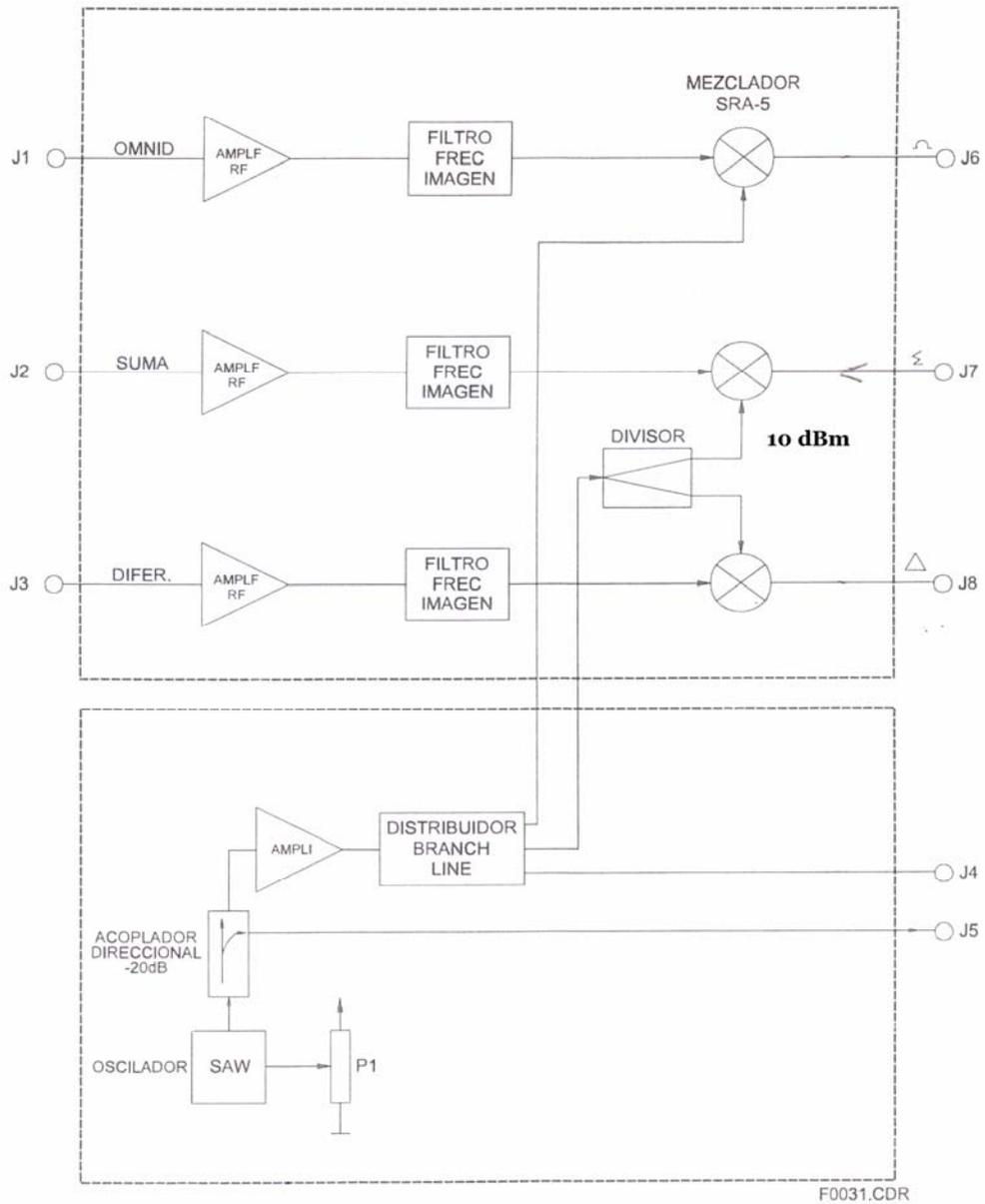
El oscilador local es un oscilador diente de sierra (SAW) que suministra una señal de 1030 MHz con una potencia de 7 dBm. Esta frecuencia es ajustable mediante P1 en un margen de 300 KHz aproximadamente.

Este ajuste es necesario para llevar el oscilador SAW a la frecuencia de $1030 \pm 0,2$ MHz, especificada para el transmisor.

A la salida del oscilador, un acoplador direccional de -20 dB, proporciona dos salidas. La salida atenuada se lleva al conector J5 y al panel posterior cargada con 50 Ohmios, para tareas de mantenimiento. La salida directa del acoplador se lleva a un amplificador que proporciona la potencia de 13 dBm necesaria para excitar el Transmisor y a los mezcladores del Receptor.

La potencia se distribuye a las salidas mediante híbridos “branch-line”, obteniéndose 10 dBm para el oscilador local suma/diferencia y 7 dBm para el oscilador local omnidireccional y el transmisor, respectivamente.

Figura 21. Receptor y oscilador local



2.6.4 Frecuencia intermedia y amplificador logarítmico

Las señales de F.I. (60 MHz) que proporciona el Receptor para los canales Omnidireccional, Suma y Diferencia, llegan a tres placas iguales por el conector J5, para detectar los videos y una vez amplificados, se distribuye cada señal mediante drivers cuyas salidas S1, S2 y S3 (de cada video) se envían al panel frontal así como a los conectores J1 y J2 del panel posterior del módulo y de aquí a los dos Extractores.

Estas placas, tienen otra salida J4, que se utilizan en el canal Suma y Diferencia como entradas de señal al Detector Monopulso P4 y P5 para su proceso. Figura 21.

El amplificador de FI (U11), es un circuito híbrido de banda ancha (RA89) con una ganancia de 26 dB.

El atenuador fijo tiene como función compensar el desacoplamiento en amplitud que se produce a la unidad de Entrada-Salida debida a que la atenuación que presenta cada canal es distinta. De esta forma se aparean en ganancia los tres canales, desde las entradas hasta las salidas de FI.

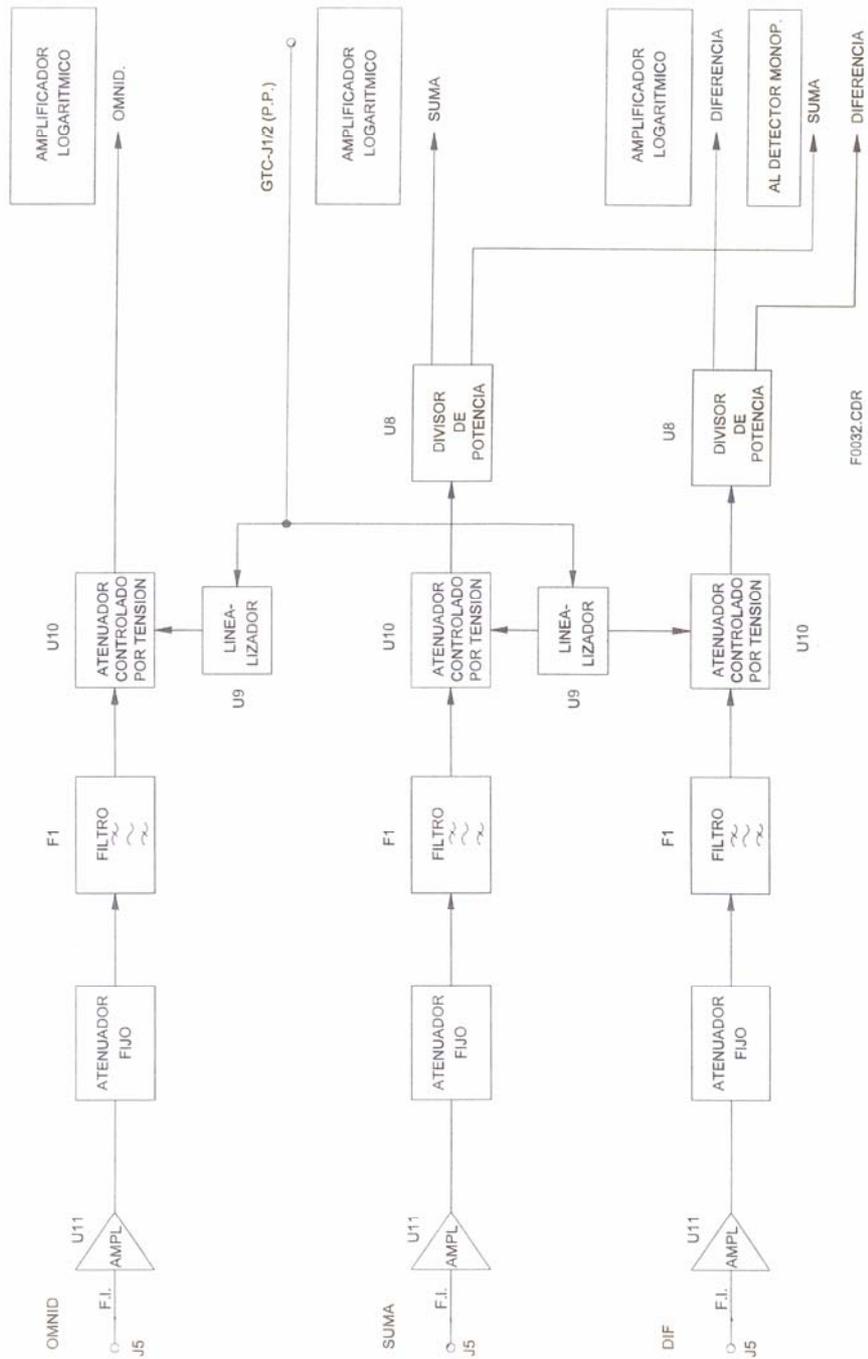
El filtro de F.I. (F1), es del tipo L-C con siete resonadores y tiene como misión proporcionar la selectividad del receptor. Este filtro está centrado a 60 MHz y tiene un ancho de banda (3 dB) de 10 MHz. Sus pérdidas de inserción son de 2,5 dB. Los filtros de los canales Suma y Diferencia están acoplados en fase.

El atenuador controlado en tensión U10 (G1) es un circuito integrado híbrido a diodos PIN con un margen de atenuación de 20 dB. El atenuador es controlado por un linealizador U9 (LG1), cuyo objeto es linealizar la respuesta de los atenuadores en función de la tensión de control GTC. La señal GTC permite realizar la función ganancia controlada en el tiempo, de RF, en un margen de 20 dB.

Los atenuadores de los canales Suma y Diferencia son controlados por un único linealizador para mantener un buen acoplamiento de amplitud y fase.

Para alimentar desde el canal Suma al amplificador logarítmico y al detector monopolso, su salida se realiza con un divisor de potencia U8 (PSC-2-IW). El canal Diferencia contiene otro divisor de potencia U8, para aparear en fase con el Suma y obtener también dos salidas, una para el Amplificador Logarítmico Diferencia y otra para el Detector Monopolso.

Figura 22. Diagrama a bloques del receptor



Las señales de 60 MHz de los tres canales Suma, Diferencia y Omnidireccional, se aplican a tres Amplificadores Logarítmicos para reducir el margen dinámico del Receptor a una señal de video más manejable que pueda ser procesada 80 dB.

El circuito utilizado consta de cinco amplificadores logarítmicos en la cadena principal y dos en montaje “lift stage”. Figura 23.

Los amplificadores (U1 a U7) son circuitos integrados SL521 y proporcionan una ganancia de 12 dB. Cuando un amplificador recibe señales de 60 MHz en la entrada 6, las amplifica 12 dB en la salida 3. La sección detectora del amplificador empieza a detectar cuando la entrada de FI supera un umbral P. Si está por debajo del umbral no hay corriente detectada en la salida 4; si supera el umbral, se genera una corriente detectada en la salida 4, logarítmicamente proporcional a la entrada. Cuando la entrada de FI supera en 12 dB al nivel umbral, el amplificador se satura y las salidas de FI y de video detectado permanecen en el nivel de limitación.

Colocando cinco amplificadores en cascada se consigue un rango dinámico de detección logarítmica de 60 dB.

A través de la resistencia R14 se consigue que el amplificador U6 comience a detectar. Los amplificadores U6 y U7 constituyen la etapa en “lift stage” y permiten aumentar el rango dinámico en 24 dB. El margen dinámico total del amplificador logarítmico es de 84 dB.

Para eliminar problemas de realimentación a través de la línea del video, la suma de las salidas detectadas de las tres primeras etapas, U1, U2 y U3, se aísla de la suma de las salidas detectadas de las cuatro últimas, U4, U5, U6 y U7, a través de Q3.

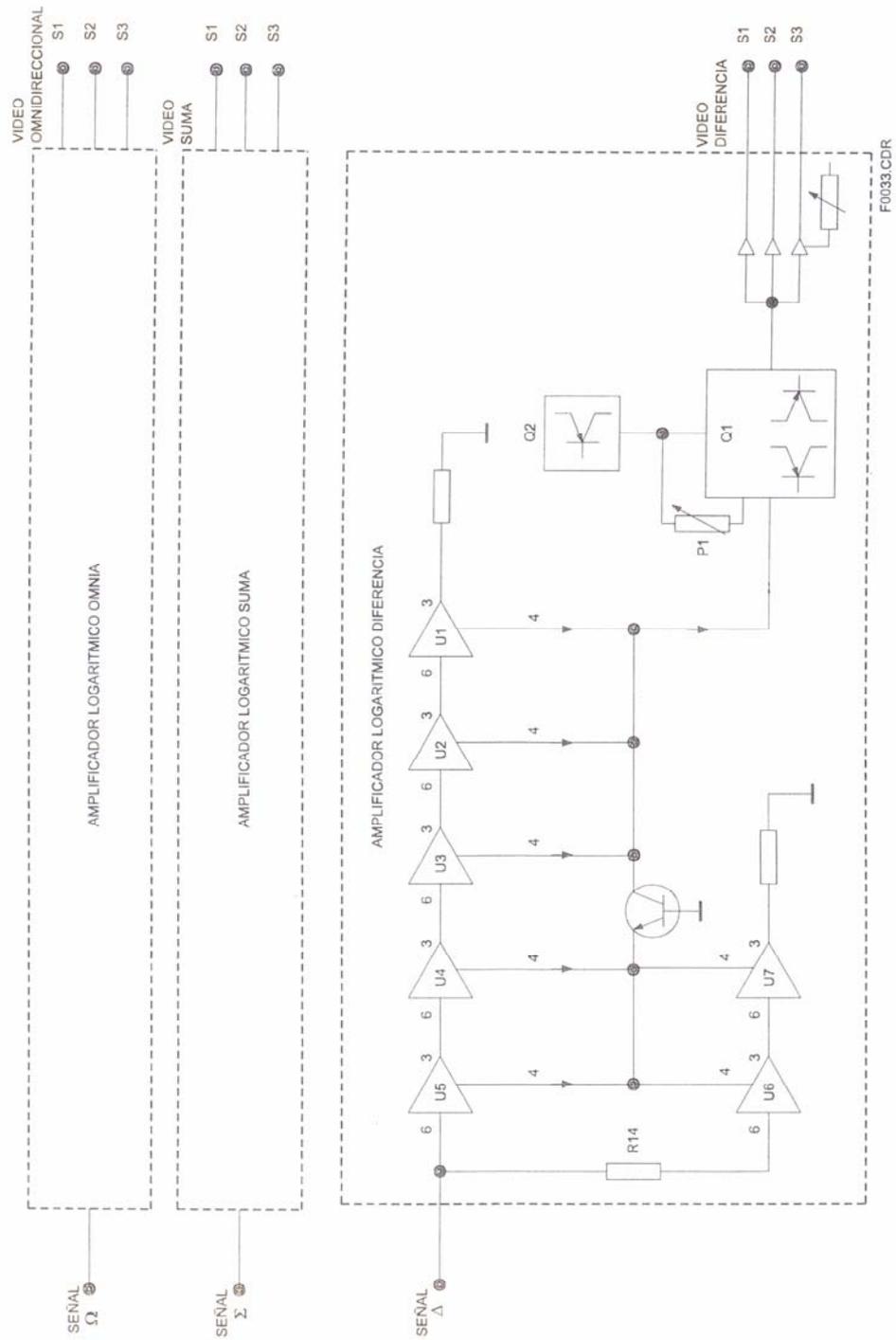
El amplificador diferencial Q1 suministra un voltaje de salida proporcional a la suma de las corrientes de las siete etapas amplificadoras.

El transistor Q2 actúa como fuente de corriente para transistor Q1 y está compensado en temperatura con el diodo CR1.

El potenciómetro P1 permite variar la ganancia de Q1 y de esta forma, controlar la pendiente de la curva de respuesta del amplificador logarítmico.

Cada Amplificador Logarítmico tiene tres salidas para un mismo video, S1, S2, S3, que las proporcionan tres drivers de modelo LH-0033, con sus respectivos ajustes de offset.

Figura 23. Amplificador logarítmico del receptor



2.1 Descripción del módulo extractor de datos

Este apartado describe el funcionamiento de esta unidad así como los distintos elementos que la componen representados físicamente en la Figura 24.

- Un conjunto fuente de alimentación.
- Un panel frontal salida de datos radar.
- Un conjunto de tarjetas:
 - A1 – Procesador
 - A2 – Reserva
 - A3 – Reserva
 - A4 – Interface Serie
 - A5 – Memoria Compartida
 - A6 – Secuenciadores y Fijos
 - A7 – Conversores Analógico-Digital y Línea de Retardo Digital
 - A8 – Detector de Bracket
 - A9 – Codificador de Interrogaciones
 - A10 – Interface del Receptor
 - A11 – Interface General
 - A12 – Reserva
 - A13 – Reserva
 - A14 – Reserva

Esta unidad, cuyo diagrama de bloques es el de la Figura 25, genera, a partir de las señales de trigger externo o interno (RPT y BST respectivamente), los pulsos de interrogación junto con las señales de control para el módulo Transmisor (MTX), señales de control para el módulo de Conmutación y Test (MCT) y señales de control para el módulo Receptor (MRX).

Con las señales de video Suma, video Omnidireccional, video Diferencia y video Monopulso procedentes del Módulo Receptor (MRX), debidamente procesadas, se detectan las respuestas que identifican a un Transpondedor, determinando su distancia y su posición angular proporcionando un conjunto de datos que se almacenan en una memoria para que mediante los procesos posteriores el Procesador genere como resultado un blanco con su información asociada de DISTANCIA, ACIMUT, CÓDIGO y ALTURA, en el formato de transmisión requerido DDE o Asterix para su posterior utilización (sistemas de presentación o sistema multiradar).

Los interfaces externos del Extractor están implementados en varias tarjetas:

- A1 – CPU (Conexión a LAN Ethernet para control del Extractor y envío de datos radar)
- A4 – Interface de líneas serie (Transmisión de datos radar y supervisión del Extractor)
- A9 – Codificador de Interrogación (Control del MTX y del MCT en transmisión)
- A10 – Interface con el Receptor (Recepción de Videos, control del MRX y del MCT en recepción)
- A11 – Interface general (Entradas y salidas de sincronismos, Transmisión de Videos, etc.)

El Extractor Monopulso funciona con un reloj maestro de 20 MHz (generado en la tarjeta A11) que se reparte al resto de las tarjetas del Extractor (un reloj independiente para cada una de ellas), de forma que las señales entre las diferentes tarjetas sean sincrónicas lo que proporciona una gran fiabilidad al proceso. Este reloj no es utilizado por el Procesador (A1-CPU) ya que no

tiene exigencias de sincronismos con relación a los procesos en tiempo real. Esta tarjeta dispone de un reloj propio para su funcionamiento.

En el aspecto funcional, el Extractor Monopulso se divide en dos procesos principales:

1. Sincronización e Interrogación
2. Detección y tratamiento de Blancos

El primer proceso corresponde a la sincronización del extractor con los módulos y equipos a los que está conectado (Antena, otro Extractor, un radar primario, etc.) en cuanto a la generación de señales que controlan los tiempos de transmisión y recepción, y a la generación de las señales de interrogación.

El segundo proceso (Detección y tratamiento de blancos) se puede dividir a su vez en dos bloques. El punto donde se realiza esta partición está en función de la velocidad necesaria, coste y del estado actual de la tecnología.

El primero de ellos realiza la función de Detección de Respuestas (implementado fundamentalmente en Hardware) que corresponde al tratamiento de los videos de señal recibidos en tiempo real (generación de video normalizado), detección de respuestas, determinación de los parámetros de cada respuesta y almacenamiento de dichas respuestas en una memoria accesible por el Procesador.

El segundo bloque (implementado en Firmware) corresponde a un tratamiento sobre datos almacenados en memoria y realiza las funciones de Proceso de Respuestas (determinación de su código y posición), Detección

de Blancos (asociación de respuestas para formar blancos y correlación de blancos con pistas y otros blancos) y Formateado de Blancos (paso a formatos DDE y Asterix)

Para la comprobación del funcionamiento de estos bloques se utiliza un BITE (Built In Test Equipment) que incluye la generación de un Blanco de Test que, generado bajo petición del Procesador, es inyectado en el receptor en radiofrecuencia, siguiendo el curso normal de una respuesta. Al final, el Procesador comprueba la coincidencia del Blanco de Test recibido frente al enviado.

Cada extractor, se comunica con la unidad UCS, mediante una línea LAN-1 para el EXT-1, y la LAN-2 para el EXT-2.

Situado en la parte superior de ambos Extractores, existe un panel de INDICACIÓN y de puntos de Test (BNC) con el fin de monitorear el estado del canal.

Figura 24. Panel frontal del extractor

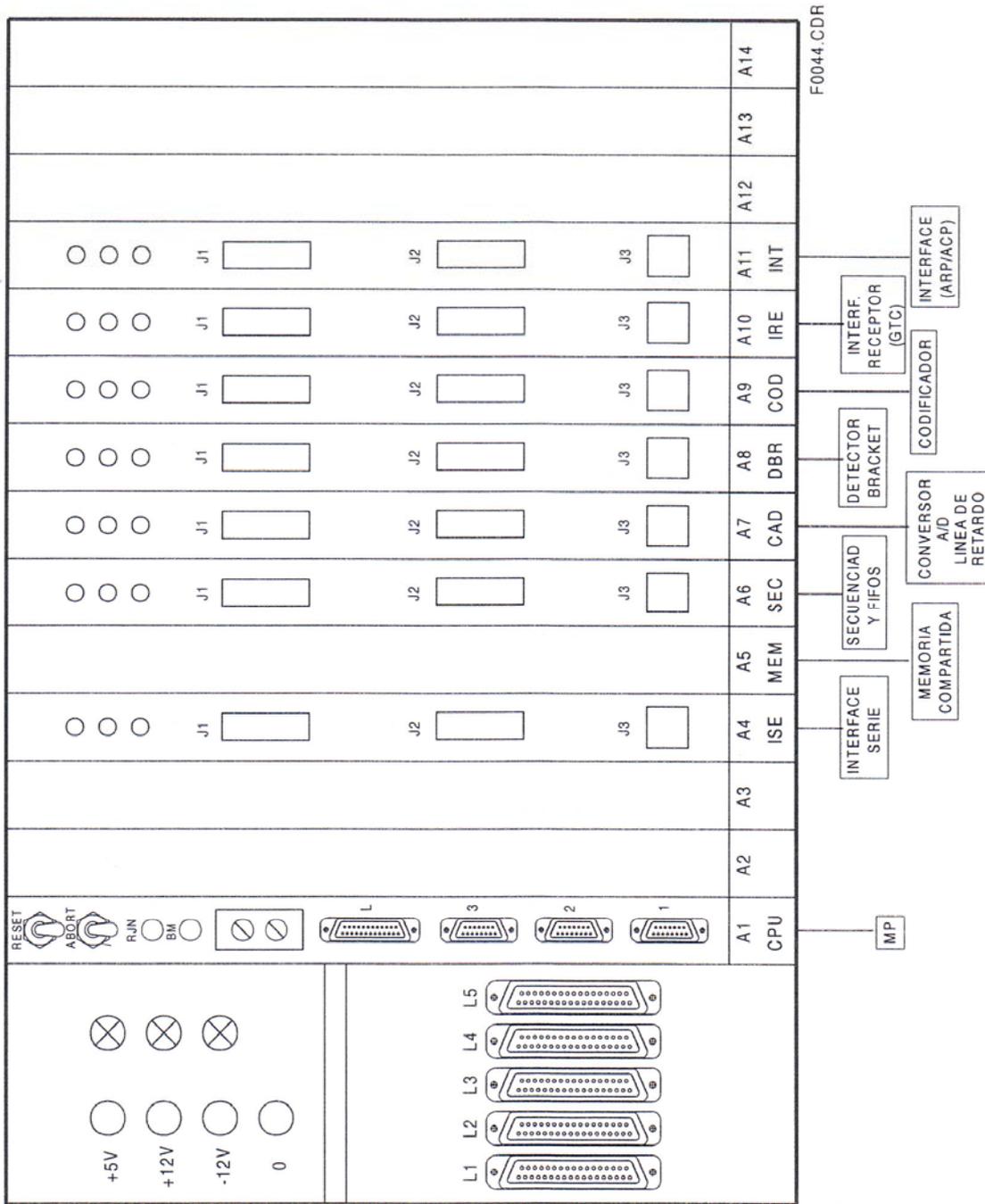
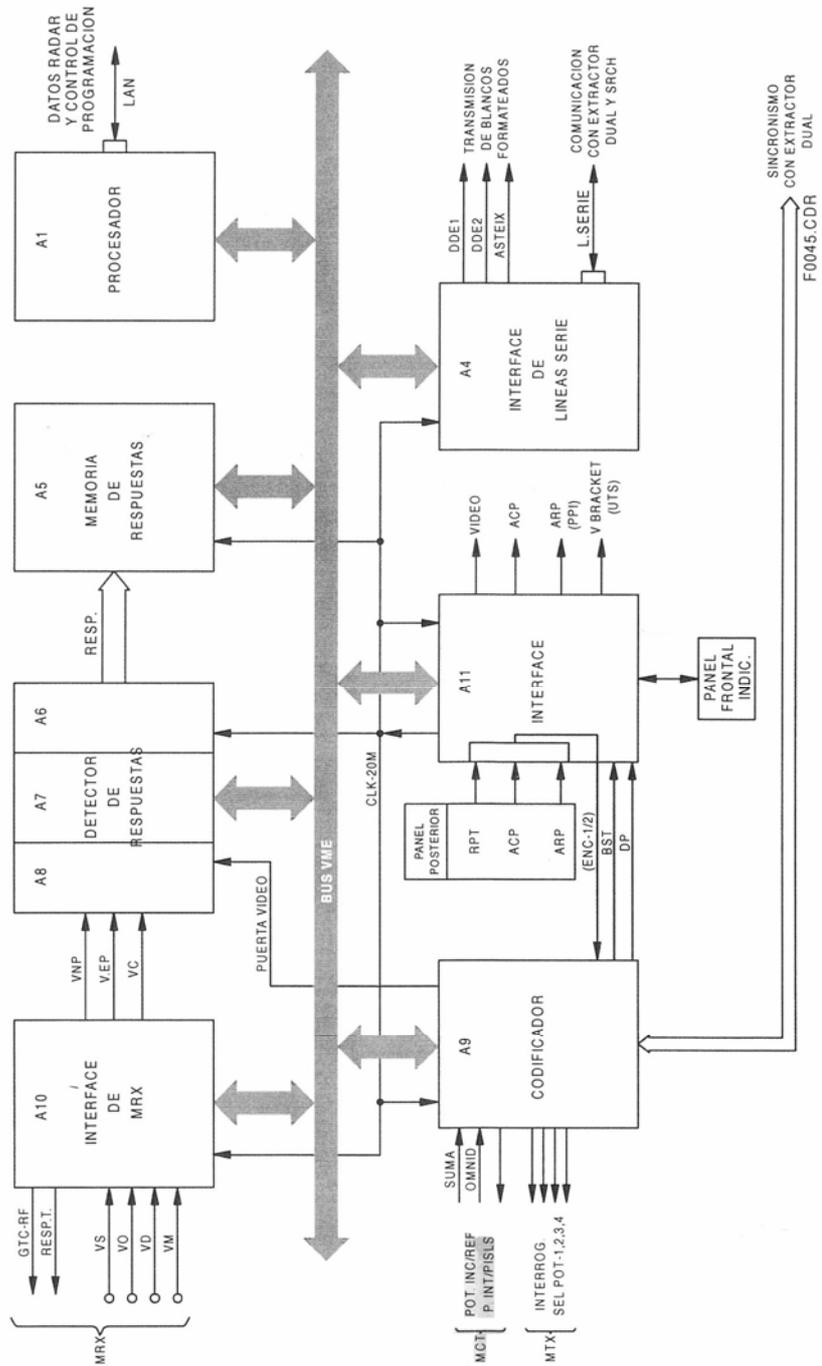


Figura 25. Diagrama de bloques del extractor



3. DESCRIPCIÓN DEL RADAR DEL PUERTO DE SAN JOSÉ

El proyecto incluye los elementos de adquisición HW (Hardware) y SW (Software) correspondientes a los diferentes sistemas, así como su diseño e instalación.

La solución será descrita junto con la instalación de las dos edificaciones que contendrán el sistema radar MSSR (radar de vigilancia secundario monopulso) y el sistema de energía emergente.

La ventaja de la instalación y el levantamiento del sistema es que es rápida.

Es importante tomar en cuenta los siguientes pasos para decidir el lugar en donde se va a instalar un radar:

- definir el emplazamiento del radar en una zona libre de elementos como; arboles, torres, etc. eso puede ser considerado negativo e incluso hasta podría detener la progresión de obtención de mejores resultados referente a la probabilidad de detección y el funcionamiento en general.
- De la misma forma, el emplazamiento debe estar lo más lejos posible de servicios o instalaciones industriales potencialmente riesgosas.

3.1 Arquitectura

El sistema de Indra MSSR, sistema de radar de vigilancia secundario monopulso, es una solución de alto rendimiento con suficiente flexibilidad de ser adaptado si se requiere, a las necesidades del usuario.

La arquitectura de la solución tiene las siguientes características principales.

- alto nivel de integración manteniendo redundancia completa sobre el equipo operacional para tener disponibilidad de sistema
- diseño simple y robusto basado en redes experimentadas duales de área local (LAN).
- Solución flexible y versátil basada en sistemas abiertos y productos COTS (Commercial off-the-shelf “Productos obtenibles comerciales”) para tener adaptación fácil a las necesidades de cualquier usuario.
- Un control remoto completo y sistema de monitoreo, incluyendo un sistema llamado de muy alto BITE (byte intest equipment/ equipo para pruebas internas) para ayudar al personal técnico de mantenimiento.
- Estaciones VSAT (comunicación vía satélite) para comunicaciones entre varias posiciones y transmisión de datos radar.
- Conectividad moderna entre estaciones radar y centros de control de área usando protocolos de red X.25 (ver glosario) para tener una difusión fácil de datos radar y no radar (Equipos periféricos como UPS, plantas de emergencia, aire acondicionado, etc.).

La figura 26 muestra la arquitectura del sistema radar.

El sistema MSSR (sistema de vigilancia de radar monopulso) comprende un gabinete interrogador MSSR conectado a un sistema guía de antena que soporta la antena monopulso.

- Dos redes de área local (LAN) comerciales conectan el gabinete interrogador MSSR con el control local (SLG) y las posiciones de monitoreo, pantalla local y equipo de comunicaciones de radar local.
- El equipo de comunicaciones remotas radar obtiene las replicas de las LANs de la estación radar en el centro de control de área, en el cual está conectado el control remoto y las posiciones de monitoreo.
- La pantalla local está basada en una solución comercial para presentar datos sintéticos radar en formato asterix u otros formatos, con interfaces Ethernet. La pantalla local actúa como un típico monitor de mantenimiento radar.
- El monitor de campo lejano está basado en un transpondedor típico comercial, resguardado en un gabinete de 19 pulgadas, configurado como equipo de monitoreo y calibración de desempeño.

3.2 Configuración del sistema MSSR

La configuración del sistema MSSR es la siguiente:

- una antena monopulso LVA (antena de gran apertura)
- un sistema guía de antena, un motor
- una torre que soporta la antena y un pedestal (10 metros)
- un interrogador MSSR que contiene cableado y resguardo para:
 - o un switch de radio frecuencias (RF) de tres canales
 - o dos módulos receptores
 - o dos módulos transmisores

- dos módulos de conmutación transmisión/recepción
 - dos módulos de fuentes de alimentación de energía de bajo voltaje
 - dos módulos extractores
 - dos suministros de potencia para extractor
 - una unidad de prueba de radar MSSR
 - dos receptores GPS (sistema de posicionamiento global)
 - dos relojes maestros GPS (sistema de posicionamiento global)
 - Una unidad de interface auxiliar
-
- dos controles locales y posiciones de monitoreo, SLG (sistema local de gestión)
 - dos pantallas locales SGR (sistema remoto de gestión)
 - un control remoto y posición de monitoreo, SRG.
 - Un transpondedor simple de prueba, RRS (Parrot)
 - Dos equipos de suministro de potencia ininterrumpida (UPS)
 - Un equipo motor generador (Planta de emergencia)
 - Dos equipos de aire acondicionado
 - Una alarma detectora de intrusos
 - Alarma detectora de fuego para prevención
 - Dos equipos de comunicaciones locales radar, SCR/L
 - Dos equipos de comunicaciones remotas radar, SCR/R
 - Una computadora personal
 - Una impresora
 - Dos albergues comerciales (contenedores dentro de los cuales se instalará todo el equipo, excepto todo lo que corresponda a la torre de la antena principal, y antenas externas.)

3.3 Descripción del sistema

El diseño de este sistema radar está enfocado en los siguientes párrafos:

- alto nivel de integración y modularización utilizando la última tecnología probada con éxito, sin descuidar ninguna clave de redundancia en equipo operacional.
- Simple, confiable, en contraste con un robusto diseño del concepto de estación radar basado en tecnología experimentada de LAN's duales (redes de área local).
- Múltiples posibilidades seleccionables en las interfaces de salida de datos radar.
 - o Dos formatos simultáneos diferentes: ASTERIX, DDE.
 - o Dos interfaces físicas diferentes: Serial RS232 o RS422/485 y Ethernet
 - o Dos diferentes y simultáneos tipos de datos radar: plots y/o tracks
- flexibilidad de usar equipos de comunicación para propósitos generales COTS (Commercial off-the-shelf) como módems y routers, o COTS Locales y equipo de comunicaciones remotas radar. El equipo de comunicaciones radar ha sido desarrollado para optimizar las comunicaciones radar utilizando diferentes prioridades como función de tipo de datos: datos radar, datos de control radar, datos de monitoreo radar, datos de control no radar y datos de monitoreo no radar.
- El equipo de comunicaciones radar usa protocolos modernos de comunicaciones como X.25 sobre redes públicas digitales o líneas dedicadas.

- El potente BITE (byte intest equipment) habilita para detectar la mayor parte de los incidentes e identificar la recomendación en el más pequeño modulo reemplazable a ser cambiado, ayudando al personal técnico de mantenimiento
- Reemplazo fácil y rápido usando plug-in modules. Con la excepción del switch de radiofrecuencia de tres canales, todos los módulos, incluyendo el transmisor y el receptor pueden ser reemplazados sin necesidad de ajustes, en unos pocos minutos.
- Receptor de reloj GPS dual, integrado en el gabinete interrogador MSSR para integrar en tiempo exacto de los datos radar y todos los eventos y alarmas que sucedan dentro de la estación radar.
- Una unidad de prueba radar para evitar pruebas exhaustivas en el radar, para mejorar las actividades de mantenimiento remoto como: medición de potencia pico del canal operativo, medición de sensibilidad, mediciones curvas GTC (control de ganancia en tiempo), medición de ancho de banda, generación de patrones de pruebas, generación de patrones de blancos de prueba.
- La posición de monitoreo y control local de la estación radar, está basada en una computadora personal marca SUN de trabajo COTS, capaz de controlar y monitorear continuamente el estado del interrogador MSSR y el equipo auxiliar, como el suministro de energía ininterrumpido (UPS), el motor generador (planta de emergencia), el aire acondicionado, la alarma contra intrusos, y los archivos de grabación, guardados en HD (disco duro), todos los eventos, alarmas y acciones tomados por los usuarios.
- La posición de monitoreo y control local de la estación radar incluye el sistema de comunicación radar, de tal manera que el control y supervisión de la cabeza

de comunicaciones radar está integrada en esta unidad, dando estadísticas en tiempo real acerca del número de paquetes transmitidos y un registro histórico de incidentes.

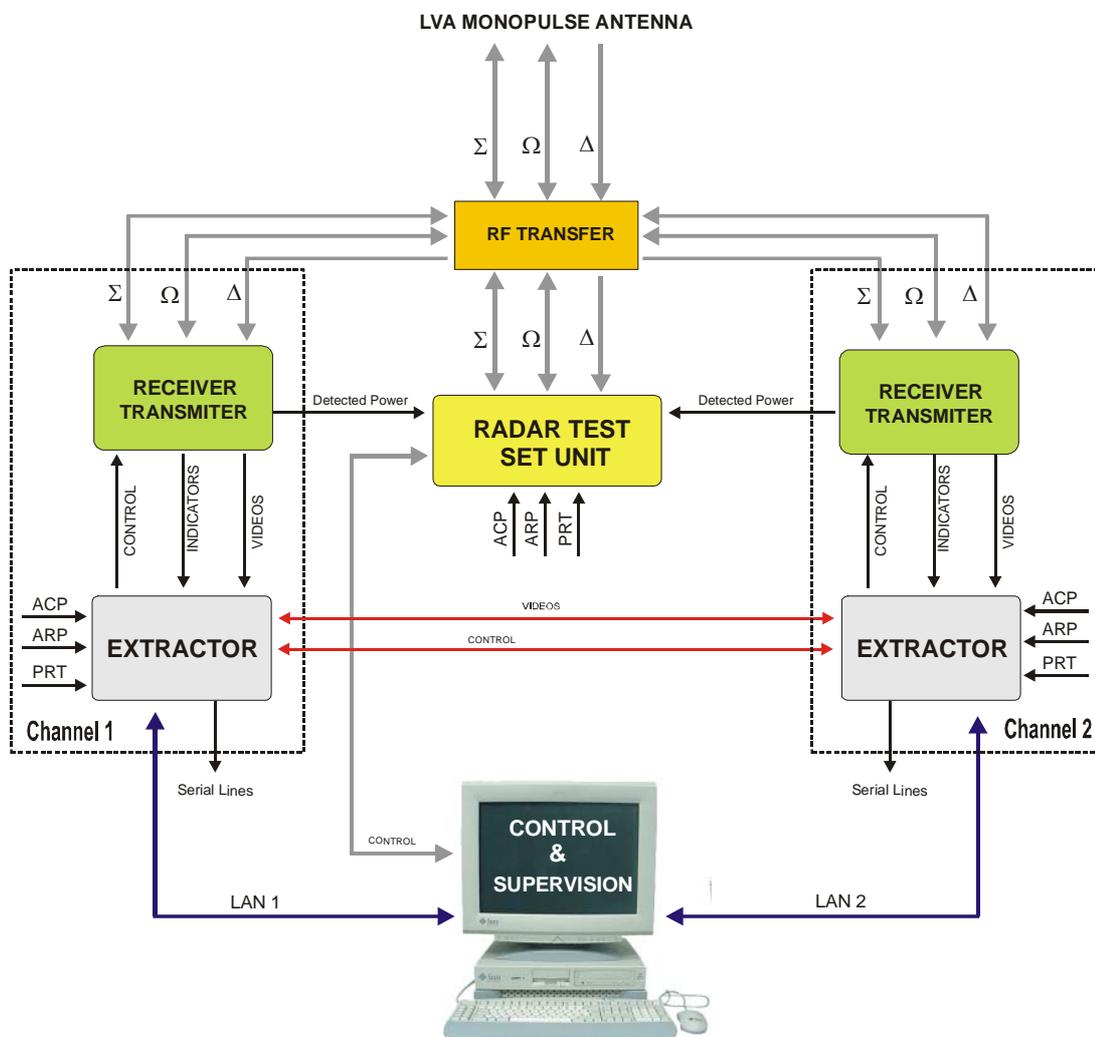
- La posición de monitoreo y control local de la estación radar es totalmente redundante, de manera que dos posiciones diferentes trabajan simultáneamente en una configuración de maestro esclavo, ambas unidades están en permanente comunicación para mantener la configuración de la estación radar aún si uno de ellos fallara.

El sistema MSSR (radar de vigilancia secundario monopolso) se compone de un doble receptor, transmisor y canal extractor de datos conectado a una antena monopolso.

El sistema MSSR opera en desempeño máximo con un alto grado de seguridad y confiabilidad en modo autónomo, sin intervención de operadores.

La figura 27 muestra el diagrama a bloques del gabinete interrogador MSSR, Está dividido en tres columnas para instalación estándar para unidades de 19 pulgadas. Estas unidades deben estar conectadas funcionalmente como muestra la figura, las cuales servirán como ayuda en las siguientes descripciones:

Figura 27. Descripción de los módulos del sistema radar del Puerto de San José



3.4 Descripción de la transmisión

El Receptor de Monopulso/Transmisor es un transmisor de estado sólido que recibe señales convenientes (apropiadas) del extractor de datos; asimismo, modula, simplifica y transmite a través de RF(Radio Frecuencia) el interrogatorio para el canal de suma Σ y para el canal omni Ω .

El transmisor permite cualquier tipo de enlace entre los modos de interrogación seleccionables (1, 2, 3 / ABC y D).

El transmisor tiene cuatro niveles de potencia diferentes, los cuales el usuario puede programar por sectores en términos de azimut, independientemente del modo que entrelaza sectores.

La unidad de cambio de radiofrecuencia de tres canales (UCRF) enruta el interrogador principal manual de mantenimiento hacia la Antena de Monopulso LVA a través de una Junta rotatoria sobre el Sistema de Manejo de Antena.

El canal que permanece en reserva es conectado a través de la Unidad de Cambio de RF a la Unidad de Series de Pruebas de Radar, la cual permite observar qué canal está fuera de línea (reserva).

La Antena de Monopulso LVA sintetiza un canal de interrogación suma Σ y un canal de control omni Ω . El canal suma Σ es muy direccional en su lóbulo principal y este lóbulo se usa para interrogar a los transpondedores (equipo de comunicación que se encuentra en el avión). El diagrama omni-direccional, permite la supresión de las interrogaciones de los lóbulos laterales en el patrón de radiación del canal suma Σ (ISLS), y de las respuestas de los lóbulos laterales del canal suma Σ . El diagrama omni Ω cubre los lóbulos laterales de la suma excepto en la viga principal, donde el omni tiene una profunda falta de información para mejorar la capacidad de supresión de lóbulos laterales; esto también proporciona un ancho de viga efectivo que es más estable contra posibles variaciones en el funcionamiento del transpondedor.

3.5 Descripción de la recepción

La recepción simultánea en los canales suma Σ y diferencia Δ permite obtener el acimut del destino usando el sistema de monopulso, mientras la recepción sobre los

canales suma Σ y omni Ω es usada para suprimir respuestas recibidas por los lóbulos laterales de suma Σ (Función Supresión de Lóbulos Laterales de Recepción RSLs).

El receptor tiene tres canales de recepción; suma Σ omni Ω y diferencia Δ , realizando amplificación de RF, rechazamiento de frecuencia de imagen, mezclándose para obtener frecuencia intermedia, amplificación IF (frecuencia intermedia), control del filtrado y aumento, en tiempo apropiado.

Las salidas de frecuencia intermedia de cada canal son alimentadas a tres amplificadores logarítmicos para obtener los videos suma, diferencia y omni. Salidas IF de suma y diferencia son ruteadas hacia el detector monopulso para obtener video de monopulso usando un detector coherente de medio ángulo con tres cadenas limitantes y dos detectores de fase.

El receptor tiene ocho diferentes ajustes GTC, que el usuario puede programar por sectores, independientemente de la potencia y el modo de los sectores de interlace.

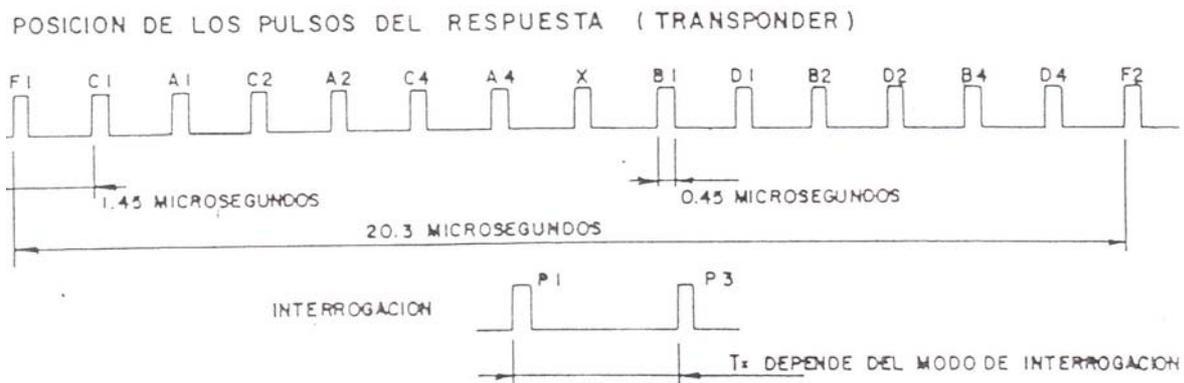
3.6 Descripción de la extracción de datos

El extractor de datos realiza las funciones de control e interfaz de hardware con el receptor/transmisor y las funciones de extracción de destino.

Con respecto al Transmisor/Receptor, éste genera el temporizado de las señales para el transmisor, controla los contenidos de pulso instantáneos del objetivo del test interrogador de RF (varias respuestas), proporciona modo de selección, órdenes GTC y potencia, da órdenes RSLs y ISLS; y recibe todas las señales del Receptor/Transmisor de órdenes ejecutadas tan bien como lo haría el grupo BITE (y el monitoreo del Receptor/Transmisor).

Los videos obtenidos son convertidos de análogos a digitales y almacenados para extraer la información de respuestas. La presencia de una respuesta es determinada usando el proceso de detección Brackets (presencia de pulsos F1 y F2 en la respuesta).

Figura 28. Diagrama de pulsos de respuesta



MODO	SEPARACION P1, P3 (MICROSEGUNDOS)	PULSOS UTILIZADOS	COMBINACIONES
1	3	A1, A2, A4, B1, B2	32
2	5	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
3/A	8	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
B	17	FORMATO INGLES	
C	21	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D2, D4	CODIGO GRAY 1280
D	25	RESERVADO PARA USO FUTURO	

TRANSPONDER CIVIL	MODO 3/A	B	D	C
TRANSPONDER MILITAR	MODO 3/A	1	2	(C)
		IDENT		ALTURA

El extractor puede procesar hasta cuatro respuestas traslapadas simultáneamente.

La información de las respuestas detectadas es usada en el proceso de correlación respuesta-a-respuesta, rastreando el proceso y la eliminación de reflexiones.

Los objetivos son formateados de acuerdo a los formatos de datos requeridos (DDE, ASTERIX) y son transmitidos típicamente en un protocolo HDLC (High-level data link control/ control de enlace de datos de alto nivel) sobre Líneas Seriales y flujo de datos de Ethernet II/IP/UDP (protocolo de internet, protocolo de datagramas de datos) sobre LAN.

Descripción Funcional

El EXT lleva a cabo funciones que pueden ser encajadas en las áreas siguientes:

- Comunicaciones con la Unidad de Control y Supervisión UCS y con el Monitor Local y el Subsistema de Control SLR.
- Generación de sincronismos.
- Interfaz con el Receptor, Módulos de Transmisión y Cambio.
- Detección de Respuesta y Decodificación para la Detección de Destinos SSR.
- Eliminación de Objetivos Reflejados.
- Rastreo.
- Transmisión de mensajes SSR en los formatos requeridos (DDE, ASTERIX) vía líneas seriales y LAN.
- BIT del EXT y del Receptor Transmisor de Monopulso.

3.7 Descripción del monitor y del control

El control local y el monitoreo son llevados a cabo a través del Control Local y de la Posición de Monitoreo, que provee la interfaz del operador.

El monitor constantemente despliega el estado del sistema MSSR usando unidades, parámetros y/o funciones de manera que cualquier variación detectada en el estado sea desplegada. Usando menús gráficos de secuenciales, opciones enmarcadas, el mismo monitor permite la generación de órdenes, lo que es necesario para el control completo del radar.

Los menús están ligados para su fácil comprensión y manipulación. Se pueden definir diferentes estados del radar, notable entre cuál es la habilidad de establecer un canal en estado de mantenimiento, para lo cual existe un conjunto completo de menús y acciones a ser tomadas que sólo afectan al canal que no altere los parámetros del canal en línea (operacional), permitiendo así flexibilidad total en la definición del estado de las variables y de los parámetros para este canal en aras de proveer incluso mejor ayuda durante pruebas y/o mantenimiento, tanto preventivas como correctivas.

El Control Local y la Posición de Monitoreo, controlan el sistema MSSR a los Extractores vía un enlace de datos Ethernet (Red de Área Local, LAN), así como con líneas seriales con la Unidad de Series de Pruebas de Radar y con el Monitor de Campo Lejano (Transpondedor). Esto brinda control y monitoreo del sistema MSSR, tanto local como remotamente. La reconfiguración automática del sistema es para realzar su confiabilidad y disponibilidad.

El control remoto, el monitoreo y el mantenimiento se ejecutan con el control remoto y la posición de monitoreo. El mismo control, monitoreo y capacidades de mantenimiento son proporcionadas tanto como aquéllas disponibles localmente.

El control remoto y la posición de monitoreo brinda toda la supervisión del sitio del radar.

Los perfiles del usuario en el Control, Monitoreo y Sistema de Supervisión permiten definir seis niveles de operación que se pueden adaptar a diferentes usuarios. Cada nivel de operación tiene acceso restringido hacia diferentes parámetros de radar. El nivel 5 es acceso total para recursos de control y el nivel 0 es sólo monitoreo. Las capacidades de los niveles más altos tienen incluidas las capacidades de los niveles más bajos. El permiso para modificar cada parámetro del radar en cada nivel puede ser adaptado a los requerimientos del cliente.

El idioma utilizado por todos los controles y de todas las interfaces de ventanas de monitoreo está en español.

3.7.1 Descripción del bite (byte intest equipment) y del sistema de prueba

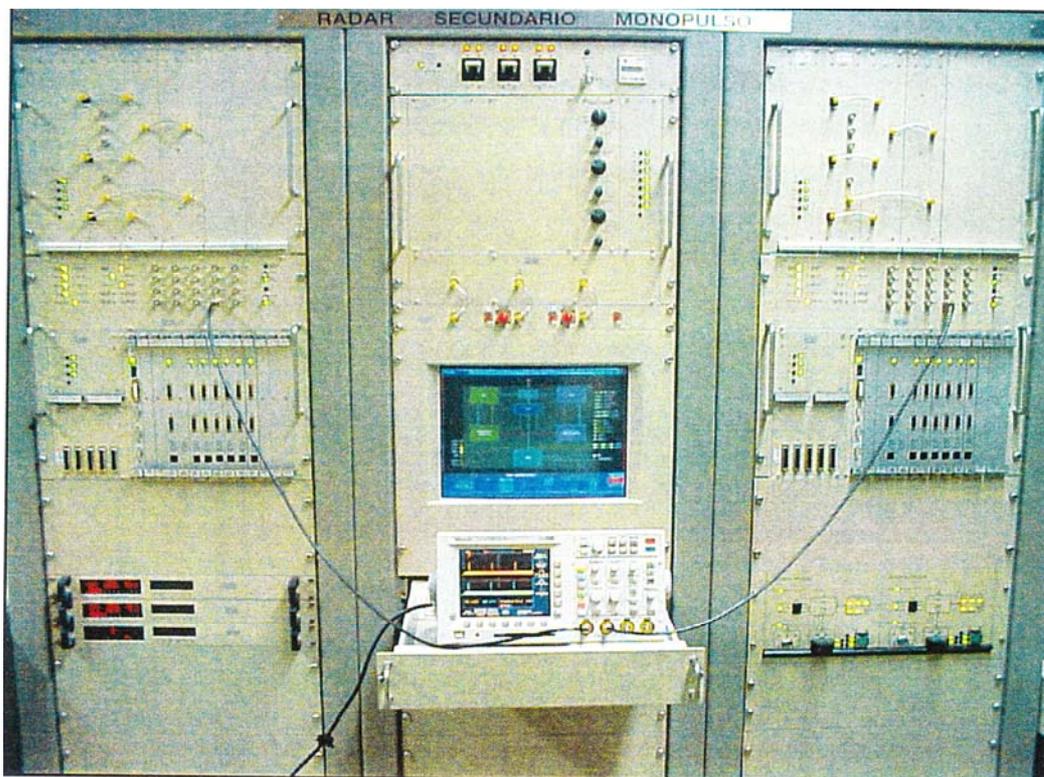
El sistema BITE MSSR está integrado dentro del sistema de manera que las características operacionales fundamentales del radar estén permanentemente probadas y reportadas al Control y a la Posición de Monitoreo para monitoreo local y remoto.

La función BITE es realizada en varios niveles, transmisor, receptor y extractor de datos (plot extractor), así como el equipo auxiliar y los sistemas (UPS, Alarmas, Generador de energía eléctrica, etc.)

El BITE del interrogador para sus características fundamentales se genera en el mismo interrogador.

La medida de prueba y sistema fuera de línea es completada con la Unidad de Supervisión y Prueba (UTS) la cual está integrada dentro del rack (gabinete) MSSR.

Figura 29. Montaje de las señales de sincronismo de los extractores



El Control y el Sistema de Monitoreo controlan el UTS. Las medidas son hechas automáticamente y son monitoreadas tanto en posiciones locales como remotas.

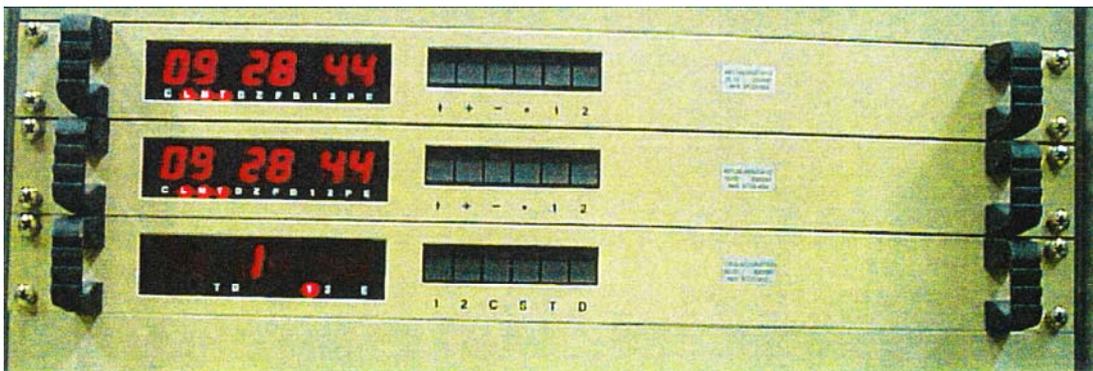
El UTS permite la generación de respuestas SSR y datos, sobre la radiofrecuencia. Los parámetros como el rango, código, rango de repetición de respuesta, paso/inhibición, potencia, etc., todos pueden ser seleccionados para generar las respuestas deseadas en el lugar deseado. En la generación de diagramas, el ancho de viga efectivo para respuestas, el azimut del diagrama, código, rango, potencia, etc., pueden ser seleccionados para generar el dato deseado en el lugar deseado.

3.8 Descripción del sistema de relojería

El sistema MSSR incluye un Sistema de relojería de redundancia completa compuesto por dos receptores GPS (sistema de posicionamiento global) y dos servidores de tiempo de red. El servidor de tiempo de red es implementado con un reloj máster de tiempo sobre una LAN (local area network), regularmente sincronizada con un GPS. Este equipo sirve y distribuye tiempo sobre un TCP/IP o una red UDP (protocolo de datagramas de usuario) usando el Protocolo de Tiempo de Red (NTP Network Time Protocol).

La recepción de mensajes de temporización es continuamente revisada por el Extractor de Datos y en caso de falla se envía una alarma al sistema BITE (equipo de prueba y byte).

Figura 30. Presentación del sistema horario



3.9 Características de los principales componentes

3.9.1 Características de la antena

La Antena del Sistema MSSR es una Antena Monopulso de Gran Apertura Vertical (LVA Large Vertical Aperture), con las siguientes características:

Frecuencia:

La antena puede trabajar en frecuencias de $1030 \pm 3.5\text{MHz}$ y $1090 \pm 5\text{ MHz}$. Las características de cada señal son las siguientes:

a) Canal suma Σ :

$1030 \pm 3.5\text{ MHz}$.

$1090 \pm 5\text{ MHz}$.

b) Canal diferencia Δ :

$1090 \pm 5\text{MHz}$.

c) Canal omnidireccional Ω :

$1030 \pm 3.5\text{ MHz}$.

y $1090 \pm 5\text{ MHz}$ para la función RSLs. Poner figura de antena

Tabla I. Características operacionales

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES	
Torque en operación	4,424 Nm.
Torque de frenado	6,180 Nm.
Carga axial	9,450 N.
Carga radial máxima (detenido)	18,050 N
Carga radial máxima (encendido)	13,450 N
Movimiento angular	Angular-continuo
Velocidad rotacional	5 a 15 rpm
Información de posición angular	2 codificadores electro-ópticos
Motor	Trifásico; rotor encaja de ardilla; 4 KW
Cociente de caja de engranaje	10,5 : 1
Anillos colectores	3 canales, 10A, 600 V DC o 220/380 V
Empalme rotatorio	
	3 canales, coaxial
Frecuencia	1020-1100 MHz
SWR máximo (relación de potencia Reflejada)	1.2 : 1
Pérdidas de inserción	0.4 dB máximo
Potencia admisible	Pico de 10 kW, 300 W promedio

Inversor de Frecuencia	
Voltaje de entrada	1 fase AC; 220V
Potencia permitida	7 KVA
Frecuencias principales	47-63 Hz
Margen de Frecuencia de salida	0-650 Hz
Exactitud	0.01 Hz
DIMENSIONES	
Altura	1340 mm
Diámetros	
Base del montaje	1010 mm diámetro
Conductor del motor de antena	830 mm diam
Placa giratoria	860 mm diam
Peso	490 kg
Pintura	Durcol 2/C color 216, Impr. 18-29

3.9.2 Características del transmisor

El Transmisor MSSR es construido enteramente de componentes de estado sólido, incluyendo la etapa de salida de energía de la RF del transmisor. Las características del transmisor son:

a) Frecuencia de interrogación:

- Transmisor MSSR $1030 + 0.2$ MHz.

b) Modos de interrogación:

- Modos de transmisor MSSR: 1, 2, 3/A, B, C, D.

c) Supresión de lóbulos laterales en transmisión (ISLS)

Cuando el equipo está trabajando en modo ISLS, en modos SSR pulso de control P2 será situado $2.0+0.1\mu\text{s}$ después de P1 y razonado por el diagrama de control.

d) Potencia del pico nominal

- La potencia de salida del pico del transmisor MSSR no es menor a 62 dBm.

e) Control de potencia de salida

El transmisor MSSR es equipado con circuitos apropiados para reducir el potencia nominal a -2.5dB, -6dB y -12dB).

f) Radiación falsa

Ausente.

g) Sincronización

El Interrogador MSSR permite sincronización interna o externa de interrogaciones.

Ambos, el interrogador principal y el pausado serán sincronizados.

h) PRF (pulso de repetición de frecuencia)

- De 50 a 450 interrogaciones por segundo. Un PRF pseudo aleatorio se genera internamente.
- PRF externo (normal o escalonado): Ya sea de 50 a 3000 pps (pulsos por segundo)

i) Entrelazado de interrogaciones:

- Simple: X, X, X...
- Dual: X, Y, X, Y...
- Triple: X, Y, Z, X, Y, Z...
- Mixto: Incluso gira: X, Y, Z, X, Y, Z...

Vueltas impares: T, U, V, T, U, V...

X, Y, Z, T, U, V pueden ser cualquier modo de 1, 2, 3/A, B, C o D.

j) Estabilidad de salida: mejor que un dB en amplitud para cualquier pulso en todos los modos de interrogación.

k) Ciclo de trabajo: El transmisor MSSR soporta un ciclo de trabajo de 2%.

3.9.3. Características del receptor

a) Frecuencia del Receptor Nominal

1090 MHz \pm 3 MHz

b) Sensibilidad tangencial del receptor

La sensibilidad tangencial es mejor que -87 dBm.

- c) MDS
La señal mínima detectable es mejor que -90 dBm
- d) Ruido del receptor
La figura de ruido es menor que 5 dB.
- e) Margen dinámico
El margen dinámico del receptor es mayor de 75 dB.
- f) Oscilador Local (L.O)
Tipo SAW, 1030 MHz at 25°C con una estabilidad contra una temperatura de +50/-200 ppm.
- g) Ancho de banda
El receptor tiene un ancho de banda mínimo a -3 dB de 10MHz, a -40 dB de 16 MHz, a -80 dB de 21 MHz, centrado en la frecuencia nominal.
- h) Supresión de banda lateral
Para frecuencias debajo de 1060 MHz y arriba de 1120 MHz, la supresión es mayor que 60 dB.
- i) Frecuencia de imagen
La supresión de frecuencia de imagen es al menos de 60 dB.
- j) Control de generación de tiempo (GTC)
La respuesta dinámica del receptor es suficiente para permitir el pasaje de todas las respuestas recibidas sin limitaciones importantes. Los Interrogadores MSSR también tienen ocho curvas de incremento de tiempo-variable para adaptar el radar a los requerimientos del área de operación.

El valor nominal de la cresta pico es 6 dB por la duplicación de la distancia.

- k) Rechazo de pulsos estrechos
Pulso rechazado: menor que 0.15 μ s de ancho.
- l) Método Técnico de Monopulso
El receptor incorpora un detector de monopulso de medio ángulo perteneciente a la familia de detectores de fases.

3.9.4 Características del extractor de datos

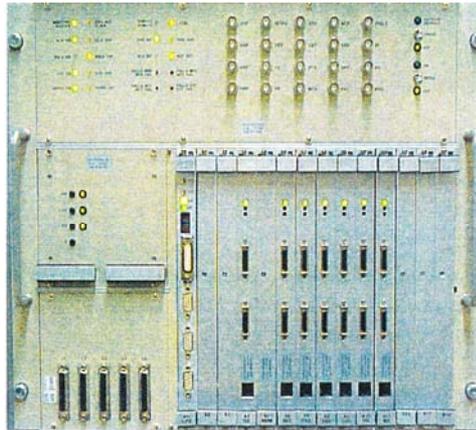
El extractor de datos de monopulso EXT es construido en 19 pulg. Sub-rack que incluye su propio abastecedor de energía, indicadores de estado y puntos de prueba de las señales más significativas en el EXT y un juego de tarjetas de circuitos impresos, cada uno de ellos con funciones claramente diferenciadas.

La estructura del hardware del EXT es la siguiente:

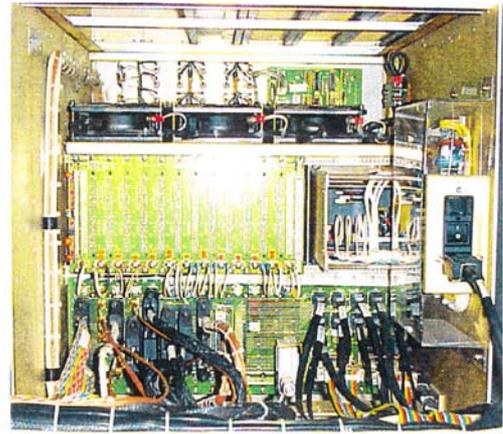
- La operación del EXT es completamente controlada por una tarjeta microprocesador COTS (Ranura A1: CPU). Esta tarjeta incluye dos controladores LAN (Ethernet) para establecer comunicaciones con el Control y la Unidad de Supervisión (UCS) y con el Monitor Local y el Subsistema de Control (SLG).

Figura 31. Extractor de datos

Vista Frontal



Vista Posterior



- Las ranuras A2, A3, A12, A13 y A14 son reservadas.
- La tarjeta A4 (ISE) contiene todos los circuitos de interfaz para las comunicaciones seriales.
 - Datos del Radar (formatos: ASTERIX, etc).
 - Comunicaciones con el EXT dual.
 - Sincronización con GPS.
- La tarjeta A5 (MEM) contiene 512 kbytes de RAM estática para almacenar los datos de las respuestas detectadas por el extractor de respuestas.
- La tarjeta A6 (SEC) es una parte fundamental del extractor de respuestas y contiene los cuatro procesadores de respuesta en tiempo real en cargo de adquirir toda la información relativa para cada respuesta detectada. Este procesador es capaz de adquirir datos acerca de cuatro respuestas traslapadas en tiempo.

- La tarjeta A7 (CAD) lleva a cabo las siguientes funciones:
 - Conversión A/D del Video crudo y del Video de Monopulso (Video OBA: Off Bore Sight Video) con un período de muestra de 50 ns.
 - Almacenaje de las muestras de ambos videos en la Linea de Retraso Digital para estar disponible para el processador de respuesta (A6).
- La tarjeta A8 (DBR) es el Detector de Pulsos de Soporte. Sus funciones principales son:
 - La detección de los pulsos F1 y F2 de la respuesta que se basa en el muestreo de Video crudo normalizada cada 50 ns.
 - Video Defruiter (1 de 2 correladores) para la salida de video para el PPI.
- La tarjeta A9 (COD) es el código de interrogación, y tiene las siguientes funciones:
 - Generación de disparadores internos hacia el EXT
 - Generación en modos de interrogación y entrelace de Modo.
 - Generación del mapa de Potencia
 - Generación del mapa GTC
 - Temporizador BIT del EXT
- La tarjeta A10 (IRE) es el interfaz con el receptor del receptor transmisor de monopulso y lleva a cabo las siguientes funciones:
 - Procesamiento de los videos RAW, Omni, Diferencia y OBA.
 - Control GTC
 - Generación de destino de prueba
- La tarjeta A11 (INT) lleva a cago las siguientes funciones:
 - EXT 20 MHz Master Clock generator

- Videos y otras señales escalonadas
- Interfaz hacia dos codificadores Ópticos de Antena que ésta permite la selección manual o automática de cualquiera de las señales de entrada y genera señales de 4096 y 16384 pulsos/360° para el PPI (Plan position Indicator), La Unidad de Supervisión y Prueba y para el EXT.
- Interfaz para controlar el Panel de Indicadores del EXT.

La generación del sincronismo incluye las siguientes funciones:

- Generación del reloj master del sistema de 20 MHz.
- Generación de disparador interno con PRF (Pulso de repetición de frecuencia) programable entre 50 y 450 Hz.
- Sincronización con un Disparador Interno con frecuencia entre 50 y 3000 Hz con circuito de limitación PRF programable entre 50 y 450 Hz.
- Generación de Stagger con 16 diferentes incrementos de tiempo muerto (0,2,4,... 32 μ s) sobre el valor del PRF programado, con una secuencia de pseudorandom que se repite cada 128 disparos.
- Modo de entrelazar:
 - Simple: X, X, X,...
 - Dual: X, Y, X, Y,...
 - Triple: X, Y, Z, X, Y, Z,...
 - Mixed: Incluso gira: X, Y, Z, X, Y, Z,...
 - Giros impares: T, U, V, T, U, V...
 - (X, Y, Z, T, U, V pueden ser cualquier modo de 1, 2, 3/A, B, C o D)

- Mapa: De acuerdo al diagrama en el entrelace del Mapa.
- Sincronización con la antena: El EXT interconecta hasta dos codificadores Ópticos de antena con 16,384 pulsos/360° (ACP acimut contrast pulse) y un Pulso de Referencia del Norte magnético (ARP acimut reference pulse). La resolución obtenida, de cualquier modo, para la posición del eje de la antena es de 16,384 ACP/360°; la resolución interna usando la técnica del Monopulso es de 65,536 ACP/360° (0,0055°).
- Sectorización de parámetros en acimut: El EXT permite definir hasta 128 sectores de acimut con inicio programable, una parada en pasos de 1°. Para cada sector, pueden ser definidos los siguientes parámetros.
 - Modos de entrelazado
 - Potencia de transmisión
 - Ley GTC
 - PRF
 - Blanqueo (sin transmisión)

Figura 32. Unidades de cabecera radar



3.10 Interfaz con el receptor transmisor de monopulso

El interfaz con el Receptor Transmisor de Monopulso tiene cuatro funciones:

- Control de Transmisor
- Control de Receptor
- Proceso en tiempo real de los videos detectados
- BIT del Receptor Transmisor de Monopulso

El Control de Transmisor incluye la generación de las señales necesarias para la interrogación (Puerta de Interrogación, Puerta ISLS, Modulación del Transmisor) y el Control de Potencia del transmisor.

La potencia de transmisión es seleccionable:

- Muy alto: $P_{\text{máx}} \geq 62 \text{ dBm}$
- Alto: $P_{\text{máx}} -2,5 \text{ dB} \pm 1\text{dB}$
- Mediano: $P_{\text{máx}} - 6 \text{ dB} \pm 1\text{dB}$

- Bajo: $P_{\text{máx}} - 12 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$
- Mapa: De acuerdo al diagrama en a la potencia del mapa.

El control del receptor lleva a cabo la función de Control de Tiempo de Incremento (GTC, Gain Time Control) esta provee ocho ajustes o pasos GTC para adaptar el radar a las demandas de cada localización.

Usted puede programar la sensibilidad para cada GTC en pasos de distancia de 1 μs con valores de manejo del motor de antena desde 0 dB hasta 50 dB sobre la Sensibilidad máxima, ajuste de cuesta y valores de inicio para cada curva GTC.

El funcionamiento del EXT es mayor que 100 objetivos por segundo. El extractor tiene capacidad de tratamiento de saturación, de manera que en un ambiente saturado ellos desechen los objetivos más distantes.

3.11 Interfaces externas del sistema MSSR

Las siguientes interfaces externas están disponibles en el sistema MSSR para la integración entre un sistema de radar:

Antena y manejo de motor de antena: conexiones de RF para tres canales (suma, omni y diferencia) así como control de potencia y datos azimut de la antena, señales ACP y ARP.

Control remoto: se usan dos redes de área local para el control, monitoreo y mantenimiento del sistema MSSR.

Monitor de campo lejano: líneas seriales para controlar y monitorear la Unidad de Monitor de Campo Lejano (transpondedor de prueba).

Datos SSR: Protocolos Seriales y Ethernet para enviar los objetivos MSSR desde el canal en línea, para ser enviados al control de tráfico aéreo.

Pantalla de visualización SSR: Conexiones para una Unidad de Visualización de Radar PPI.

RPT: Aceptación de un disparador externo para sincronización.

LAN 1 y LAN 2: Dos redes de área local diferentes en el lugar del radar. Éstas permiten enviar datos del radar como datos y rastros (pistas), y control remoto y monitoreo.

Las señales de sincronización, datos SSR, video, etc., están también disponibles en el panel frontal del estante del Interrogador MSSR; estos no forman parte del interfaz externo pero son accesibles desde el exterior para propósitos de mantenimiento y supervisión sin la necesidad de ninguna acción adicional para acceder a ellos.

3.12 Interfaz de comunicaciones de radar

El Interrogador MSSR tiene dos interfaces operativas para datos de radar:

- Cuatro líneas seriales para Datos de Radar Operativos y dos líneas seriales para el Monitor de Mantenimiento.

- Dos LAN Ethernet.

Para transmitir los datos al Centro de Control ATC pueden ser usadas las dos interfaces.

Las características de cada interfaz son:

Líneas seriales:

Datos	DDE; ASTERIX.
Interface	RS-232/RS-422
Velocidad	hasta 19200 bps (varias opciones 2.400, 4.800, 9.600, 19.200, usualmente 9.600)
Número	4 , DDE1 , DDE2 , Asterix1 and Asterix2

LAN:

Protocolo	Level 1 & 2 : Ethernet II, 10Base2 Level 3 : IP (RFC 791) Level 4 : UDP (RFC 768)
Velocidad	10 Mbps
Número	2

Si se detectan líneas seriales, se usarán modems locales, pero si el LAN es seleccionado, se usarán routers u otro tipo de convertidor para que sirva como función de enlace entre la Estación de Radar y el Centro de Control ATC. Normalmente, LAN es convertida a un interfaz X.25 para usos de una red empaquetada pero se pueden utilizar también otras soluciones.

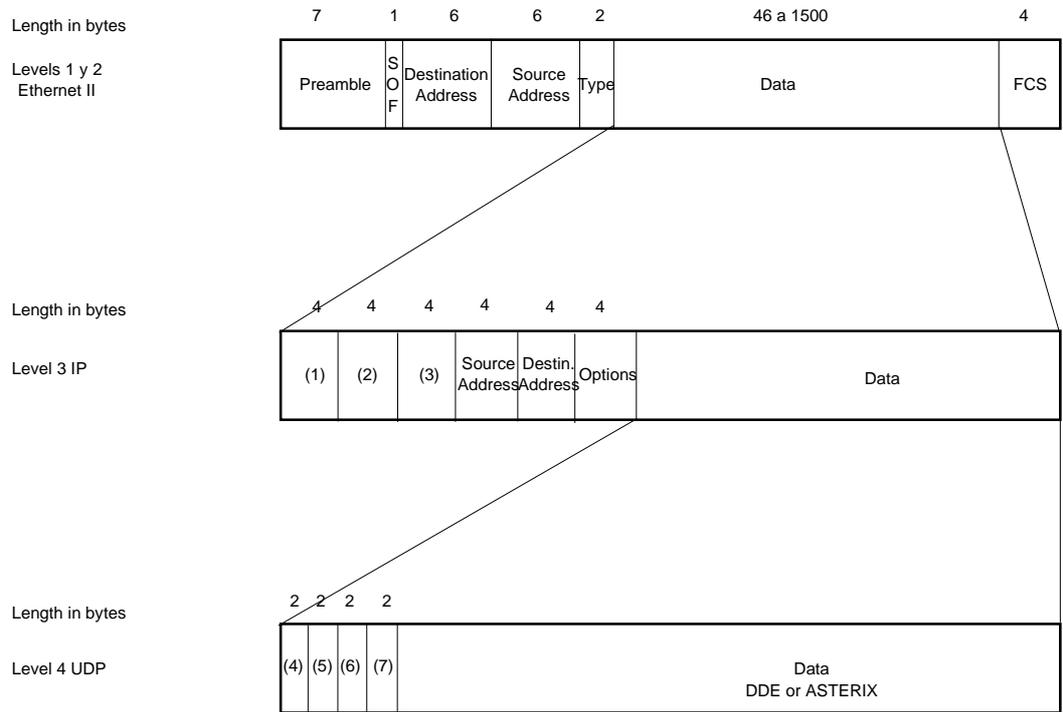
La velocidad mínima recomendada es de 2400 bps para señales DDE, 4800 bps para señales Asterix y 19200 bps si se usa LAN/X.25.

Este sistema es muy flexible y se puede adaptar a las varias diferentes configuraciones.

Desde el Radar SLG o el SRG, el operador controla todas las funciones relacionadas con esta interfaz. Es posible habilitar/deshabilitar las líneas seriales o el LAN, elegir datos alternados o no, etc.

Figura 33. Protocolos de la red de área local

LAN PROTOCOLS



Legend :

SOF : Start of the Frame
 FCS : Checksum

(1) : Version (1/2 Byte), Header length (1/2 Byte), Type (1 Byte) & Total Length (2 Bytes)
 (2) : Identification (2 Bytes) , Flag (1/2 Byte) y Offset
 (3) : Time (1 Byte), Upper Level Protocol (1 Byte) & Header Checsum (2 Bytes)

(4) : Source
 (5) : Destination
 (6) : Length
 (7) : Checksum

3.13 Condiciones del entorno

3.13.1 Condiciones dentro del edificio

Aquellas partes del equipo que son diseñadas para ser instaladas adentro del edificio encontrarán esta especificación bajo las siguientes condiciones:

- a) Un rango de temperatura ambiente de de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) Una humedad relativa de
 - * 95% para temperaturas de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y abajo de ella
 - * 60% para temperaturas arriba de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) Una presión atmosférica abajo debajo de 840 milibares

En el Puerto San José, el clima es húmedo, tropical. La temperatura promedio del área es de 26 grados centígrados.

3.13.2 Condiciones de equipo desprotegido del Radar del Puerto de San José

Aquellas partes del equipo que son diseñadas para ser instaladas sin protección de edificio encontrarán estas especificaciones bajo las siguientes condiciones:

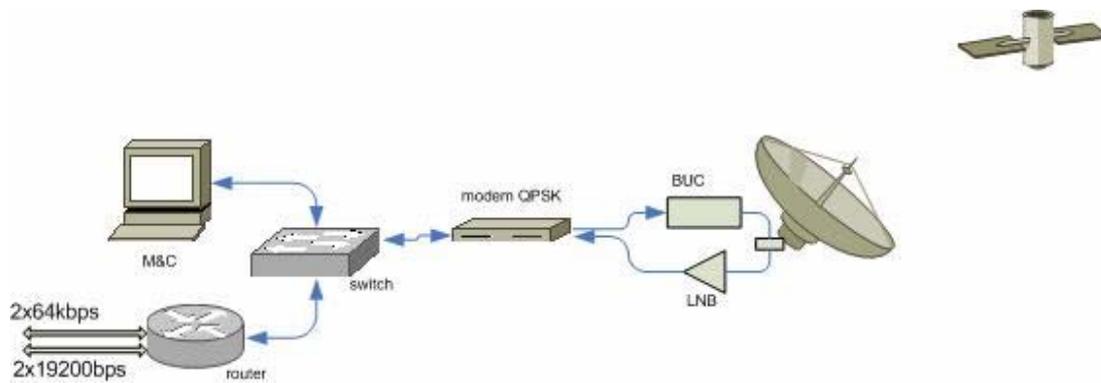
- a) un rango de temperatura ambiente de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) una humedad relativa de
 - * 95% para temperaturas de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y más abajo
 - * 60% para temperaturas arriba de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$

c) una presión atmosférica debajo de 840 millibars

3.14 Estación Vsat

La figura 34 muestra la arquitectura provisional del sistema de Guatemala en La Aurora.

Figura 34. Arquitectura de la red V-sat en Guatemala



La Figura 35 muestra la arquitectura provisional del sistema de Guatemala en San José.

Figura 35. Arquitectura de la Red V-sat en el Puerto de San José

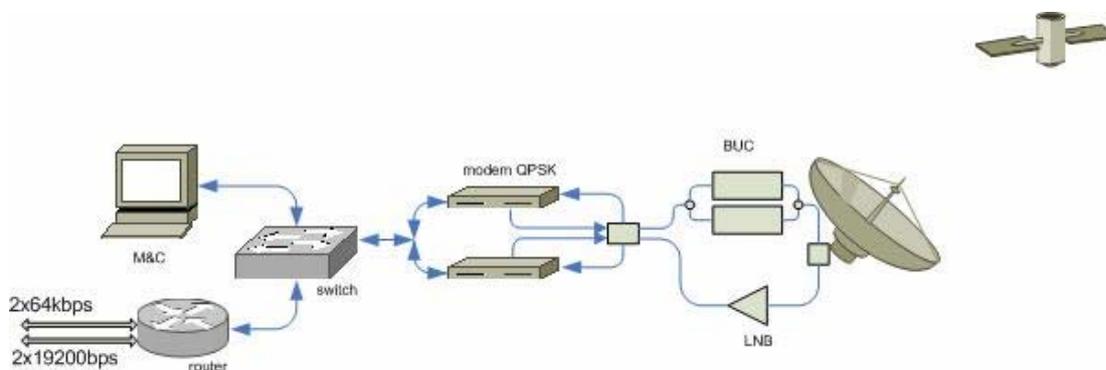
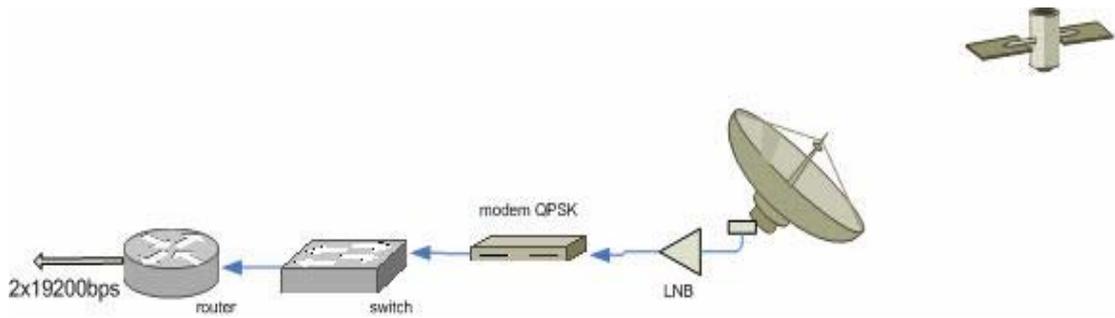


Figura 36. Muestra la arquitectura provisional del sistema de Guatemala en Retalhuleu.



3.15 Presupuestos de los Consumos de Energía (sistema monofásico)

La siguiente tabla muestra el consumo máximo de los diferentes elementos. Los valores máximos son basados en grados (o posiciones) del equipo, necesitadas para encontrar las peores exigencias del caso y las condiciones de operación (excluye picos transitorios).

Tabla II. Consumo máximo de los diferentes elementos esenciales

Descargas esenciales	Descarga		
	Am p	KVA	PF
Rotor de antena (1 Motor)	12	3.3	0.8
Circuito de rotor auxiliar	1.5	0.3	0.9
Cabina del radar	3.0	0.8	0.9
Estación VSAT	2.0	0.5	0.9
Aire acondicionado	8	2.2	0.8
GPS	1.0	0.2	0.9
Sistema de alarma de fuego	1.0	0.2	0.8
Sistema de alarma de intruso	1.0	0.2	0.9
Reserva 25%		1.6	
Total		9.3	

FUENTE: Datos tomados de etiquetas de los equipos y entrevistas la personal a cargo

Tabla III. Consumo máximo de los diferentes elementos no esenciales

Descargas no esenciales				Localización
	Amp	KVA	PF	
Iluminación interna	4	0.7	0.8	Refugio
Zócalos auxiliares	10	2.2	1	Refugio
Iluminación externa	15	2.5	0.8	Externa
Refugio auxiliar	9	2	1	Refugio. Aux.
Total		7.4		

FUENTE: Datos tomados de etiquetas de los equipos y entrevistas la personal a cargo

Tabla IV. Resumen del sistema de potencia (sistema monofásico)

Resumen	KVA
Descargas esenciales	9.3
Descargas no esenciales	7.4
Total	16.7
Reserva 25%	5.22
Total	22

FUENTE: Cálculos de tablas 1 y 2

Tabla V. Datos de disipación de la energía

EQUIPO/ LOCACION	DISIPACION MÁXIMA KW	DISIPACIÓN TÍPICA KW
Equipo del radar	2.0	1.5
UPS	2.0	1.0
Sistema de manejo del motor de antena	8.0	3.0

FUENTE: Etiquetas de equipos y entrevistas al personal a cargo.

Los valores típicos son aquéllos esperados bajo más condiciones ambientales normales e indican descargas actuales anticipadas en estas situaciones.

3.16 Sistema de puesta en tierra

En el diseño del sistema de puesta en tierra, se ha tomado en cuenta principalmente la estructura de la torre de la Antena con la base y ambos refugios localizados cerca de la torre (el edificio del MSSR y el edificio del Generador de Energía).

El diseño final del sistema de puesta en tierra será definido después de las medidas apropiadas y estudios de resistencia de tierra, de cualquier modo considerando el tipo de tierra y el sector del Puerto de San José (húmedo arcilloso, lodoso) hemos asumido una resistencia de entre 300 y 500 ohms por metro cuadrado.

Así, fue diseñado un sistema de puesta en tierra compuesto por redes “dedicadas”, lo que significa que habrá una red para la torre de Antena, una segunda red

para el edificio del Radar y otra para el edificio del Generador de Diesel. Estas redes serán instaladas perimétricamente al lugar, con barras de cobre de 20 mm de diámetro y 2,40 m de largo ensamblado por un calibrador (medidor) conductor de cobre descubierto No. 4/0 AWG, y las áreas serán intercaladas en sus puntos medios. También, será construida una red de puesta en tierra para el sistema protector de iluminación, usando el mismo conductor que en el caso anterior pero en vez de barras de autógena de cobre se usarán cuatro platos de cobre de 60X50 cm y 3 mm de espesor cada uno, que serán instalados verticalmente con 60 cm de profundidad debajo de los blocks de la base de la torre de la antena.

De acuerdo a los últimos estudios de ingeniería, se considera que la interconexión del sistema de puesta en tierra decrece las diferencias de los voltajes potenciales entre partes de la misma instalación, reduce la resistencia global, distribuye las corrientes de suspenso de mejor manera y, sobre todo, es más segura y confiable.

Así, en nuestro diseño, las líneas de puesta en tierra “dedicadas” serán interconectadas con un conductor de cobre descubierto No.4/0. Es importante la instalación de una bobina de estrangulación entre el punto de puesta en tierra del protector de iluminación y los otros puntos de puesta en tierra; esta bobina de estrangulación ofrece una resistencia baja (cerca de cero) en funcionamiento normal mejorando los puntos de puesta en tierra y una alta impedancia en frente de impulsos de corrientes circulantes a los conductores de puesta en tierra, reduciendo así los voltajes excedidos conducidos (se origina la corriente de una iluminación).

Se instalarán barras de cobre equipotenciales en cada lugar para la conexión de las redes de puesta en tierra al equipo, dispositivos electrónicos, bandejas de cable, etc.

3.17 Torre de antena

3.17.1 Altura de la torre

Para este sitio, es prevista una torre de 10 metros de altura.

Las figuras de arriba muestran un modelo de torre adecuada para este sitio.

3.17.2 Bases (fundaciones) de la torre

En este párrafo se describe el estudio de bases típicas de acuerdo al tipo de terreno existente. Cuando esté hecho el estudio geotécnico preciso, las bases serán particularizadas para el sitio del Radar.

La base de la torre de antena es de bloques de concreto. Las dimensiones y estructura de estos cubos dependen de la altura de la torre, de la cúpula protectora de la antena y del área de terremoto.

Figura 38. Detalles de las bases de la torre.



3.17.3 Método de cálculo

El cálculo y chequeo de la estructura ha sido realizado por el Programa de Ensayo de Cálculo Especial de Estructuras Tridimensionales, versión 5.2 de Arktec, usando una Computadora Personal Compatible (PC).

3.17.4 Coeficientes de seguridad

El coeficiente de mayorización de descargas está ajustado a 1,5.

Las acciones térmicas no se consideran como allí, más bajas que 40 metros todas las dimensiones.

Los cálculos toman en cuenta las acciones sísmicas equivalente en Reglas Españolas.

3.18 Descripción del RADOMO

Para preservar la Antena del radar y el Sistema de manejo del motor de las adversidades del ambiente y de las condiciones del tiempo, la estación incluye un Radomo instalado en la plataforma de la Torre de la Antena.

Figura 39. Fotografía de radomo



Fuente: Fotografía tomada al radomo del Radar del Puerto de San José

El Radomo es una estructura rígida de apoyo propio de construcción Sándwich Multipanel. Los materiales permitirán la permeabilidad de energía electromagnética con las perturbaciones mínimas para el correcto funcionamiento del Sistema MSSR y habrá materiales dieléctricos de alta resistencia evitando la generación de hongos y otros elementos.

Las dimensiones mínimas del Radomo interno, cuando es ensamblado son:

-Diámetro de base	9,45 m
-Altura	6.30 m
-Diámetro ecuatorial	9.80 m
-Peso	< 1320 Kg

Todos los componentes metálicos y accesorios en el Radomo son hechos de acero inoxidable y todos los otros componentes metálicos son tratados para proporcionar la resistencia de corrosión.

El diseño y construcción del Radomo es para la perturbación mínima con el funcionamiento electromagnético siguiente:

- Banda de Frecuencia 1.03 GHz a 1.09 GHz
- Pérdida de transmisión < 0,1 dB (una vía)
- Perturbación del lóbulo lateral < 1 dB a nivel -25 dB
- Transparencia < $\pm 0,01$ Grados
- Cambio de apertura < 1.3 %

4. SISTEMA DE ENERGÍA Y CABLEADO

4.1 Interconexiones y cableado

Los cables que proporcionan energía al edificio, la Torre y a toda la instalación, son parte de la obra civil.

Los cables serán medidos para llevar la carga completa más cualquier corriente transitoria, anticipada, bajo todas las condiciones de operación. La caída del voltaje entre la fuente y cualquier carga no excederá el 2.5% del voltaje nominal. La resistencia de aislamiento de la instalación de la energía no será menor que $100K\Omega$.

Todos los cables de potencia incluirán un conductor de continuidad protector de tierra. El neutro en todos los cables de potencia será del mismo tamaño (medida) que los conductores de fase.

Las bandejas de cable y los ductos serán suministrados para los cables entre el edificio y la Antena. La capacidad de estos ductos será al menos para introducir los siguientes cables:

Energía.....	1 Cable de 25 mm de diámetro
Comando/BITE.....	2 Cables de 20 mm de diámetro
R.F.....	3 Cables de 22.2 mm de diámetro
Información Azimut.....	2 Cables de 20 mm de diámetro
Control.....	1 Cable de 15 mm de diámetro

Los suministros para todo el equipo, incluyendo el Radar MSSR y el de Manejo del Motor para Antena, serán monofásicos y con conductor de tierra. La fuente de suministro será a través de un UPS.

Este párrafo describe el cableado de interfaces externas de Radar. Estas señales pueden ser divididas en tres grupos:

- Interfaz con la antena.
- Interfaz con el Centro de Control: LAN y/o Líneas Seriales de Datos.
- Cableado de energía
- cableado vsat

Los cables entre el Radar y la antena son:

- Señales de RF: Coaxial 7/8", conectores Tipo N, tres cables.
- Señales codificadoras: Multicableado torcido protegido (blindado), dos cables.
- Comandos/BITE: Multicableado torcido protegido (blindado), dos cables.
- Control de antena: Un cable de potencia standard.

Los cables entre el Radar y el Centro de Control estarán acordes con las comunicaciones e interfaces usadas.

4.2 Características del SISTEMA DE ENERGÍA

El voltaje disponible en ese sitio es de 220V/60Hz.

4.2.1 Generador del motor auxiliar

El generador será capaz de suministrar todas las cargas, el voltaje esencial y no esencial, incluyendo cualquier encendido o corrientes transitorias.

Sobre pérdida de potencia comercial, el generador se iniciará automáticamente y su voltaje conectado a la carga. La pérdida de potencia comercial es definida como potencia que no cumple los requisitos especificados arriba, Características de Energia y Calidad de voltaje. La transferencia de potencia suministrado por generador estará completa en el plazo de dos minutos de la pérdida del potencia comercial.

El generador será conectado al Sistema de Electrodo de Tierra.

Será necesario proporcionar un generador, dos UPS's e incluir un tanque lleno de combustible (1000 litros).

4.2.2 Interruptor de transferencia automático (ATS)

El interruptor de transferencia automático seleccionará la salida del generador cuando el voltaje comercial falle. La transferencia a la salida del generador será inhibida si el voltaje del generador no cumple las características y calidad especificadas. La transferencia del interruptor será supervisada antes de ejecutar.

El ATS seleccionará la fuente de energía comercial cuando el suministro de energía comercial regrese a las especificaciones. La transferencia de regreso hacia la fuente de potencia comercial no tendrá lugar hasta que la utilidad esté estable entre las especificaciones por al menos cinco minutos.

Un contacto aislado estará cerca siempre que el ATS haya seleccionado la fuente de potencia del generador. Esta información es usada para supervisar desde un punto remoto, el estatus de la potencia comercial.

5. SISTEMA DE PUESTA EN TIERRA

5.1 Características generales

Alrededor de la torre del radar, del edificio MSSR y del edificio de la energía será construido un suministro de potencia de tierra perimétrico, siendo todos ellos ensamblados en el equipotencial a través de una soldadura exotérmica. El punto equipotencial será el punto de ensamblaje entre las redes perimétricas, obteniendo de esta manera una topología de red radial.

En cada cuadro de la torre y en ambos edificios existirán dos cajas de registro, lo mismo que en el punto equipotencial de la red.

Las cajas de registro nombradas serán conectadas por cables de cobre 4/0 AWG de archivos múltiples. En cada una de las cajas de registro existirá una barra de interruptor de tierra, que se conectará a los cables de cobre por una soldadura exotérmica. Todos los interruptores de la red perimétrica serán instalados en una profundidad de 18" o más abajo que el nivel del piso.

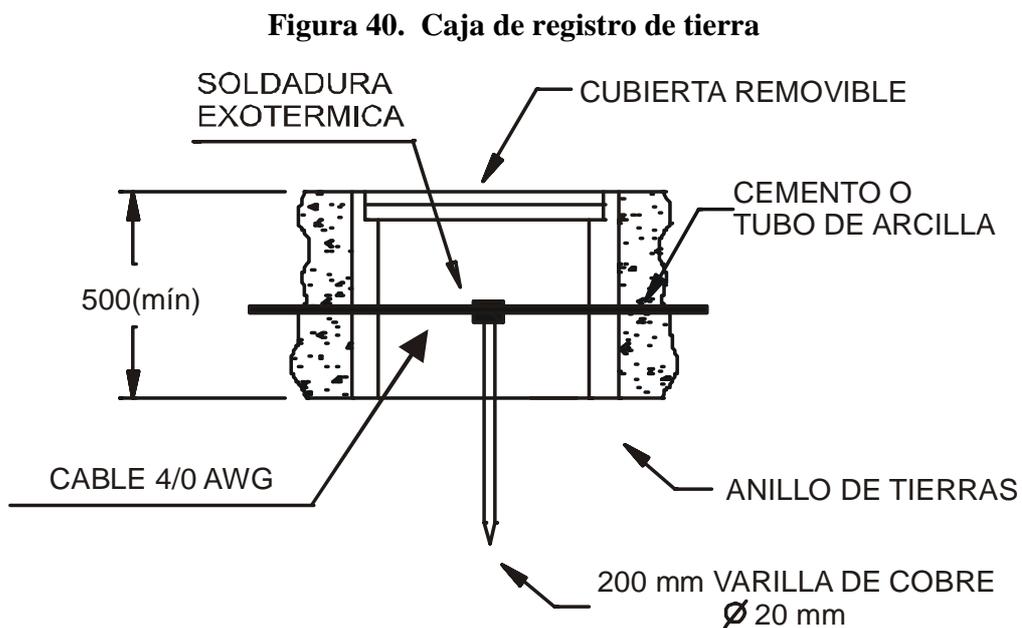
En cada una de las entradas al edificio se instalará un cabezal de tierra que estará fuertemente aterrizado y se conectará al suministro de potencia terrestre. En el mencionado cabezal se instalarán protectores de voltajes transitorios excesivos en líneas telefónicas, cables coaxiales y en cualquier punto apropiado.

El sistema de cambio terrestre, estructura metálica cables, etc., serán observados de manera individual y sin hacer puentes entre el equipo.

El estudio y la arquitectura del sistema de puesta a tierra se muestran en el párrafo 3.2.

5.2 Cajas de registro

En el diseño del sistema de puesta en tierra se consideran las cajas de registro representadas en la siguiente figura:



La energía que suministra la caja de registro es usada como caja de registro de las líneas de energía, haciendo más fácil las tareas de mantenimiento.

En la tierra una caja de registro esta unida con cables de cobre 4/0AWG con la barra hacia la tierra a través de soldaduras exotérmicas, permitiendo de esta manera una labor fácil de revisión y mantenimiento.

Todas las cajas de registro instaladas tienen dimensiones determinadas de 600x600x500 mm y serán cubiertas por una cobertura removible.

5.3 Conducción del cableado entre cajas registradoras

Las figuras siguientes muestran la estructura empleada para conducir los cables de energía entre ambos edificios. Esta estructura consiste en 3 tubos PVC o similares de 80 mm de diámetro, situados a más de 250 mm de profundidad, y cubiertos por una capa de arena.

También es indicado la manera en que los cables 4/0 AWG son conducidos entre las cajas de registro, y serán instalados a 18" de profundidad o a más profundidad que el piso.

Figura 41. Zanja de cableado

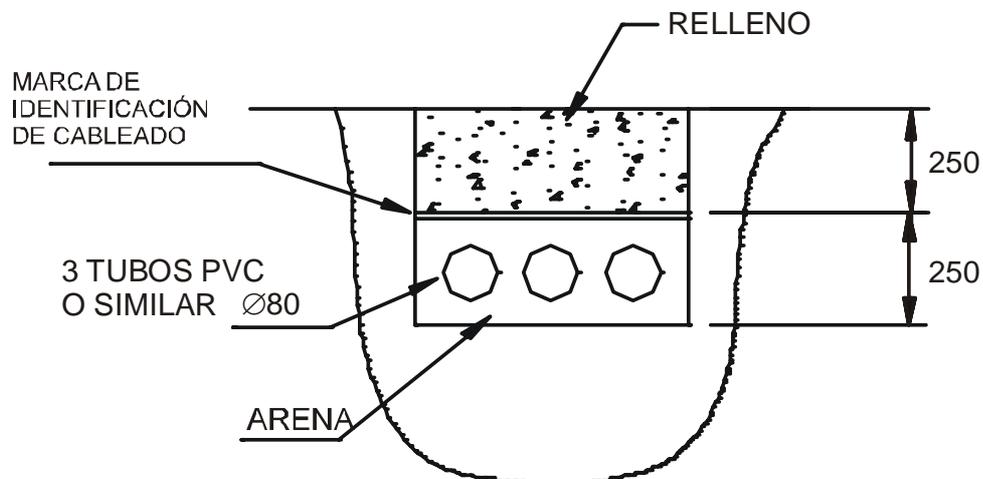
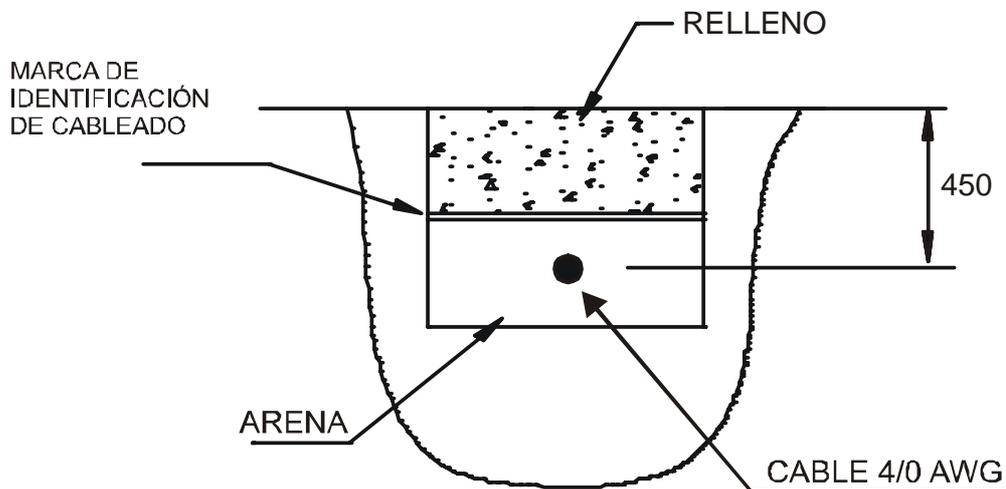


Figura 42. Zanja de cables 4/0 AWG.



5.4 Conexiones en las Cajas de Registro

El conductor de acero inoxidable está conectado desde el pararrayos hacia la caja de registro, donde básicamente están cimentados, los tornillos equipotenciales que conectan al suministro de potencia de la tierra, el gastador de energía llamado “pierna de ganso” tiene sus piernas conectadas a una barra de 8’x5/8”. Este interruptor de punto con el suministro de potencia perimétrico, es hecho a través de una soldadura exotérmica, que proveerá una alta resistencia contra la corrosión.

En cada una de las cajas registradoras, existirá un interruptor de barra de tierra, que se quedará cambiado a los multicables de cobre 4/0 AWG por una soldadura exotérmica. Todas las conexiones de red perimétricas serán instaladas a una profundidad de 18” o más profundo que el piso.

La red perimetral que está desde la torre del radar será conectada al punto equipotencial a través de un tornillo equipotencial. Ambos edificios estarán perimetrados con cajas de registro laterales.

Cada conexión entre terminales, cables y barras serán realizadas una soldadura exotérmica.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se definirá el concepto de servicios ATS, se hará una breve descripción de los mismos y se profundizará en aquellos temas que se vean directamente afectados por el nuevo sistema radar del Puerto de San José. Luego de hacer una breve exploración en lo que se refiera a los servicios de tránsito aéreo pasaremos al impacto del nuevo sistema radar en cada uno de dichos servicios

Las siglas ATS tienen como significado “Air Traffic Services” o “Servicios del Tránsito Aéreo”, los servicios ATS son aquellos que están destinados a hacer la navegación aérea más segura, eficiente, efectiva, y en general; destinados ser un soporte en tierra a todas aquellas aeronaves que se encuentren realizando maniobras dentro de espacios aéreos controlados.

Los servicios ATS están divididos de la siguiente manera:

- Servicios de Control de Tráfico Aéreo
- Servicio de Información de Vuelo en Ruta
- Servicio de Alerta

6.1 Servicio de control de tráfico aéreo

Es el que es prestado en cada país por un centro de control de tránsito aéreo, en el cual se encuentran los equipos necesarios y el personal calificado para girar instrucciones concisas a las aeronaves, con el propósito de mantener el tránsito aéreo de manera segura, ordenada y fluida.

Los objetivos del servicio de control de tránsito aéreo son:

- a. Prevenir colisiones entre aeronaves
- b. Prevenir colisiones entre aeronaves en el área de maniobras y entre esas y los obstáculos que haya en dicha área
- c. Acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo

Definiremos ahora el término *área de maniobras*, ésta es una superficie que incluye las pistas y calles de rodaje, pero no las plataformas, cosa ésta que sí incluye el área de movimientos.

Área de maniobras = Pistas + Calles de rodaje

Área de movimientos = Pistas + Calles de rodaje + Plataformas

Para llevar a cabo los objetivos expuestos anteriormente, las dependencias ATC deben disponer de la información sobre el movimiento proyectado de la aeronaves, determinar las posiciones relativas de las mismas, expedir autorizaciones e información y coordinar las autorizaciones con otras dependencias.

Como señalamos anteriormente, una de las tareas encargadas es la separación entre aeronaves para evitar colisiones, y para ello se emplearán las mínimas de separación que dependerán de numerosas variables:

- Tipo de espacio aéreo
- Separaciones aplicables en partes adyacentes
- Tipos de ayuda a la navegación disponibles
- Tipos de maniobras
- Tipos de aeronaves y secuencia (separaciones por estela turbulenta)
- Circunstancias meteorológicas y técnicas

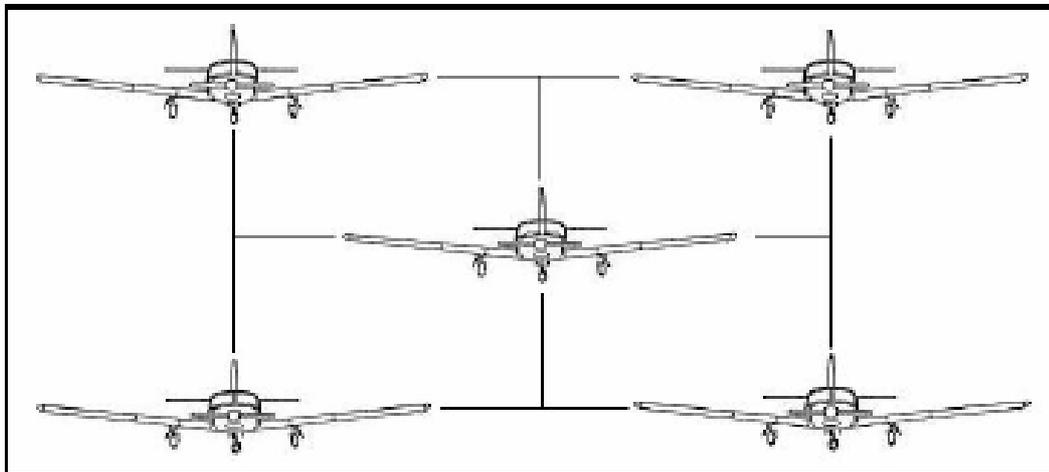
Las separaciones que podrán ser aplicadas por los ATC pueden ser de dos tipos:

VERTICAL, mediante la asignación de niveles de vuelo distintos.

HORIZONTAL, estableciéndose en base a criterios de tiempo o distancia, que a su vez puede ser:

- **Longitudinal**: se mantienen distancias entre aeronaves que lleven la misma derrota, convergente o recíproca.
- **Lateral**: se mantiene a las aeronaves en distintas rutas.
- **Compuesta**: combinación de separación vertical, por una parte, y de separación horizontal o longitudinal, por otra.

Figura 43. Tipos de separaciones entre aeronaves



6.2 Categorías del servicio ATC

6.2.1 Servicio de Control de Área (ACC)

Es el servicio suministrado a los vuelos controlados en un CTA, un TMA o una AWY. A continuación se presentan las definiciones técnicas de CTA, TMA y AWY.

Aerovías (AWY): las aerovías son espacios aéreos controlados en forma de corredor, las cuales son necesarias para canalizar el tránsito aéreo entre determinados puntos del espacio aéreo.

El límite superior suele ser el límite superior del espacio aéreo, y el límite inferior un límite prefijado.

Área de Control Terminal (TMA): los TMA (Terminal Manoeuvring Area) son áreas controladas que se establecen generalmente sobre uno o varios aeropuertos donde confluyen varias AWY y cuyo objetivo es controlar el tráfico IFR que entra o sale de los mismos.

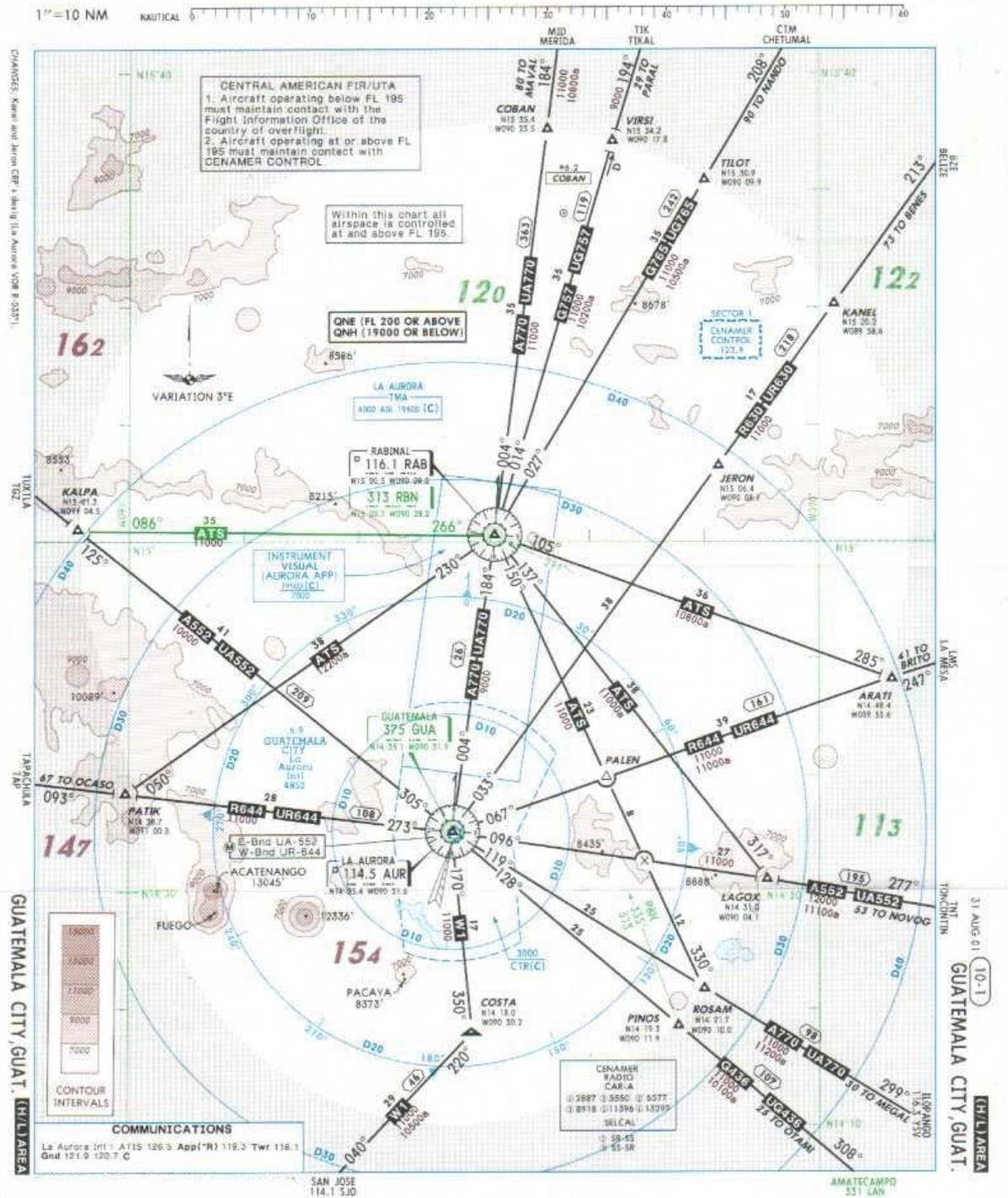
Área de Control (CTA): el CTA (Controlled Traffic Area) se establece encima de uno o varios aeropuertos para los que el tráfico y las dimensiones no justifican un TMA. Si un CTA se localiza en espacio aéreo superior se denomina Área de Control Superior, UTA (Upper controlled Traffic Area).

Los límites verticales de los TMA y CTA para el caso de Guatemala son los siguientes:

Para CTA: desde el terreno hasta 3000 pies de altura.

Para TMA: desde la altitud mínima publicada hasta 19500 pies de altitud.

Figura 44. Área terminal de La Aurora



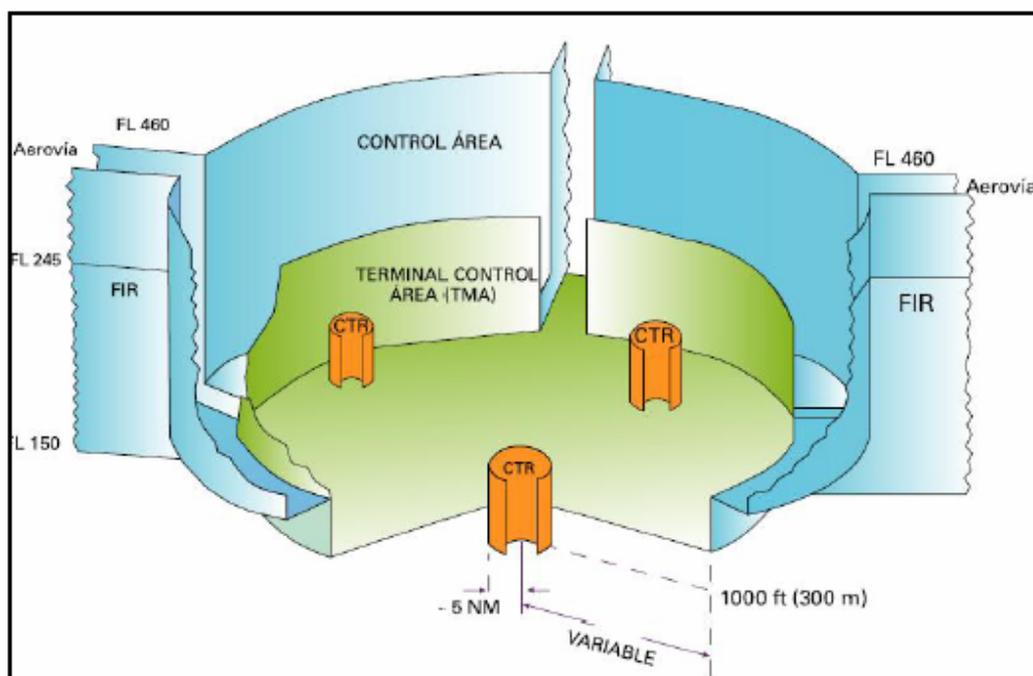
6.2.2 Servicio de control de aproximación

Es el servicio suministrado para la llegada o salida de los vuelos controlados en una zona de control, CTR, con el fin de: prevenir colisiones entre aeronaves en las fases de aproximación y salida y acelerar y mantener ordenadamente el movimiento.

Zona de control (CTR): la CTR (Controlled Traffic Region) es un espacio asociado a un aeródromo que tiene por objeto el proteger las entradas y salidas IFR. Cuando existen varios aeródromos próximos se suele definir un solo CTR que los incluya.

Los límites laterales suelen circunscribirse a un cilindro de 5 millas náuticas medidas a partir del centro del aeropuerto, el límite inferior es el terreno, y el superior, como mínimo el nivel inferior del CTA u otra altura prefijada superior a esta.

Figura 45. Tipos de espacio aéreo



Existen básicamente dos clases de control:

- *Control por Procedimientos*: Llamado también *convencional*, se fundamenta en los informes de posición emitidos por los pilotos a través de comunicaciones orales tierra-aire. Puede reportarse cuando el controlador lo pida o en puntos preestablecidos de notificación obligatoria. Debido a que no se tiene un conocimiento preciso de la posición de la aeronave, las separaciones entre aeronaves deben ser grandes.
- *Control por Radar*: Aparte de las comunicaciones orales, se usa la vigilancia por medio de radares. Aquí se permiten menores separaciones porque el controlador cuenta con información sobre la posición de todo el tráfico aéreo en su área.

En las siguientes páginas se presentan cartas de procedimientos publicados para las llegadas y salidas de aeronaves del aeropuerto internacional La Aurora.

Figura 47. Procedimiento de salida hacia el Norte

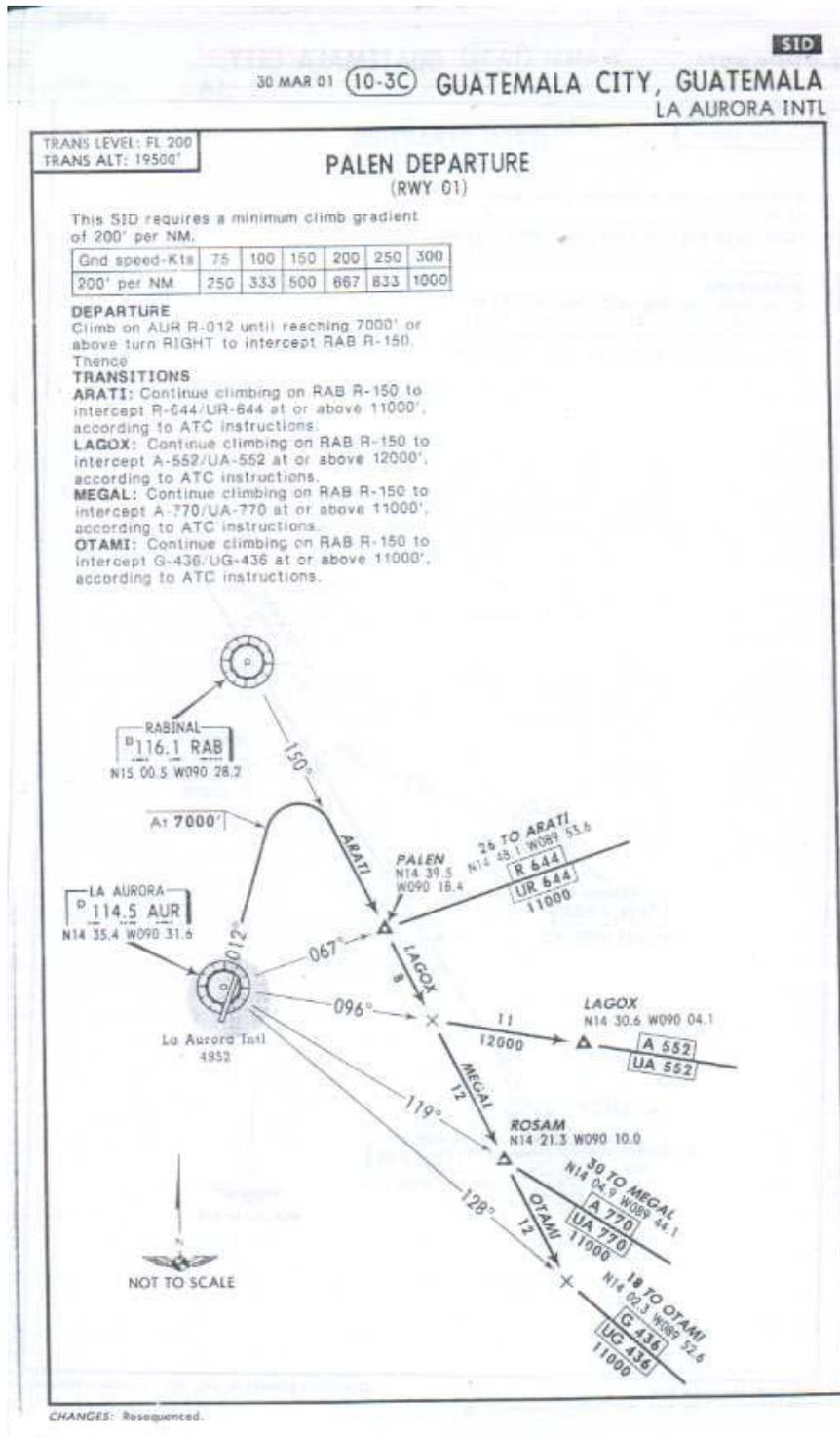


Figura 48. Procedimiento de llegada de Sur a Norte

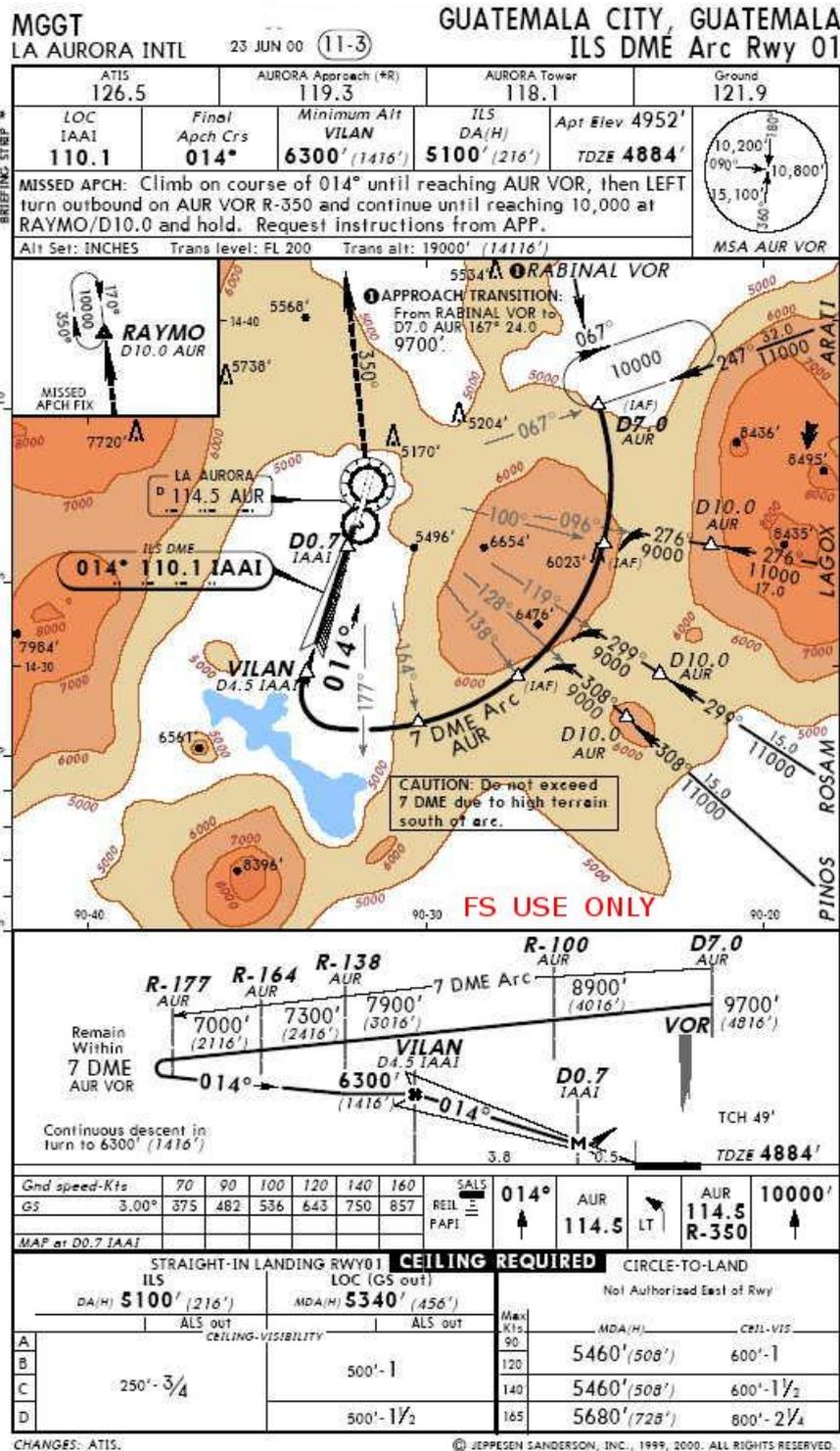
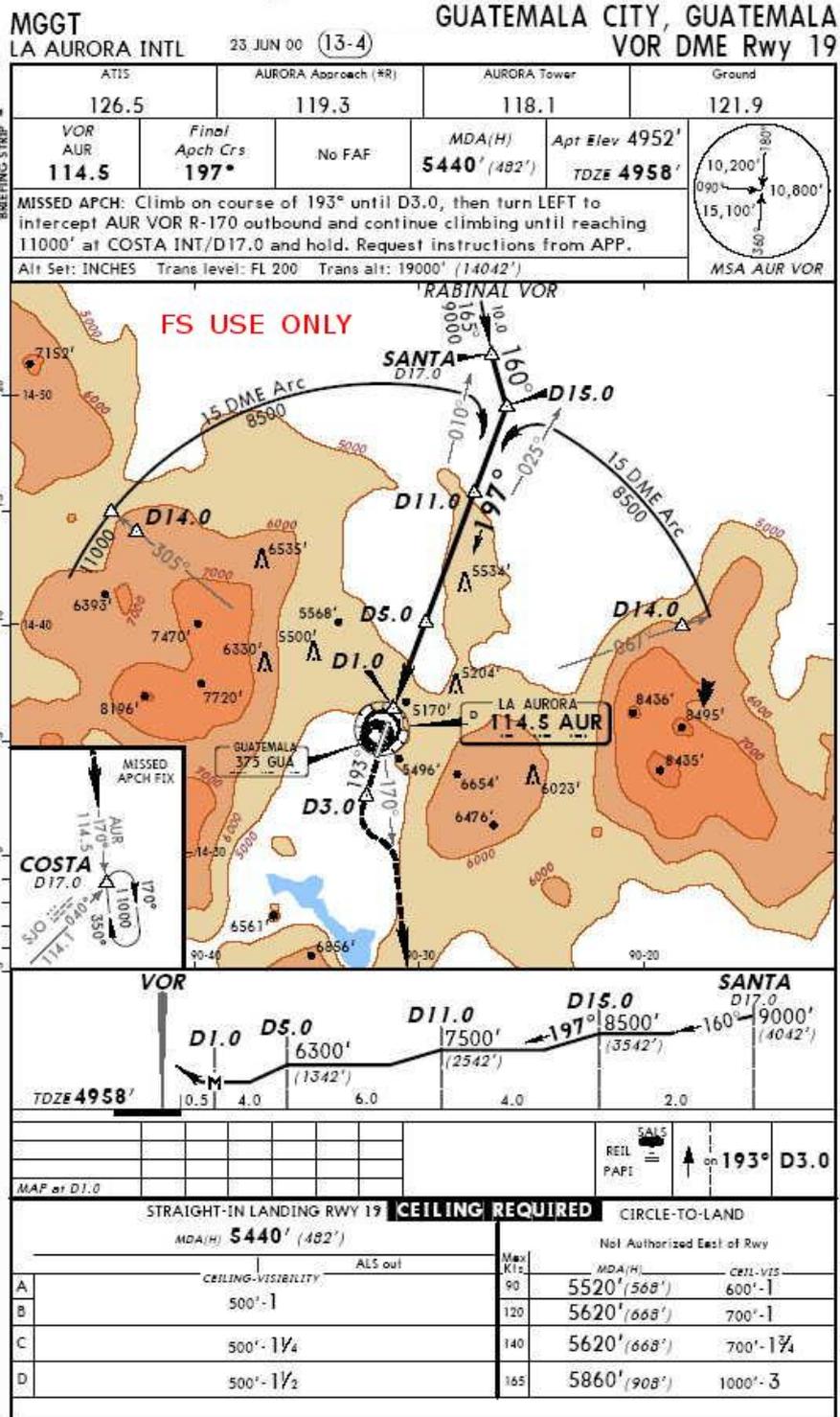


Figura 49. Procedimiento de llegada de Norte a Sur



6.2.3 Servicio de control de Aeródromo

Es el servicio que se presta a los tránsitos de aeródromo, ATZ.

- **Zona de Tránsito de Aeródromo (ATZ):** esta zona corresponde al movimiento de aeronaves en las proximidades de un aeródromo. La ATZ es un espacio aéreo controlado asociado a un aeródromo que se establece para que la Torre de Control (TWR) pueda controlar el tránsito de aeródromo y proteger a los VFR. Cuando además existe tráfico IFR y se ha establecido un CTR, éste suele englobar al ATZ. Su máxima extensión lateral es de 25nm. La siguiente figura muestra las dimensiones del CTR de Aurora.

Figura 50. CTR Aurora



6.2.4 Servicio de información de vuelo FIS

Este servicio tiene por objetivo facilitar a las aeronaves en vuelo información útil para una realización segura y eficaz de los vuelos. Para ello, se completa y actualiza durante el vuelo la información recibida por el piloto del servicio MET y AIS, y para ello se proporciona información actualizada de tránsito, meteorológica, operacional y otros tipos de información que puedan afectar a la seguridad.

La responsabilidad sobre los contenidos de la información que transmite el FIS es de los que originan esta información. El FIS no exime al piloto al mando de una aeronave de sus responsabilidades, y es el que tiene que tomar las decisiones definitivas.

Las dependencias que pueden prestar el servicio son:

- **Centro de información de vuelo FIC:** cuando el FIS es el único servicio prestado al tránsito en ruta.
- **Dependencia AFIS** (véase siguiente apartado)
- **Cualquier otra dependencia ATC** si además de FIS se proporciona servicio ATC.

6.2.5 Servicio de información de vuelo de aeródromo (afis)

Es un paso intermedio entre el servicio de control de aeródromo y la inexistencia de servicios ATC.

Los aeródromos con servicio AFIS son aeródromos no controlados que proporcionan servicio de información y alerta. Será responsabilidad del piloto utilizar estos servicios para mantener la separación entre aeronaves. El área en la que se

proporciona servicio AFIS se denomina **FIZ** (Flight Information Zone) y sería el equivalente al ATZ.

6.3 Servicio de alerta

Cuando un servicio ATS considera que una aeronave se encuentra en estado de emergencia pone en funcionamiento el Servicio de Alerta. Los responsables del servicio notifican a los **Centros Coordinadores de Salvamento** o **CC** (Rescue Coordination Center) la fase de emergencia en la que se presume que se encuentra la aeronave, siguiendo las siguientes fases y con las siguientes premisas:

6.3.1 Fase de incertidumbre (INCERFA)

Cuando no se haya recibido comunicación alguna de la aeronave dentro de los 30 minutos siguientes a la hora prevista para la misma o siguientes al momento en que por primera vez se trato de establecer contacto de manera fallida con la misma. Lo primero que ocurra.

Cuando la aeronave no llegue en los 30 minutos siguientes a la hora prevista de llegada anunciada por ella o la calculada por las dependencias ATS. La que suceda más tarde.

6.3.2 Fase de alerta (ALERFA)

Cuando transcurrida la fase de incertidumbre, en las siguientes tentativas de obtener noticias de la aeronave no se consigan, o cuando una aeronave ha sido autorizada a aterrizar y no lo hizo en los 5 minutos siguientes a la hora prevista de aterrizaje y no se haya podido establecer contacto.

Cuando se reciban informes de un mal funcionamiento de la aeronave sin que ello suponga que sea probable un aterrizaje de emergencia.

Cuando se sepa o se sospeche que una aeronave se encuentra bajo una interferencia ilícita (Secuestrada).

6.3.3 Fase de peligro (DESTREFA)

Cuando transcurrida la fase de alerta y tras nuevos intentos de comunicación se pueda suponer que se encuentra en peligro.

Cuando se considere que la aeronave ha agotado el combustible o que es insuficiente para llegar a un lugar seguro.

Cuando se considere que se va a realizar un aterrizaje forzoso.

6.4 Impacto del nuevo sistema radar para los servicios ATS

A continuación se describirán los diferentes servicios de control de tránsito aéreo, y a la vez se explicará cual ha sido el impacto del nuevo sistema en cada uno de los servicios a mencionar:

6.4.1 Impacto en el servicio de control de área

Separación entre vuelos a una altitud de 20,000 pies o más; en Centro América el servicio de control de área lo provee un centro de control llamado CENAMER (Centro América). El servicio de control de área aún no ha reportado ningún impacto debido a que el centro CENAMER aún no tiene enlazada la señal del nuevo sistema Radar.

6.4.2 Impacto en el servicio de control de aproximación

Provee separación entre vuelos IFR (para mayor información ver anexo 1: reglas de vuelo) por debajo de 20,000 pies, secuencia de aterrizajes de vuelos IFR, separación entre despegues de vuelos IFR.

En el aeropuerto Internacional La Aurora el viento predominante es del norte, por lo cual el 80% de las veces las aeronaves aterrizan de sur a norte; para lograr esto, los vuelos deben aproximarse al aeropuerto desde el lado sur (para mayor información ver anexo 2: Generalidades del aeropuerto Internacional la Aurora). Hasta hace algunos meses la cobertura radar era demasiado pobre en el lado de la costa sur del país, lo que provocaba que las aeronaves, al ser secuenciadas por el control para una aproximación de sur a norte, entraran a zonas sin cobertura radar, esta situación hacía que los controladores prefirieran no utilizar muchos de los procedimientos que requieren de que las aeronaves estén siempre identificadas en la pantalla radar; el evitar estos procedimientos los lleva a utilizar otros, los cuales son menos eficientes y desembocan en el incremento en el consumo de combustible de las aeronaves, además; los tiempos de vuelo programados se salen completamente de lo programado y esto ocasiona pérdidas adicionales a las compañías, las que a su vez, se ven obligadas a adoptar políticas de reducción de costos, incremento de tarifas, etc. El sistema Radar del puerto de San José ha venido a proveer una mejora en la cobertura del lado sur del país, lo que ha ocasionado que los procedimientos antes no utilizados en ese lado del país ahora hayan empezado a utilizarse con más confianza por parte de los controladores de tránsito aéreo.

El aspecto negativo de dicho sistema es que; el hecho de que dos antenas radar están enviando datos a un mismo sistema, el cual, presenta los datos obtenidos por dos antenas en una misma pantalla; ocasiona que en diferentes puntos de la cobertura radar, las trazas que son presentadas como una aeronave, se vean dobles, y a veces triples, haciendo parecer que en lugar de un avión, hubiesen dos o hasta tres aviones a distancia

y altitud similar; este hecho es sumamente delicado debido a representa una violación a las separaciones reglamentarias, afortunadamente el sistema secundario provee suficiente información para que los controladores puedan identificar cuando varias trazas pertenecen a una sola aeronave. Aún así, este sigue siendo un aspecto negativo que aún está en proceso de solución.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la cobertura del sistema radar a dos diferentes altitudes; a 10,000 y 20,000 pies.

Figura 51. Cobertura del Radar de San José a 10,000 pies de altitud



Figura 52. Cobertura radar del Puerto de San José a 20,000 pies de altitud



6.4.3 Impacto en el servicio de control de aeródromo

Entre las funciones del control de aeródromo están proveer secuencia de despegues y aterrizajes de tráfico VFR (para mayor información ver anexo 1), dentro de un aérea definida alrededor de un aeropuerto, así mismo, separar los vuelos VFR de los vuelos IFR.

En el control de aeródromo de Guatemala se tienen definidas diferentes áreas de espera visual, dichas áreas son espacios geográficos que por su localización con respecto al aeropuerto, han sido elegidas para que los vuelos VFR efectúen espera cuando el controlador no le sea posible autorizarlos a ingresar a la zona de control de aeródromo;

estas áreas de espera también son utilizadas para realizar prácticas de vuelo y pruebas técnicas.

En el caso del Aeropuerto La Aurora, se tiene definida un área 15 millas náuticas al sureste del país, sobre la población de Tanzania, en ésta área la cobertura era nula por debajo de 7,000 pies, hoy en día la cobertura de radar ha mejorado al punto de llegar a cubrir helicópteros que vuelan a 500 pies sobre el terreno, siempre y cuando dichas aeronaves tengan el equipo transpondedor en buen funcionamiento; recordemos que el sistema radar del Puerto de San José es un sistema secundario, y que necesita que las aeronaves tengan un equipo especial abordo para poder ser identificadas por el radar.

Cuando los vuelos IFR aproximan por el sur y hay vuelos VFR haciendo sobrevuelo en el área de Tanzania, se produce una situación de alto riesgo si alguna de las aeronaves en cuestión no se encuentran identificadas por el radar. Con el nuevo sistema esta situación ha mejorado notablemente.

Otro aspecto sumamente importante en el control de tránsito de aeródromo es que el tráfico visual proveniente de la costa sur es ahora, identificado eficientemente, desde antes que establezcan comunicación con la Aurora, la torre de San José les asigna un código transpondedor a cada vuelo que va hacia la Aurora, informa a la torre de la Aurora de dicho código, y luego La Aurora identifica fácilmente el vuelo desde el momento que es desplegado en la pantalla radar. Anteriormente la falta de cobertura radar ocasionaba situaciones peligrosas cuando se desconocía la posición de los vuelos provenientes de la costa sur.

El sistema radar del Puerto de San José no ha tenido repercusiones negativas en el control de tránsito de aeródromo, excepto aquellas que son producto de las repercusiones en el control de aproximación.

6.4.4 Servicio de información de vuelo en ruta e impacto del nuevo sistema radar.

El servicio de información de vuelo en ruta mantiene comunicación con los vuelos VFR que se encuentran en ruta desde o hacia las diferentes pistas del país, ya sean pistas domesticas o aeródromos controlados. La información comprende: información de vuelos que puedan llegar a estar cerca, información meteorológica, información de actividad volcánica, entre otras.

En Guatemala hay varios centros de control que proveen información de vuelo en ruta, entre ellos están: la torre de San José, la torre de Retalhuleu, la torre de Puerto Barrios, el control de Tikal, y, el Servicio de Guatemala Radio. Los servicios que han experimentado ventajas por el nuevo sistema radar son principalmente los de Retalhuleu, San José y Guatemala Radio, los cuales han sido beneficiados por el nuevo sistema debido a que se pueden observar los tráficos efectuando vuelos en los diferentes sectores.

En el departamento de Retalhuleu, localizado en el sur occidente del país, ya se cuenta con una pantalla en funcionamiento, lo que permite que la torre de controlador pueda observar los vuelos en la zona sur occidente, la cual está en su jurisdicción de control, esto es un aspecto sumamente importante debido a que el volumen de tráfico en el área sur del país es bastante denso. El nuevo sistema le permite a los controladores realizar un trabajo más eficiente, y ha mejorado las condiciones laborales en un aspecto muy importante, y es que, les ha provisto una herramienta sumamente útil.

Lamentablemente, la torre del Puerto de San José, que es la que se encuentra geográficamente más cerca del sistema radar, aún no tiene en funcionamiento su pantalla radar, por falta de energía regulada UPS y servicio de aire acondicionado; este es el aspecto más negativo que se pudo encontrar en la investigación realizada. El volumen de

tráfico controlado en el país de Guatemala se concentra en La Aurora y en la Torre de San José, de hecho, existe una estrecha relación, en cuanto a comunicaciones y coordinaciones entre ambas torres. La pantalla del Puerto de San José será puesta en funcionamiento pronto, el nuevo sistema radar aun está en fase de ajustes y pruebas.

Figura 53. Cobertura radar a 3,000 pies de altitud



Figura 54. Cobertura del Radar de San José a 4,000 pies de altitud



Figura 55. Cobertura del Radar de San José a 5,000 de altitud



6.4.5 Servicio de alerta e impacto del nuevo sistema radar

El servicio de alerta es proveído en Guatemala por las centros y torres de control de los diferentes aeropuertos controlados, consiste en conocer el paradero de todos los vuelos dentro de un área de responsabilidad; cuando no se conozca el paradero de una aeronave, la torre o centro de control a cargo del área en la cual dicha aeronave se haya extraviado, procederá a emitir la voz de alerta, con el propósito de que todas las entidades involucradas tengan la información necesaria para poder determinar cuál es el paradero de la aeronave extraviada. Existe todo un manual de procedimientos para emitir la voz de alerta, en este trabajo, únicamente se hará referencia a la gran importancia que tiene el radar para este servicio.

Cuando se emite la voz de alerta se proporciona información importante para iniciar una búsqueda de la aeronave, la cual es proveída por el departamento de búsqueda y rescate (SAR, Search and Rescue). El dato más importante en este caso es el último punto en el que la aeronave reporto su posición a los servicios ATM, o la última posición en la que haya sido observada en la pantalla radar. En este punto es obvio la importancia y el impacto que tiene el nuevo sistema radar en el puerto de San José, el cual está destinado a proveer cobertura al área sur del país; representa también una inversión muy óptima, debido a que existe una alta concentración de tráfico aéreo en los departamentos de Escuintla, Retalhuleu, Suchitepequez y San Marcos.

CONCLUSIONES

1. El radar consiste básicamente en una antena direccional que emite un haz de ondas electromagnéticas enviadas contra un determinado objeto. Este último lo refleja hacia atrás; las ondas de retorno son captadas por un receptor apropiado y entonces analizadas con el fin de obtener de ellas la información deseada.
2. En el caso común donde el transmisor y el receptor están en el mismo lugar, la potencia en el receptor se reduce proporcionalmente a la cuarta potencia de la distancia, lo que significa que la potencia reflejada desde el objetivo distante es muy pequeña.
3. El sistema radar del Puerto de San José está formado por los siguientes bloques funcionales:
 - Antena
 - Sistema de Arrastre
 - Interrogador Radar Monopulso
 - Sistema Local de Gestión-SLG
 - Sistema de Comunicaciones Radar-SCR, Local y Remoto
 - Sistema Remoto de Gestión SRG
 - Sistema de Presentación Gráfico SGR
 - Respondedor Radar Secundario-RRS

4. La técnica MONOPULSO está basada en una recepción por dos canales diferentes, dando el receptor como resultado una información del ángulo respecto al eje de apuntamiento en cada respuesta recibida. Por lo tanto, la antena y el receptor del radar monopulso, contarán con tres canales en recepción: el canal suma y el omnidireccional, como el radar SSR convencional, y el canal diferencia necesario para realizar la función monopulso.
5. Las ventajas y desventajas del Radar del Puerto de San José son numerosas, pero las ventajas sobrepasan grandemente a los pocos inconvenientes que el nuevo sistema presenta; aún así, el radar del Puerto de San José es potencialmente un sistema con desventajas mínimas, ya que los inconvenientes están en proceso de solución.
6. El nuevo sistema representa un gran paso para Guatemala en cuestión de los servicios de control de tránsito aéreo, los cuales, al ser más eficientes reducen los costos de las compañías explotadoras del espacio aéreo; estas a su vez obtienen mejores ganancias, crecen y se vuelven fuente de empleo y desarrollo.

RECOMENDACIONES

1. El nuevo sistema radar aún no provee información a todas las dependencias interesadas, aun así, este tiene capacidad de hacerlo, las torres de control de Retalhuleu y San José, están directamente involucradas con la información que este sistema provee; sin embargo, la torre de San José es la que aún no cuenta con una pantalla radar que provea de la información que está siendo procesada a tan solo aproximadamente medio kilómetro de distancia. Suena algo incorente que esto se esté dando de esta manera pero la pantalla radar en la torre del Puerto de San José es aún un instrumento que no funciona de forma óptima. En el futuro, debería de procurarse que ninguna torre de control carezca de información radar concerniente al área geográfica en la que se prestan los servicios ATS.
2. Las desviaciones entre las mediciones hechas por el sistema radar de San José y el sistema radar de Palencia deberían ser calibradas hasta un mínimo posible, con el propósito de obtener el mejor desempeño en la presentación de la pantalla radar.
3. La comunicación entre los controladores de tránsito aéreo de la torre de San José, los de la Aurora y los de Retalhuleu, se llevan a cabo via telefónica; sería de mucha ayuda que se implementara un sistema de comunicaciones via satelital para intercambio rápido de información. El intercambio de información es de suma importancia, debido a que los códigos que emiten los transpondedores a bordo de las aeronaves son observados en la pantalla, conocer la correspondencia entre código y matrícula es indispensable para poder utilizar el radar como herramienta para proveer los servicios ATS.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barrios Ochaeta, Edson Gerardo. **Sistema de comunicación alterno para la interconexión del sistema de radar, de los aeropuertos internacionales La Aurora y Tikal.** Tesis Ingeniería Electrónica. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2006.
2. **Clasificación de los Sistemas Radar.** Consultado el 13 de marzo de 2009. Disponible en:
<http://wapedia.mobi/es/Radar?t=5.#6>.
3. **Curso Básico de Mantenimiento Radar.** Escuela Centroamericana de Adiestramiento Aeronáutico, ECAA.
4. **Ecuación Radar.** Consultado el 15 de marzo de 2009. Disponible en:
<http://www.tecnoradar.es/ecuacionradar.html>
5. Hernández Rivas, Jorge Mario. Implementación del sistema monopolso de radar y centro de control para el desarrollo de la navegación aérea guatemalteca. Trabajo de graduación Ingeniería Electrónica. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2004.
6. **Introducción a los Sistemas Radar.** Consultado el 15 de marzo de 2009. Disponible en:
<http://www.tecnoradar.es/>
7. **Manual del Curso Sistema Radar Secundario Monopulso.** Indra, España, 2000.

8. **Publicación de Información Aeronáutica (AIP).** Segunda Edición. Guatemala, Noviembre, 1996.
9. **Procedimiento de Mantenimiento Radar Secundario Monopulso.** Indra, España, 2000.
10. **Propiedades de las Ondas.** Consultado el 15 de marzo de 2009. Disponible en:
http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/propiond.htm
11. **Radar.** Consultado el 21 de marzo de 2009. Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Radar>
12. **Radares.** Consultado el 21 de marzo de 2009. Disponible en:
<http://www.tsc.uc3m.es/docencia/SyCT/docencia/SyCT/2007/RADARES.pdf>
13. Ruiz Manuel, Robin Sickwal. Análisis de la aplicación del radar láser (LIDAR) para el monitoreo del límite de velocidad vehicular en tramos peligrosos sobre carreteras en Guatemala. Trabajo de graduación Ingeniería Electrónica. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.
14. **Sistemas de Comunicación, Navegación, Vigilancia y Gestión de Tránsito Aéreo CNS/ATM.** Consultado el 18 de abril de 2009. Disponible en:
<http://www.juliux.org/tesis/cnsatm/cap12ssrads.pdf>
15. **Sistemas de Radar.** Consultado el 18 de abril de 2009. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos6/sirac/sirac.shtml>
16. **Teoría de Radar.** Consultado el 25 de mayo de 2009. Disponible en:
<http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/radar1.htm>

APÉNDICE 1
FOTOGRAFÍAS EN LA LABOR DE INVESTIGACIÓN

Figura 56. Emplazamiento del sistema radar del Puerto de San José



Figura 57. Contenedor para los diferentes equipos radar



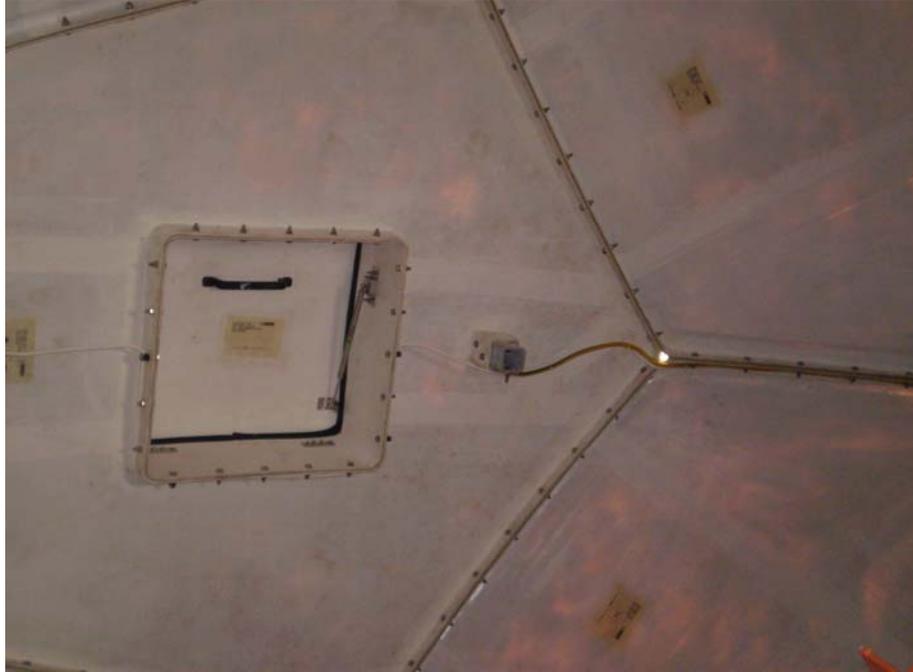
Figura 58. Sistema de arrastre de antena



Figura 59. Antena



Figura 60. Ventanilla del radomo / cableado de pararrayos



ANEXO 1

REGLAS DE VUELO

1. Excepto cuando operen como un vuelo VFR especial, los vuelos VFR deberán realizarse de tal forma que el vuelo se mantenga en condiciones de visibilidad y distancia de las nubes igual o superior a lo especificado en la Tabla 1.
2. Excepto cuando se tenga autorización de una dependencia de control de tránsito aéreo, los vuelos VFR no despegarán ni aterrizarán en un aeropuerto dentro de una zona de control, ni penetrarán a una zona de tránsito de aeródromo a un patrón de tráfico.
 - a) Cuando el techo de nubes sea inferior a 450 m (1500 pies); o
 - b) Cuando la visibilidad en tierra sea menos de 8 km (5MN).
3. Los vuelos VFR entre la salida y puesta del sol, o en cualquier otro período entre la salida y puesta del sol prescrito por la autoridad ATS apropiada, deberán operar de acuerdo con las condiciones prescritas por dicha autoridad.
4. A menos que sean autorizados por la autoridad ATS apropiada, los vuelos VFR no operarán:
 - a) Entre la puesta y salida del sol
 - b) A /sobre 19,000 pies
 - c) A velocidades transónicas y supersónicas.
5. Excepto cuando sea necesario para el despegue o el aterrizaje, o con permiso de la autoridad apropiada, un vuelo VFR no se volará;

- a) Sobre áreas pobladas de las ciudades, lugares donde se celebren asambleas al aire libre, a una altura menor de 300 m (1,000 pies) sobre el obstáculo más alto dentro de un radio de 600 m desde la aeronave;
 - b) En ningún otro lugar al especificado en 5 a) a una altura menor de 150 m (500 pies) sobre tierra o agua.
6. Excepto cuando se indique otra cosa en una autorización ATC o sea especificado por la autoridad ATS apropiada, los vuelos VFR efectuándose sobre 900 m (3,000 pies) de tierra o agua, o por encima de una línea especificada por la autoridad ATS apropiada, deberán realizarse a un nivel o altitud de vuelo de acuerdo a la tabla de niveles semicirculares de crucero.
7. Los vuelos VFR deberán cumplir con lo estipulado en 3.6 del Anexo de la OACI;
- a) Cuando operen en espacios aéreos Clases C, G, D.
 - b) Cuando formen parte del tránsito de aeródromo de un aeródromo controlado;
o
 - c) Cuando operen como vuelos VFR especiales.
8. Una aeronave que opere de acuerdo a las reglas de vuelo visual y que desee cambiar para volar de acuerdo a las reglas de vuelo por instrumentos deberá:
- a) Si se sometió un plan de vuelo, comunicar los cambios necesarios a efectuarse en el plan de vuelo actualizado, o
 - b) Cuando sea requerido por 3.3 del Anexo 2 de la OACI, someter un plan de vuelo a la dependencia apropiada de los servicios de tránsito aéreo, y obtener una autorización antes de proceder IFR cuando opere dentro de un espacio aéreo controlado.

VFR – ESPECIAL

De acuerdo con el Anexo-2 de OACI y el DAR-2 de la DGAC de Guatemala, una aeronave puede volar VFR (Fuera del Espacio Aéreo Controlado) con 1.5 Km de visibilidad, libre de nubes y a la vista de tierra o de agua, siempre que lo haga a una altitud igual o inferior a 3,000 pies sobre el terreno, lo que resulte más alto (ver tabla de aeronaves D más adelante).

Para efectuar lo anterior el piloto no necesita licencia IFR y tampoco se aeronave tiene que estar certificada para vuelo IFR, esto capacita legalmente al piloto para acercarse, (en tales condiciones de vuelo), a una zona de Control, o sea, un espacio Aéreo controlado cuyos mínimos VFR son más exigentes, (visibilidad: 8 Km, distancia de nubes; horizontal 1.5 Km, y vertical 1,000 pies), lo que en muchísimos casos le impide continuar su vuelo de acuerdo a las reglas de vuelo visual. (Ver tabla y aeronave B más adelante).

Para solucionar estos casos de transición de un tipo de espacio aéreo, a otro, fue ideada la operación VRF-ESPECIAL, dentro de las Zonas de Control, en las cuales, el piloto recibe una AUTORIZACIÓN ESPECIAL para poder volar dentro de la ZONA DE CONTROL (CTR), con mínimos meteorológicos inferiores a las reglas de vuelo visual.

REGLAS DE VUELO POR INSTRUMENTOS EQUIPAMIENTO DE LAS AERONAVES.

Las aeronaves deberán estar equipadas con instrumentos adecuados y equipos de navegación apropiados para la ruta a volar.

1.2 NIVELES MINIMOS

Excepto cuando sea necesario para el despegue o el aterrizaje o cuando sea específicamente autorizado por la autoridad apropiada, un vuelo IFR no volara a un nivel inferior a la altitud mínima establecida, o donde no se haya establecido una altitud mínima de vuelo:

- a) Sobre elevaciones de terreno o áreas montañosas, a un nivel que sea al menos 600m (2,000 pies) sobre el obstáculo mas alto dentro de 8 km de la posición estimada de la aeronave;
- b) Además de cómo se especifica en a), a un nivel que sea al menos 300m (1,000 pies) sobre el obstáculo mas alto dentro de 8 km de la posición estimada de la aeronave.

NOTA: La posición estimada de la aeronave se considera tomado en cuenta la exactitud obtenida en el segmento de la ruta de que se trate, observando las facilidades de navegación disponible tanto en terreno como en la aeronave considerada.

1.3 CAMBIOS DE VUELO IFR A VUELO VFR

1.3.1 Una aeronave que se ponga cambiar su vuelo IFR a VFR debera, si habla sometiendo un plan de vuelo, notificar a la dependencia ATS apropiada que cancela su vuelo IFR y al mismo tiempo notificar los cambios a realizar en su plan de vuelo actualizado.

1.3.2 Cuando una aeronave que opere bajo las reglas de vuelo por instrumento (IFR) este volando o encuentre condiciones meteorológicas visuales, (VMC) no cancelara su vuelo IFR a menos que haya anticipado y notificar su intención

de continuar por un periodo razonable de tiempo de manera interrumpida en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC).

1. REGLAS APLICABLES A LOS VUELOS IFR DENTRO DE ESPACIO AEREOS CONTROLADOS.

1.1 Los vuelos IFR deberán cumplir con las estipulaciones señaladas en 3.6 del Anexo 2 de la OACI a la Convención sobre Aviación Civil Internacional cuando se opere en espacios aéreos controlados.

1.2 Un vuelo IFR operando en crucero dentro de un espacio aereo controlado, debera volar a un nivel de crucero, o, si es autorizado a emplear técnicas de ascenso en crucero, entre dos niveles o sobre un nivel, seleccionado de:

a) La tabla de nivel. REGLAS APLICABLES A LOS VUELOS IFR FUERA DE ESPACIO AEREOS CONTROLADOS.

3.1 NIVELES DE CRUCERO

Un vuelo IFR operando en crucero fuera de un espacio aéreo controlado deberá volar a un nivel de crucero apropiado a la trayectoria especificada en:

- a) La tabla de niveles de crucero señalada en el Apéndice 3 del Anexo 2 de la OACI, excepto cuando se especifique otra cosa de parte de la autoridad ATS apropiada para vuelos a o por debajo de 900m (3,000 pies) sobre el MSL; o
- b) Una tabla de niveles de vuelo modificada, cuando así se prescriba de acuerdo con el Apéndice 3 del Anexo 2 de la OACI para vuelos sobre FL410.

NOTA: Esta estipulación no impide el uso de técnicas de ascenso en crucero para aeronaves en vuelo supersónico.

3.2 COMUNICACIONES.

Un vuelo IFR operando fuera del espacio aéreo controlado pero dentro o en aéreas o a lo largo de rutas, designadas por la autoridad ATS apropiada de acuerdo con 3.3.1.2 c) o d) del Anexo 2 de la OACI deberá mantener escucha en la frecuencia de radio apropiada y establecer comunicación en ambos sentidos con la unidad que preste servicio de información de vuelo.

3.3 REPORTE DE POSICIÓN

Un vuelo IFR operando fuera del espacio aéreo controlado y del cual la autoridad aeronáutica apropiada le requiera:

-someter un plan de vuelo, y

-mantener escucha en la frecuencia de radio apropiada y establecer comunicación en ambos sentidos con la unidad que preste servicio de información de vuelo.

Deberá reportar posición tal y como esta especificado en 3.6.3 del Anexo 2 de la OACI para los vuelos controlados les de crucero señalada en el Apéndice 3 del Anexo 2 de la OACI,

Calificación del Espacio Aéreo	B	CDE	FG	
			Sobre 900m (3,000 pies) AMSL o encima de 300m (1,000 pies) sobre el terreno. Cualquiera que sea mayor	A y por debajo de 900m (3,000 pies) AMSL o 300m (1,000 pies) sobre el terreno cualquiera que sea mayor
Distancia Desde las nubes	Libre de nubes	1,500m (3,000ft) horizontalmente 300m (1,000 pies) verticalmente	Libre de nubes y a la Vista de la superficie	
Visibilidad De vuelo	8 km a o sobre 8 km por debajo de 3,050m (10,000 ft) AMSL		8 km	
<p>a) Menor visibilidad de 1,500m se permitirá para vuelos operando</p> <p>1) A velocidades que, prevaleciendo la visibilidad, de adecuada oportunidad de observar otro tráfico u otros obstáculos a tiempo de evitar una colisión.</p> <p>2) En circunstancia en las cuales la probabilidad, de encuentro con otro tráfico Sería normalmente mínimas, eje: en áreas de bajo volumen de tráfico y para trabajos aéreos a bajos niveles</p> <p>b) Se podrá permitir la operación de helicópteros con visibilidad Inferior a 1,500 m. si maniobran a una velocidad que le den una adecuada oportunidad de observar otro tráfico u otros obstáculos a tiempo de evitar una colisión</p>				

MÍNIMOS OPERACIONALES PARA VUELOS “VFR ESPECIAL” DEL AEROPUERTO “LA AURORA”

	AVIONES	HELICOPTEROS
TECHO	1,000 PIES	200 PIES
HORA OPERACION	ENTRE LA SALIDA Y PUESTA DEL SOL	ENTRE LA SALIDA Y PUESTA DEL SOL
COMUNICACION	EN AMBOS SENTIDOS	EN AMBOS SENTIDOS

ANEXO 2

GENERALIDADES DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA

La siguiente información fue extraída directamente del documento AIP (Air Information Publication) de Guatemala, la cual contiene la información básica del aeropuerto.

AD 2 AERODROMOS

MGGT AD 2.1 INDICADOR DEL LUGAR Y NOMBRE DEL Aeródromo
MGGT- AEROPUERTO INTERNACIONAL "LA AURORA"

1	Coordenadas de Referencia y lugar en el AD	N1434.9 W09031.6 (Centro de la Pista y 1,381 metros del Umbral)
2	Dirección y distancia desde la Ciudad	6.4 Km. Del parque Central de la Ciudad.
3	Elevación/Temperatura de Referencia	1,509 mts. (4,952 pies) sobre el nivel del mar/19 Grados C.
4	VAR MAG Cambio Anual	3° 05' E
5	Autoridad administrativa del AD Dirección, teléfono, telefax, AFTN.	Ministerio de Comunicaciones Transporte y Obras Públicas. Dirección General de Aeronáutica Civil. Aeropuerto Internacional "La Aurora", zona 13. C.P.01013 Guatemala, Ciudad C.A. Tel: 00(502)3362084- 00(502)3315484 AFTN: MGGTYAYX
6	Tipos de tráfico para lo que está autorizado.	IFR / VFR
7	Observaciones	Aeropuerto Internacional "La Aurora" CERRADO jueves de 2030/2100UTC por mantenimiento e inspección de pista. Ejercer precaución al aterrizar y despegar pistas 01/19, debido a que se encuentran, hombres y maquinaria trabajando en deshulización de la pista.

MGGT AD 2.3 Horas de Operación

1	Administración del AD.	Dirección General de Aeronáutica Civil.
2	Inmigración y Aduana	H24
3	Servicios Médicos y Sanidad	H24
4	AIS (NASC)	H24
5	Oficina de Notificación ATS(ARO)	H24
6	Oficina MET	H24
7	Oficina ATS	H24
8	Abastecimiento de Combustible	1130/0300 y sábados. H/N CARGUEROS Y DE 1130/0600 sábados/miércoles a solicitud.
9	Asistencia en tierra	H24
10	Seguridad	H24
11	Observaciones	Ninguna.

MGGT AD 2.4 MANEJO DE SERVICIO Y FACILIDADES

1	Instalaciones de manipulación de la carga	Servicios de Monta Carga-propiedad de las Compañías que operan en el Aeropuerto.
2	Tipo de combustible, Aceite	AVGAS 100/130 TURBOGAS JET A-1 80,100,120, (de 24 litros en adelante).
3	Instalaciones - Capacidad de Reabastecimiento de combustible	1130 a0300UTC 1200 a0100UTC
4	Medio de descongelamiento	Ninguna
5	Espacio de hangar para aeronaves visitantes.	Para aviones pequeños en los diferentes Clubs Aéreos de Guatemala.
6	Instalaciones para reparación de ACFT. visitantes	Talleres de reparación completa, para aviones pequeños. Reparaciones menores para aeronaves comerciales, talleres de AVIATECA.
7	Observaciones	Ninguna

MGGT AD 2.5 FACILIDADES PARA PASAJEROS

1	Hoteles	Hoteles en la Ciudad
2	Restaurantes	Restaurantes-Snack
3	Transporte	Taxis, Transporte colectivo, microbuses y oficina de renta-Autos.
4	Servicios Médicos	Servicios de primeros auxilios y ambulancias
5	Bancos y Oficina Postal	En la Ciudad y en el Edificio de la Terminal Aérea.
6	Oficina de Turismo	INGUAT-Edificio Terminal Aérea
7	Observaciones	Ninguna.

MGGT AD 2.8 DATOS SOBRE RAMPAS, CALLES DE RODAJE Y PUNTOS DE VERIFICACION

1	SFC y Resistencia de la Plataforma	PCN 50/F/B/X/T
2	WID, SFC, Resistencia TWY	Superficie concreto asfáltico calle de rodaje Lado E. Long. 1,100 metros ancho 12.00 metros Calle de Rodaje Lado W. Long. 2,987.00 metros. Ancho 23.00metros
3	ACL, lugar y ELEV.	Calle de rodaje W. Pos. Prueba RWY 01 Calle de rodaje E. Pos. Prueba RWY 19
4	Puntos de Verificación VOR/INS	Calle de Rodaje W. Calle de Rodaje E.
5	Observaciones	Cierre definitivo de la calle de rodaje E. desde la Intersección "J" a 300 metros del umbral de la pista

MGGT AD 2.9 GUIA DE MOVIMIENTO EN SUPERFICIE Y SISTEMA DE CONTROL DE SEÑALES

1	Uso de señales ID ACFT PRKG, Guías de TWY, Sistema de guía visual de atraque, PRKG ACFT	Eje línea Central Guía para el atraque
2	SGL y LGT de RWY y TWY.	Faro giratorio de aeródromo * luces de borde de umbral 19 de extremo RWY 01.
3	Barras de parada	Ninguna
4	Observaciones	Todos los operadores de aeronaves que tengan turbinas y motores de pistón y que realicen pruebas, estas quedan autorizadas a partir de las 1200UTC hasta las 0200UTC Siendo el área destinada estrictamente la cabecera 01 del Aeropuerto "La Aurora"

MGMT AD 2.10 OBSTACULOS DE AERÓDROMO.

En áreas de Aproximación / TKOF			En Área del Circuito y en el AD		3
1			2		NIL
RWY / area Afectada	Tipo Obstáculo Elevación Señales y LGT	coordenadas	Tipo de obstáculo Elevación Señales y LGT	coordenadas	
A	B	C	a	b	
VER MGMT AD 2.41* (plano de obstáculos de aeródromo)					

MGMT AD 2.11 INFORMACION METEOROLOGICA PROPORCIONADA

1	Oficina MET asociada	"LA AURORA"
2	Horas de Servicio:	24 horas
3	Oficina responsable de la preparación. TAF. Periodo de validez. METAR: SPECI:	Aeropuerto Intl. La Aurora 24 horas cada hora Cuando se requiera según las condiciones Atmosféricas.
4	Tipo de pronóstico de aterrizaje Intervalo de emisión	TREND Cada hora.
5	Aleccionamiento / consultas proporcionadas	Las realiza directamente un oficial de meteorología aeronautica.
6	Documentación de vuelo Idiomas (s) utilizado (s)	Cartas en español.
7	Cartas y demás información disponible para selección y consulta	S, cartas S / WX, U, W
8	Equipo suplementario disponible para aleccionamiento o consulta	APT – STAR4 – RVR, CIELOMETRO TELEFAX: 00(502) 3314878 / 00(502) 3314897
9	Dependencia ATS que reciben la información	FIO / TWR / APP
10	Información adicional (limitación de servicio, etc.).	NIL

