

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA**

**“MODERNIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE DF
(DIRECTION FINDING) DEL VEHÍCULO DE GUERRA
ELECTRÓNICA PASIVA DE LA FUERZA TERRESTRE
ECUATORIANA COMINT Y DISEÑO DEL SISTEMA DE
COMUNICACIÓN CON EL VEHÍCULO DE GUERRA
ELECTRÓNICA ACTIVA JAMMING”**

JUAN CARLOS GONZÁLEZ SÁNCHEZ

ANGEL JAVIER HOYOS MAROTO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Quienes al pie del presente firmamos, damos fe y testimonio que el proyecto de grado, previo a la obtención del título en Ingeniería Electrónica, titulado **“Modernización Y Repotenciación del Sistema de DF (Direction Finding) del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva de la Fuerza Terrestre Ecuatoriana COMINT y Diseño del Sistema de Comunicación con el vehículo de Guerra Electrónica Activa JAMMING”** fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Juan Carlos González Sánchez con C.I. 171890215-6 y el Sr. Angel Javier Hoyos Maroto con C.I. 171535753-7, bajo nuestra dirección y tutela.

Certificamos lo antepuesto para su uso de la manera que se creyere conveniente, nos suscribimos.

Ing. Raúl Haro
DIRECTOR

Ing. Rodrigo Silva
CODIRECTOR

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

El objetivo de este proyecto es modernizar el sistema de Direction Finding del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva (COMINT); para la detección de comunicaciones de interés para la Fuerza Terrestre, mismas que utilizan el espectro radioelétrico para coordinar actividades ilegales y atentar contra la seguridad del país. Ese tipo de comunicaciones se presentan sobre todo el territorio nacional, por lo cual existe la necesidad de contar con la cartografía digital completa del Ecuador, permitiendo así, que el vehículo COMINT pueda operar en cualquier parte.

Es de suma importancia tener una información digital completa y detallada de todas las transmisiones y ubicaciones de emisores de señales electromagnéticas para poder realizar un seguimiento de todas las comunicaciones, por este motivo se desarrolló un software de apoyo que maneja todos los componentes del sistema de DF, permitiendo llevar un registro completo de operaciones.

Dentro de la Guerra Electrónica se tiene la Guerra Electrónica Activa (JAMMING) que se encarga de destruir la señal que el enemigo transmite, por lo que se realizó el diseño del Sistema de Comunicación con este vehículo, para ser implementado en un futuro.

Mediante la optimización de algunos elementos y la adquisición de nueva tecnología, se tiene como resultado un sistema operativo funcional que actualmente realiza el establecimiento de la dirección desde la cual una señal recibida fue transmitida, esto puede referirse a radio u otras formas de comunicaciones inalámbricas.

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, porque Él está presente en todas las cosas buenas que suceden en nuestras vidas. También lo dedico a mi mamá Isabel y a mi papá Juan, por su trabajo y sacrificio diario, por darme siempre amor y apoyo de manera incondicional, por ser las personas que más quiero y mi fuente de inspiración para vencer los problemas y salir adelante.

Juan Carlos

Dedicatoria

A mis Padres queridos Angel y Carmita, por ser un pilar importante en mi vida, por su amor, sacrificios y consejos.

A mis Hermanitos Tatiana y Gustavo, que jamás dejaron de apoyarme.

A mi princesita Dianita, mi mejor compañera de grupo, junto a ti nada es difícil.

Angel Javier

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento:

A Dios por permitirme gozar de la vida, tener salud y haberme dado unos padres maravillosos.

A mi papá Juan y a mi mamá Isabel que siempre me brindan afecto, ayuda y sabios consejos.

A todos mi familiares porque cada uno puso un granito de arena para lograr esta meta. A mis hermanos Angelito y Mary por su cariño y apoyo. A mi abuelita Rosita por ser como mi segunda madre. A mi primo Kenny y a mis tíos Milton, Fabio y Rosita por preocuparse por mí y ayudarme siempre que lo necesito.

A mi compañero de tesis Angel y a su novia Dianita, por entregarme su amistad y trabajar incansablemente hasta culminar este proyecto.

A mis amigos con los que compartí tantos momentos inolvidables durante mis años de estudiante en la ESPE.

A todas las personas que conforman el CICTE, por ofrecerme su amistad, especialmente a mi director de tesis, Ing. Raúl Haro, gracias por haber confiado en mí.

Finalmente quiero agradecer a mi co-director de tesis, Ing. Rodrigo Silva, y a todos quienes fueron mis profesores durante mi vida escolar, colegial y universitaria.

Juan Carlos

Agradecimiento

Gracias a Dios por haberme dado tantas oportunidades para que pueda llegar a este punto de mi vida, es Él quien me ha dado la fuerza que tantas veces me faltó y se que me seguirá apoyando en todo los sueños que me faltan por cumplir.

A mis queridos y amados padres Angel y Carmita, que hicieron mil y un sacrificios, espero hacerles sentir orgullosos de mi no solo por lo que he conseguido, si no por la persona que soy, gracias a todos sus consejos.

A mis hermanos Tatiana y Gustavo, que siempre me han ayudado para cualquier cosa que necesité y que jamás se negaron a hacerlo.

A Dianita por todo el amor, sacrificio y apoyo, que me dio todos estos años, pasamos muchas situaciones difíciles y si no hubiera sido por esa gran mujer no estaría en este momento de mi vida.

A todos los amigos que hice en mi vida universitaria, siempre me ayudaron a veces casi sin tiempo para ellos mismos, especialmente a Liss y Evelyn que son casi como mi familia.

A mi compañero de tesis y amigo, Juan Carlos, gracias por esta oportunidad, por tu confianza y apoyo, se que llegarás a cumplir todo lo que te has propuesto.

A todos mis maestros, quienes con su guía han sabido instruirme, al Ing. Raúl Haro por darme la oportunidad de realizar este proyecto, al Ing. Rodrigo Silva por haber sido un gran maestro, y a todo el personal del C.I.C.T.E. por haber sido grandes compañeros y especialmente amigos.

Angel Javier

PRÓLOGO

La Guerra Electrónica es la actividad militar que supone la utilización de energía electromagnética con el fin de determinar, explotar, reducir o impedir el uso hostil del espectro electromagnético por parte del adversario y a la vez utilizarlo en beneficio propio.

El Centro de Investigaciones Científico y Tecnológico del Ejército (CICTE) modernizó el Sistema de Guerra Electrónica Pasiva (COMINT) en el año 2005, con el objetivo de localizar diferentes fuentes de emisión de comunicaciones de interés para la Fuerza Terrestre.

En virtud de que el sistema de Direction Finding del mencionado vehículo se encontraba fuera de uso, en este proyecto se realizó la modernización y repontenciación del Sistema de DF.

Con la modernización realizada en el año 2005, la operación de los equipos permite establecer la frecuencia de emisión a la cual está siendo transmitida la señal de interés, con esta información se trabajará con el equipo de DF para establecer las coordenadas geográficas aproximadas donde se localiza el sistema de comunicación que genera dicha señal.

Actualmente el país no se encuentra en un estado de alerta de guerra o atentados de la guerrilla, sin embargo requiere un constante monitoreo y análisis de cualquier tipo de comunicación, siendo de suma importancia tener una información digital completa de todas las transmisiones y ubicaciones de emisores de señales electromagnéticas para poder realizar un seguimiento de todas las comunicaciones a lo largo del territorio nacional, por este motivo se desarrolló además un software de apoyo para el manejo de todos los componentes del sistema de DF, permitiendo llevar un registro completo de operaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	----------

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INTELIGENCIA DE COMUNICACIONES (COMINT)	4
---	----------

2.1 GUERRA ELECTRÓNICA	4
-------------------------------------	----------

2.1.1 Antecedentes Históricos	4
-------------------------------------	---

2.1.2 Clasificación de la Guerra Electrónica	6
--	---

2.2 SISTEMAS DE INTELIGENCIA DE COMUNICACIONES (COMINT)	7
--	----------

2.2.1 Componentes y Funciones de un Sistema COMINT	8
--	---

2.2.2 Descripción de los Sistemas de Direction Finding (DF)	11
---	----

2.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE UN PUNTO	48
--	-----------

2.3.1 Coordenadas Geográficas	48
-------------------------------------	----

2.3.2 La Proyección UTM	55
-------------------------------	----

CAPITULO III

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE DF	60
--	-----------

3.1 INTRODUCCIÓN	60
-------------------------------	-----------

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	60
---	-----------

3.2.1 Análisis de Utilidad y Funcionalidad de cada equipo	61
---	----

CAPITULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE MONITOREO DF 2.0	65
---	-----------

4.1 INTRODUCCIÓN	65
4.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE INTERCEPTACIÓN, MONITOREO Y UBICACIÓN (DF 2.0)	65
4.2.1 Características del Sistema	65
4.2.2 Selección de los Equipos	67
4.2.3 Diseño del Nuevo Sistema de DF	82
4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE DF EN EL VEHÍCULO COMINT	84

CAPITULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO V2.0	86
5.1 INTRODUCCIÓN	86
5.2 ANTECEDENTES	86
5.3 DESCRIPCIÓN	87
5.3.1 Funciones Generales	87
5.3.2 Características de la herramienta de programación usada	88
5.4 REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE	88
5.4.1 Requerimientos de Hardware	88
5.4.2 Requerimientos de Software	89
5.5 CONTROL DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA	89
5.5.1 Radio EB 200	89
5.5.2 DF ALMOS 3000	90
5.6 DISEÑO DEL SOFTWARE	94
5.6.1 Módulos	94
5.6.2 Funciones	97
5.6.3 Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)	113

CAPITULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON EL VEHÍCULO DE GUERRA ELECTRÓNICA ACTIVA JAMMING	127
6.1 INTRODUCCIÓN	127
6.2 SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA ACTIVA JAMMING.....	127
6.3 DISEÑO DEL HARDWARE DE COMUNICACIÓN	129
6.3.6 Sistemas de Radio definidos por software.....	150
6.3.7 Selección de equipos	157
6.3.8 Diagrama de bloques de los equipos	170
6.4. SIMULACIÓN DEL ENLACE	171

CAPITULO VII

PRUEBAS DE CAMPO DEL SISTEMA DE DF DE LA UNIDAD MÓVIL DE GUERRA ELECTRÓNICA COMINT	176
7.1 INTRODUCCIÓN	176
7.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE DF	176
7.2.2 Desempeño del sistema en las pruebas realizadas.....	177
7.3 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	183
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	189
ANEXO I	193
ANEXO II.....	217
ANEXO III	234
BIBLIOGRAFÍA	253

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Principios de DF	15
Tabla 2.2 Coordenadas de puntos extremos del Ecuador continental	55
Tabla 3.1 Características del Sistema de DF	60
Tabla 3.2 Características del receptor universal.....	61
Tabla 3.3 Características del Supresor de Picos	61
Tabla 4.1 Equipos que se mantendrán activos.....	67
Tabla 4.2 Características Técnicas del Supresor de Picos Tripa-Lite DSR-1215	67
Tabla 4.3 Especificaciones Técnicas de la Estación Central del Sistema DF 2.0	68
Tabla 4.4 Especificaciones Técnicas del DF	73
Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas del Receptor Universal	78
Tabla 4.6 Características del sistema GPS	81
Tabla 5.1 Variables que se encuentran en el Módulo GPSVAR.....	94
Tabla 5.2 Funciones del Módulo ModMouse.....	96
Tabla 5.3 Funciones del Módulo TRAMADF.....	96
Tabla 5.4 Funciones del Formulario Principal	97
Tabla 5.5 Tabla de Controles de la GUI del Software COMINT - DF 2006 V2.0	116
Tabla 5.6 Tabla de Controles de la GUI de la Radio R&S EB 200.....	118
Tabla 5.7 Tabla de Controles de la GUI del DF ALMOS 3000.....	120
Tabla 5.8 Tabla del Menú Archivo.....	121
Tabla 5.9 Tabla del Menú Editar Elemento.....	122
Tabla 5.10 Tabla del Menú Herramientas	123
Tabla 5.11 Tabla del Submenú Dibujar.....	123
Tabla 5.12 Tabla del Menú Vista	124
Tabla 5.13 Tabla del Menú Medir	125
Tabla 5.14 Tabla del Menú Radio EB 200	126
Tabla 5.15 Tabla del Menú DF-GPS	126
Tabla 6.1 Bandas de Frecuencias	143
Tabla 6.2 Especificaciones del Radio Harris RF-5800H.....	159
Tabla 6.3 Especificaciones de la antena Harris RF-387-AT002	161
Tabla 6.4 Especificaciones del Radio R&S MR3000.....	162

Tabla 6.5 Especificaciones Técnicas de la antena R&S HV3015	165
Tabla 6.6 Especificaciones del Radio Kenwood TK-80.....	168
Tabla 6.7 Comparación entre equipos	169
Tabla 6.8 Parámetros para la simulación.....	171
Tabla 6.9 Ubicación de los vehículos para la simulación.....	173
Tabla 7.1 Pruebas de campo en la ciudad de Santa Rosa.....	180
Tabla 7.2 Pruebas de campo en la ciudad de Arenillas	182
Tabla 7.3 Errores de DF según la distancia a la fuente	184
Tabla III.1 Tabla de Controles de la GUI del Software COMINT - DF 2006 V2.0	241
Tabla III.2 Tabla del Menú Archivo.....	246
Tabla III.3 Tabla del Menú Editar Elemento.....	247
Tabla III.4 Tabla del Menú Herramientas	248
Tabla III.5 Tabla del Submenú Dibujar.....	248
Tabla III.6 Tabla del Menú Vista	249
Tabla III.7 Tabla del Menú Medir.....	250
Tabla III.8 Tabla del Menú Radio EB 200	250
Tabla III.9 Tabla del Menú DF-GPS	251

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación de la Guerra Electrónica.....	6
Figura 2.2 Diagrama de la Estación típica de monitoreo de identificación de RF	10
Figura 2.3 Ejemplo de Sistema COMINT para Monitoreo del espectro.....	10
Figura 2.4 Definición de la dirección de Emisor.....	12
Figura 2.5 Direcciones de referencia.....	13
Figura 2.6 Propagación de ondas en el espacio.....	14
Figura 2.7 Componentes de un sistema de DF	18
Figura 2.8 Direction Finding utilizando Antena Direccional.....	20
Figura 2.9 Direction Finding utilizando el método suma-diferencia: al lado derecho la implementación típica, a la izquierda patron de radiación par alas salidas de suma (Σ) y diferencia (Δ).....	22
Figura 2.10 Direction Finder de Watson-Watt con antena de lazo cruzado.....	24
Figura 2.11 Antena Adcock con evaluación de Watson-Watt.....	25
Figura 2.12 Configuración de un Direction Finder moderno según el principio de Watson-Watt.....	25
Figura 2.13 Direction finder digital (arriba) y una antena Adcock para DF (abajo).....	27
Figura 2.14 Principio del Direction Finder Doppler.....	28
Figura 2.15 Direction Finder Doppler para uso portátil en el rango de frecuencias desde 20 MHz hasta 1000 MHz	29
Figura 2.16 Interferómetro de 3 elementos	30
Figura 2.17 Interferómetro de 3 elementos con capacidad de formar parte de un interferómetro multi-elementos	31
Figura 2.18 Direction Finder R&S DDF06M.....	32
Figura 2.19 Principio de evaluación por correlación.....	33
Figura 2.20 Configuración típica de un Direction Finder basado en DSP	35
Figura 2.21 Beamforming by weighting the outputs of an antenna array(traducer)	36
Figura 2.22 Proceso de direction finding utilizando un beamformer convencional.....	37
Figura 2.23 Respuesta de un arreglo lineal de 5 elementos a la variación de dirección	38
Figura 2.24 Visualización de los parámetros de DF para un direction finding monocanal	39
Figura 2.25 Direction finder multicanal	40

Figura 2.26 Visualización de un DF multicanal	41
Figura 2.27 Ondas secundarias coherentes producidas por reflexión	42
Figura 2.28 Campo resultante dentro de un rango de 4x4 longitudes de onda (las amplitudes están codificadas por nivel de intensidad del color gris, las líneas representan fases iguales con espaciamiento de $\pi/4$)	43
Figura 2.29 Reducción del error de direccionamiento del Direction Finder interferométrico incrementando la apertura de la antena	43
Figura 2.30 Efectos de las tolerancias de sincronización de fase sobre el error de direccionamiento	44
Figura 2.31 Efecto del ruido sobre la variación de fase de voltajes medidos.....	46
Figura 2.32 Efecto del ruido de fase sobre el error de direccionamiento	47
Figura 2.33 Efecto de la apertura de antena y del número de mediciones sobre la relación señal-ruido (en dB) requerida para una fluctuación de dirección de 1° (desviación estándar).	48
Figura 2.34 Representación de un sistema de coordenadas tridimensional	49
Figura 2.35 Representación de los Meridianos	50
Figura 2.36 Distribución de meridianos	50
Figura 2.37 Distribución de meridianos respecto a la superficie terrestre	51
Figura 2.38 Representación de los paralelos	52
Figura 2.39 Distribución de paralelos respecto a la superficie terrestre.....	52
Figura 2.40 Representación de la Longitud Geográfica	53
Figura 2.41 Representación de la Longitud Geográfica	54
Figura 2.42 Líneas de referencia (origin) para Latitud y Longitud	55
Figura 2.43 Proyección Mercator	56
Figura 2.44 Globo terráqueo según la proyección Mercator	57
Figura 2.45 Proyección UTM.....	58
Figura 3.1 Equipo de DF	62
Figura 3.2 Receptor ICOM IC-R9000.....	63
Figura 3.3 Supresor de Picos	63
Figura 3.4 Recomendaciones acerca de la funcionalidad y permanencia de los equipos ...	64
Figura 4.1 Diagrama General de Hardware del Sistema DF 2.0	66
Figura 4.2 DF ALMOS-3000	69
Figura 4.3 Antena para GPS incorporado con el DF ALMOS-3000	70

Figura 4.4 Información de GPS proporcionada por el DF-ALMOS-3000.....	70
Figura 4.5 Pantalla del DF ALMOS-3000 en modo de operación normal.....	71
Figura 4.6 Arreglo de Antenas del DF-ALMOS 3000 para operar en el rango de 20 MHz a 3 GHz.....	72
Figura 4.7 Receptor Universal EB 200 (Vista Frontal).....	74
Figura 4.8 Receptor Universal EB 200 (Vista Posterior).....	75
Figura 4.9 Radio R&S EB200. Pantalla de Espectro de Frecuencias.....	77
Figura 4.10 Receptor GPS CW45-NAV	79
Figura 4.11 Receptor GPS CW-45 NAV (Vista Posterior).....	80
Figura 4.12 Ilustración del Soporte del GPS	80
Figura 4.13 Diseño del Soporte del GPS.....	81
Figura 4.14 Diseño del Nuevo Sistema de DF	82
Figura 4.15 DF ALMOS-3000 Detalle del puerto serial para comunicación remota.....	83
Figura 4.16 Puerto de comunicación remota en el radio receptor R&S EB200.....	84
Figura 4.17 Distribución de los equipos en el rack del vehículo COMINT.....	85
Figura 4.18 Aspecto físico de los equipos instalados en su respectivo rack	85
Figura 5.1 Barra de estado del software COMINT - DF 2006 V2.0	95
Figura 5.2 Pantalla Principal Software COMINT - DF 2006 V2.0.....	115
Figura 5.3 Controles de la Radio R&S EB 200.....	118
Figura 5.4 Controles del DF ALMOS 3000	119
Figura 5.5 Menú Archivo	121
Figura 5.6 Menú Editar Elemento	122
Figura 5.7 Menú Herramientas.....	123
Figura 5.8 Menú Vista.....	124
Figura 5.9 Menú Medir.....	125
Figura 5.10 Menú Radio EB 200.....	125
Figura 5.11 Menú DF-GPS.....	126
Figura 6.1 Ilustración de una Señal de Interferencia (Signal Jamming) en un Radar.....	128
Figura 6.2 Ilustración de la Potencia de una Señal Jamming vs una Señal Normal.....	128
Figura 6.3 Espectro de Frecuencias.....	143
Figura 6.4 Capas del Protocolo TCP/IP	146
Figura 6.5 Rango de distancias durante el desarrollo de operaciones entre las unidades móviles COMINT y JAMMING	148

Figura 6.6 Transformación de Redes Convencionales de Radio en Redes Multimediales de Radio.....	151
Figura 6.7 Alcance de señales de radio en función de la frecuencia.....	153
Figura 6.8 Alcance de señales de radio en función de la potencia de transmisión.....	154
Figura 6.9 Alcance en función del ancho de banda del canal de radio a 50 W de potencia de transmisión	155
Figura 6.10 Cantidad de transceptores requeridos adicionalmente para cobertura idéntica de radio al disminuir el alcance.....	156
Figura 6.11 Transceptores requeridos para cubrir un área con alcances variables.....	157
Figura 6.12 Radio Harris RF-5800H	158
Figura 6.13 Antena Harris RF-387-AT002	161
Figura 6.14 Vista frontal parcial izquierda del radio R&S MR3000.....	163
Figura 6.15 Vista frontal parcial derecha del radio R&S MR3000.....	164
Figura 6.16 Antena R&S HV3015: Relación de Onda Estacionaria Típica.....	166
Figura 6.17 Antena R&S HV3015: Ganancia Típica.....	166
Figura 6.18 Antena R&S HV3015: Patrón de Radiación en Elevación	167
Figura 6.19 Radio Kenwood TK-80	167
Figura 6.20 Diagrama de bloques del Sistema de Comunicación para cada vehículo	170
Figura 6.21 Ubicación del Radio MR3000 dentro del Sistema de Racks del vehículo COMINT	170
Figura 6.22 Ubicación del Radio MR3000 dentro del Sistema de Racks del vehículo JAMMING	171
Figura 6.23 Ingreso de parámetros en el software Radio Mobile.....	172
Figura 6.24 Enlace entre los vehículos.....	174
Figura 6.25 Perfil del enlace.....	175
Figura 7.1 Región donde se realizaron las pruebas del Sistema DF 2.0.....	177
Figura 7.2 Generador de energía eléctrica.....	178
Figura 7.3 Pruebas de localización del vehículo COMINT en la ciudad de Machala.....	179
Figura 7.4 Resultados de la prueba realizada en la ciudad de Santa Rosa.....	181
Figura 7.5 Pruebas de localización del Sistema Troncalizado en la ciudad de Arenillas..	183
Figura 7.6 Consideraciones de error de DF según la distancia a la fuente.....	184
Figura 7.7 Errores de RDF comunes.....	186
Figura 7.8 Antena de VHF utilizada en práctica de RDF.....	188

Figura III.1 Contenido del CD de Instalación	235
Figura III.2 Instalación Software COMINT – DF 2006	236
Figura III.3 Pasos de Instalación del Software COMINT – DF 2006	237
Figura III.4 Ícono del Software COMINT – DF 2006	237
Figura III.5 Conexión con la Radio R&S EB 200	238
Figura III.6 Conexión con el DF ALMOS 3000	238
Figura III.7 Abrir un nuevo mapa.....	238
Figura III.8 Cargar un Mapa previamente almacenado.....	238
Figura III.9 Pantalla Principal Software COMINT - DF 2006 V2.0.....	240
Figura III.10 Menú Archivo	246
Figura III.11 Menú Editar Elemento	246
Figura III.12 Menú Herramientas.....	247
Figura III.13 Menú Vista.....	249
Figura III.14 Menú Medir.....	250
Figura III.15 Menú Radio EB 200.....	250
Figura III.16 Menú DF-GPS.....	251
Figura III.17 Ícono de ubicación sobre el Mapa Digital.....	252

GLOSARIO

AC

Corriente Alterna

AM

Amplitud Modulada

ANTENA

Conjunto de elementos utilizados para emitir y recibir ondas radioeléctricas, en las respectivas bandas atribuidas.

C4ISR

Comando, control, comunicaciones, computadores, inteligencia, vigilancia y reconocimiento.

COMINT

Communication Intelligent

DF

Directional Finding

ECM

Contramedidas Electrónicas.

ECCM

Contra-contramedidas electrónicas.

EHF

Extremely High Frequency. Banda de Frecuencias Extremadamente altas que comprenden desde los 30 to 300 GHz.

EPM

Medidas Electrónicas de Protección.

ESM

Medidas de Apoyo de Guerra Electrónica

FM

Frecuencia Modulada

FRECUENCIA

El número de ondas completas o ciclos por segundo que pasan por un determinado punto. La unidad es el Hertz (1 Hz = 1 ciclo por segundo).

FEC

Corrección directa de error

GUI

Graphic User Interface

HILO (Threads)

Los Hilos permiten la ejecución en paralelo de diferentes secuencias de código, en otras palabras, permiten que dos o más tareas se ejecuten de manera simultánea.

HF

High Frequency. Banda de frecuencias desde 3 MHz a 30 MHz.

IP

Protocolo de Internet

JAMMING

Bloqueo o interferencia de señales

LAN

Red de área local

LF

Low Frequency. Banda de frecuencias desde 30 kHz y 300 kHz.

LSB

Lower Sideband

MANET

Red móvil ad hoc

MF

Medium Frequencies. Banda de frecuencias desde 300KHz a 3000KHz

RADIOFRECUENCIA (RF)

Cualquier frecuencia a la cual la radiación electromagnética es útil para telecomunicaciones, radiofrecuencia se refiere al rango de 10 MHz a 300 GHz.

SHF

Super High Frequency. Banda de frecuencias desde 3GHz a 30GHz

S/N

Signal to Noise

UHF

Ultra High Frequency. Banda de frecuencias desde 300MHz a 3GHz

USB

Universal Serial Bus

VHF

Very High Frequency. Banda de frecuencias desde 30MHz a 300MHz

VLf

Very Low Frequency. Banda de frecuencias desde 10KHz a 30KHz.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El 26 de Febrero de 1935 en el condado inglés de Northamptonshire los ingleses Arnold Wilkins y Percival Rowe, y el escocés Robert Watson-Watt realizaron la primera prueba de lo que conoceríamos después como radar. Pronto este equipo fue integrado en los cazas nocturnos, navegación en los bombarderos, detección de submarinos y otra gran cantidad de aplicaciones civiles y militares. A partir de allí se han ido desarrollando lo que hoy en día es la Guerra Electrónica.

La Guerra Electrónica es la actividad militar que supone la utilización de energía electromagnética con el fin de determinar, explotar, reducir o impedir el uso hostil del espectro electromagnético por parte del adversario y a la vez utilizarlo en beneficio propio. En la actualidad esta actividad se ha dividido en tres ramas principales: ESM (medidas de apoyo de guerra electrónica), ECM (contramedidas electrónicas) y EPM (Medidas de Protección electrónica).

Respecto a la Guerra Electrónica Pasiva (COMINT), se puede decir, en términos muy generales, que consiste en la interceptación y monitoreo de las señales que se encuentran en el espectro radioeléctrico; en cambio, la Guerra Electrónica Activa (JAMMING), trata de destruir la señal que el enemigo está transmitiendo, usando para este objetivo una señal que sea transmitida en la misma frecuencia y amplificadores de muy alta potencia.

Direction Finding (DF) se refiere al establecimiento de la dirección desde la cual una señal recibida fue transmitida. Esto puede referirse a radio u otras formas de comunicaciones inalámbricas. Combinando la información de la dirección a partir de dos o

de más receptores convenientemente colocados, la fuente de una transmisión se puede situar en el espacio mediante triangulación.

En los últimos años, se ha podido apreciar que distintos Ejércitos actualizan constantemente sus sistemas sin necesidad de estar en conflicto, existiendo una notable preocupación por mantener una adecuada capacidad de Guerra Electrónica (GE), tanto en el ámbito de medidas electrónicas, como en contramedidas electrónicas. Esa preocupación marca una tendencia mundial que no podemos desconocer, ni tampoco disminuir su importancia o influencia, por estar aferrados a viejos principios o doctrinas. Consecuentemente, la diferencia entre el éxito o el fracaso radicará en reconocer y conceptualizar las características de este hecho. Ello reviste una importancia fundamental, en particular para la tripulación de una aeronave o barco, para un operador de radar o de equipos de comunicaciones, ya que en estos casos precisos incluso puede llegar a representar la diferencia entre la vida y la muerte.

La Fuerza Terrestre posee diversos sistemas que son utilizados para la Defensa Nacional, sin embargo, por su complejidad o la falta de modernización de sus equipos, no han podido ser aprovechados de manera adecuada para sus actividades. En consecuencia, la Fuerza Terrestre ha decidido modernizar su sistema de Guerra Electrónica Pasiva (COMINT) y Activa (JAMMING), debido a que dichos sistemas deben trabajar de manera conjunta y coordinar operaciones mediante el envío y recepción de información en distintos puntos de operación.

El objetivo de este proyecto es detectar comunicaciones de interés para la Fuerza Terrestre, para que en caso de requerirlo, se puedan neutralizar las comunicaciones no deseadas, mismas que utilizan el espectro radioeléctrico para coordinar actividades ilegales y atentar contra la seguridad del Estado Ecuatoriano. Ese tipo de comunicaciones no se realizan sobre una región específica del país, al contrario, se presentan sobre todo el territorio nacional, cambiando constantemente de ubicación con el fin de no ser detectados, razón por la cual existe la necesidad de contar con la cartografía digital completa del Ecuador, permitiendo de este manera que el vehículo COMINT pueda operar en cualquier parte del país.

El Centro de Investigaciones Científico y Tecnológico del Ejército (CICTE) modernizó el Sistema de Guerra Electrónica Pasiva (COMINT) en el año 2005, con el objetivo de localizar diferentes fuentes de emisión de comunicaciones de interés para la Fuerza Terrestre. Con el presente proyecto se realizará la definición de la localización de esas emisiones.

Hasta el momento, la operación de los equipos permite establecer la frecuencia de emisión a la cual está siendo transmitida la señal de interés, con esta información se trabajará con el equipo de DF para establecer las coordenadas geográficas aproximadas donde se localiza el sistema de comunicación que genera dicha señal. En este punto, mediante el empleo de la cartografía digital del Ecuador, se puede establecer la ubicación del sistema a ser intervenido, con lo cual es posible coordinar diferentes acciones, como puede ser anular la señal con los equipos de Guerra Electrónica Activa (JAMMING), realizar acciones de artillería contra este punto u otro tipo de acciones según lo amerite cada caso en particular.

Cabe mencionar que, si bien el país no se encuentra en un estado de alerta de guerra o atentados de la guerrilla, se requiere un constante monitoreo y análisis de cualquier tipo de comunicación, para proporcionar información temprana y preventiva a las unidades especializadas del Ejército, con el fin de que puedan detectar comunicaciones que atenten contra la seguridad del Estado y el bienestar ciudadano. Para el Ejército es de suma importancia tener información completa y detallada con respaldos de memoria digital de las transmisiones y de las ubicaciones de los emisores de estas señales electromagnéticas, para poder realizar un seguimiento de todas las comunicaciones de interés a lo largo del territorio ecuatoriano.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INTELIGENCIA DE COMUNICACIONES (COMINT)

2.1 GUERRA ELECTRÓNICA

La Guerra Electrónica es la actividad militar que supone la utilización de energía electromagnética con el fin de determinar, explotar, reducir o impedir el uso hostil del espectro electromagnético por parte del adversario y a la vez conservar la utilización de dicho espectro en beneficio propio.

2.1.1 Antecedentes Históricos

En los primeros años del siglo 20, los ejércitos del mundo expandieron el uso de comunicaciones por radio para comandar y dirigir operaciones. Al mismo tiempo, también empezaron a investigar el espectro para identificar y localizar las comunicaciones de otras naciones.

En un principio, la Guerra Electrónica era una herramienta que permitía identificar naves y unidades militares. Cuando las naciones mejoraron sus sistemas de inteligencia, también introdujeron métodos para frustrar los medios de inteligencia de sus adversarios. Se desarrollaron códigos y cifradores, y el cambio periódico de las frecuencias de las señales de llamada eran acciones cotidianas dentro del área de las comunicaciones. La interferencia o bloqueo de comunicaciones (Jamming) y la creación de prácticas conocidas como decepción electrónica (encaminadas a confundir al adversario), se constituyeron en acciones sumamente ingeniosas.

Durante la Primera Guerra Mundial la Guerra Electrónica se limitó principalmente a una serie de esfuerzos encaminados para intervenir comunicaciones de radios. Durante esta época también se llevaron a cabo los primeros intentos para realizar Direction Finding; sin embargo, estos esfuerzos iniciales presentaron resultados poco confiables.

En el período comprendido entre las dos guerras mundiales tuvo lugar descubrimientos dramáticos en el desarrollo de las comunicaciones por radio. El uso de las comunicaciones por radio se volvió común dentro de las operaciones militares. Las radios comenzaron a ser utilizadas desde los mandos superiores hasta los niveles más bajos del batallón. Las operaciones con señales se volvieron más comunes. Los códigos y los cifradores proporcionaron seguridad a las transmisiones.

Al inicio de la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de las naciones tenía departamentos especializados para realizar las funciones de Guerra Electrónica. La operación de Jamming a radios se volvió un componente de la Guerra Electrónica, junto con la colección, localización y análisis de información de los adversarios. En esta época tuvieron lugar algunos avances para descifrar códigos. Varios países, incluyendo Gran Bretaña, Polonia, la URSS, y Estados Unidos, fueron capaces de leer los mensajes de radio de otras naciones. El empleo de prácticas de decepción electrónica, confundiendo al adversario, se volvió fundamental dentro de la planificación de las radio-comunicaciones. El descifrar códigos utilizados en las comunicaciones de adversarios constituyó otro esfuerzo significativo durante este periodo.

El desarrollo del RADAR (Radio Detection and Ranging) influyó notablemente en el desenlace de la Segunda Guerra Mundial. El desarrollo de sistemas y técnicas para localizar e identificar los sistemas de radares crecieron y se dividieron en actividades separadas, las cuales, serían nombradas en el futuro como inteligencia electrónica (ELINT) y seguridad electrónica (ELSEC). Muchos años después ELINT y ELSEC jugarían un papel fundamental en las operaciones de los Ejércitos de todo el mundo tanto en tiempo de paz como en guerra.

2.1.2 Clasificación de la Guerra Electrónica

La Guerra Electrónica se divide en tres partes fundamentales, según se ilustra en la Figura 2.1:

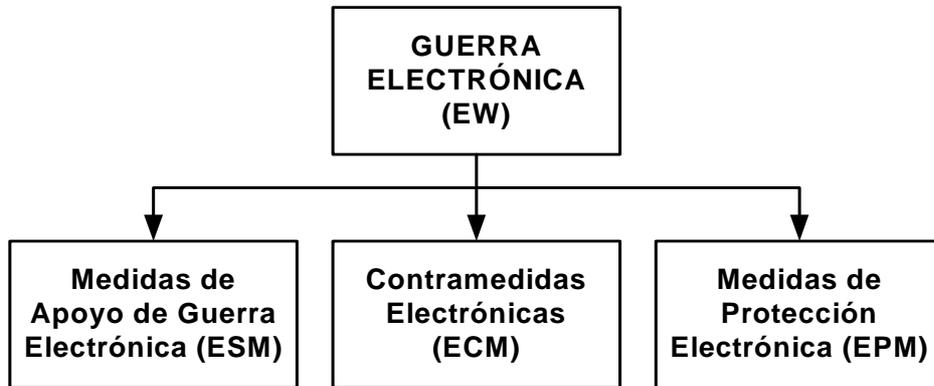


Figura 2.1 Clasificación de la Guerra Electrónica

2.1.2.1 Medidas de Apoyo de Guerra Electrónica (ESM)

La función de la ESM consiste en investigar, interceptar, localizar, registrar y analizar la energía electromagnética, con el fin de aprovecharla para las acciones militares. Mediante su empleo se pretende obtener la mayor cantidad de información posible acerca de los radares, radios, sistemas electro-ópticos, láser y otros sistemas emisores del adversario. En el sentido más común se espera detectar y ubicar geográficamente los equipos enemigos para poder neutralizarlos mediante acciones pasivas (interferencia, bloqueo, etc) y activas (destrucción con misiles antirradiación o artillería). En la actualidad los equipos destinados a este tipo de labores sintonizan automáticamente frecuencias en el orden de los Giga-Hertzios por microsegundo y están clasificados en cuatro categorías principales: el IFM (Medidor Instantáneo de Frecuencia); el CSR (Receptor Superheterodino Canalizado); el SSR (Receptor Explorador Superheterodino) y el CVR (que forma parte de los sistemas de alerta de radar).

2.1.2.2 Contramedidas Electrónicas (ECM)

Las ECM incluyen:

- **Perturbación electrónica.** Consiste en la radiación, re-radiación o reflexión de energía electromagnética, con el propósito de limitar o impedir el uso por parte del adversario de dispositivos, equipos o sistemas electrónicos.
- **Decepción electrónica.** Se refiere a la radiación, re-radiación, alteración, absorción o reflexión de energía electromagnética buscando desorientar al enemigo en la interpretación o empleo de la información recibida a través de sus sistemas electrónicos.

Existen dos categorías de decepción electrónica:

- **Decepción electrónica manipulativa:** La alteración o simulación de radiaciones electromagnéticas amigas, con el fin de lograr la decepción.
- **Decepción electromagnética imitativa:** Introducción de radiaciones en los canales enemigos, con el propósito de simular sus propias emisiones.

2.1.2.3 Medidas de Protección Electrónica (EPM)

Área de la Guerra Electrónica que comprende la adopción de medidas encaminadas a garantizar el uso eficaz del espectro electromagnético, a pesar del empleo de la Guerra Electrónica por parte del adversario.

2.2 SISTEMAS DE INTELIGENCIA DE COMUNICACIONES (COMINT)

La Inteligencia de Comunicaciones es un sistema de soporte técnico-administrativo que permite controlar y manejar el espectro radioeléctrico, con el propósito de regular el uso de frecuencias exclusivamente para operaciones legales dentro de nuestro territorio. Este tipo de sistemas, en general, son capaces de proporcionar una respuesta manual o automática, siendo posible realizar las siguientes funciones:

- Monitoreo (búsqueda) de frecuencias.
 - Interceptación de frecuencias.
 - Registro de señales.
 - Detección de la dirección (DF: Directional Finding).
 - Perturbación (Jamming) de las señales no convenientes.
-

El subsistema de búsqueda permitirá rastrear las bandas de frecuencias: HF/VHF/UHF las siguientes modulaciones analógicas: AM, FM, USB, LSB y CW, también puede tratarse de señales digitales. En el proceso de rastreo de redes o señales consideradas inconvenientes, se puede monitorear, registrar y/o perturbar estas señales.

La detección de dirección (Direction Finding: DF) se debe realizar simultáneamente al monitoreo, definiendo el AZIMUTH correspondiente a la dirección de la transmisión monitoreada. El rango de frecuencias para la operación del DF estará también entre HF, VHF y UHF.

El subsistema JAMMING permitirá perturbar a una lista de frecuencias detectadas como ilegales o amenazas para la integridad física y moral de los habitantes, dentro de la zona de cobertura.

Se identifican dos modos de operación: manual y automático. La operación manual, con equipos portátiles, cumple el fin de acumular datos prácticos en los distintos terrenos para desarrollar un levantamiento de la ocupación del espectro, que permita formar una base de datos inicial. Como segundo modo, se considera la implementación automática para el monitoreo del espectro, con ayuda de los controladores (computadores) fijos y móviles, y de los radioenlaces de datos, con los programas de triangulación y cartografía digital.

Una vez conocido el espectro de frecuencias y definidas las potenciales ilegalidades o amenazas, entrará la operación del sistema de perturbaciones (Jamming), las correspondientes multas por infracción de la ley de telecomunicaciones vigente, o las acciones de seguridad correspondientes.

2.2.1 Componentes y Funciones de un Sistema COMINT

Como se indicó anteriormente, un sistema COMINT es capaz de administrar y controlar el espectro de frecuencias. Para cumplir con la detección y observación de emisiones se tienen las siguientes funciones:

- **Puesto de Búsqueda.** Realiza la búsqueda e identificación de emisiones electromagnéticas.
- **Puesto de Servicio.** Se dedica al control y escucha de operaciones.
- **Puesto de Escucha.** Realiza la observación y registro de las observaciones importantes.
- **Puesto de Radiogoniometría.** Realiza la localización de direcciones de llegada de transmisiones tácticas.
- **Puesto de análisis.** Evalúa y relaciona la información recogida por las bases remotas.
- **Puesto de bloqueo o Jamming.** Su misión es interferir o bloquear parcial o totalmente el espectro de frecuencia.

A continuación se muestra un Sistema de Manejo del Espectro típico, mismo que utiliza los siguientes equipos:

- Equipos de Prueba y mediciones. (Receptor Banda Ancha).
 - Equipos de búsqueda de rumbo. (Procesador DF).
 - Grabadoras de Sonido.
 - Unidades de GPS.
 - Brújula Magnética.
 - Enlaces de RF / Teléfonos.
 - Computadoras.
 - Impresoras / Graficadoras.
 - Vehículos.
 - Consolas de Mando.
-

En la Figura 2.2 se presenta un esquema de los equipos que son típicamente utilizados para realizar Inteligencia de Comunicaciones:

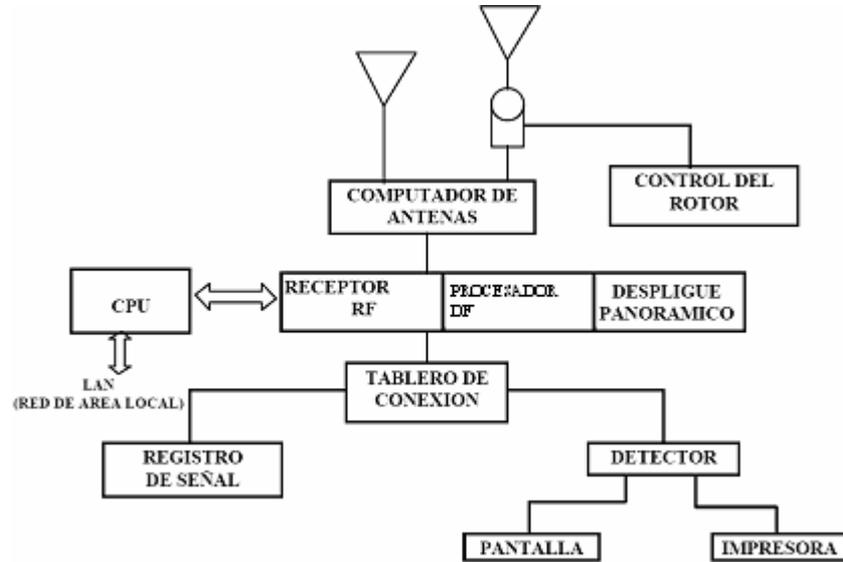


Figura 2.2 Diagrama de la Estación típica de monitoreo de identificación de RF

Como se ilustra en la Figura 2.3, para facilitar el empleo de este tipo de sistemas en cualquier lugar del territorio nacional, se realiza el montaje de los equipos para COMINT dentro de un vehículo.

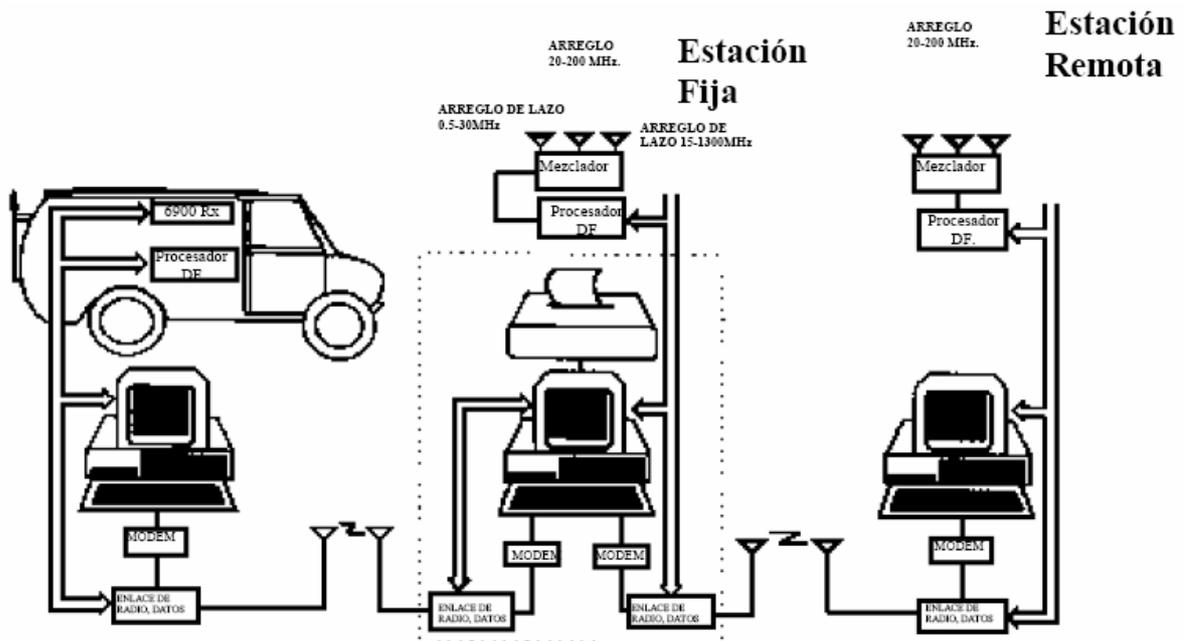


Figura 2.3 Ejemplo de Sistema COMINT para Monitoreo del espectro

2.2.2 Descripción de los Sistemas de Direction Finding (DF)

2.2.2.1 Aplicaciones de Radio Direction Finding

Entre las aplicaciones fundamentales de Radio Direction Finding tenemos:

- En radio-monitoreo
 - Búsqueda de fuentes de interferencia.
 - Localización de transmisores no autorizados.
- En servicios de seguridad
 - Lucha contra el crimen organizado
- En inteligencia militar
 - Detección de actividades de potenciales enemigos
 - Adquisición de información acerca de las intenciones militares y/o políticas del enemigo (signal intelligence).
- En sistemas de inteligencia de comunicaciones
 - Las técnicas de SDMA (Acceso Múltiple por División de Espacio) requieren el conocimiento de la dirección de las ondas incidentes.
- En la investigación
 - Radioastronomía
 - Monitoreo terrestre remoto

La localización de emisores, a menudo es un proceso de múltiples fases.

Los Direction Finders distribuidos convenientemente en un país permiten que un transmisor sea localizado en un radio de pocos kilómetros mediante triangulación, con una pequeña incertidumbre (típicamente de 1% a 3% de las distancias de DF).

La localización del emisor puede ser determinada con mayor precisión con ayuda de direction finders instalados en vehículos. Más aún, los direction finders portátiles permiten hacer búsquedas dentro de un radio de 100 metros, por ejemplo en edificios.

2.2.2.2 Tareas de Radio Direction Finding

La tarea de un Radio Direction Finder consiste en estimar la dirección de un emisor midiendo y evaluando parámetros de campo electromagnético.

Normalmente el **azimuth** α es suficiente para determinar la dirección; medir la **elevación** ε es de interés para emisores instalados en plataformas volantes y especialmente para Direction Finding de señales de onda corta.

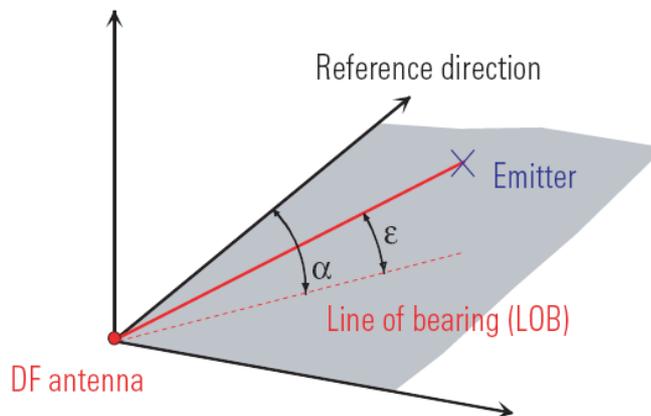


Figura 2.4 Definición de la dirección de Emisor

Solo en el caso de propagación de ondas sin perturbaciones, la dirección del emisor es idéntica a la dirección de incidencia de las ondas de radio. Normalmente existe un gran número de ondas parciales arribando desde diferentes direcciones y constituyendo un campo disperso en mayor o menor grado. El Direction Finder toma muestras espaciales y temporales de este frente de onda y en el caso ideal proporciona los valores estimados $\hat{\alpha}$ y $\hat{\varepsilon}$ para la dirección más probable del emisor observado.

Como consta en la Figura 2.5, la dirección puede estar referida a las siguientes direcciones:

- Norte geográfico.
- Ejes del vehículo o radio direccionamiento relativo.
- Respecto a otra dirección de referencia establecida.

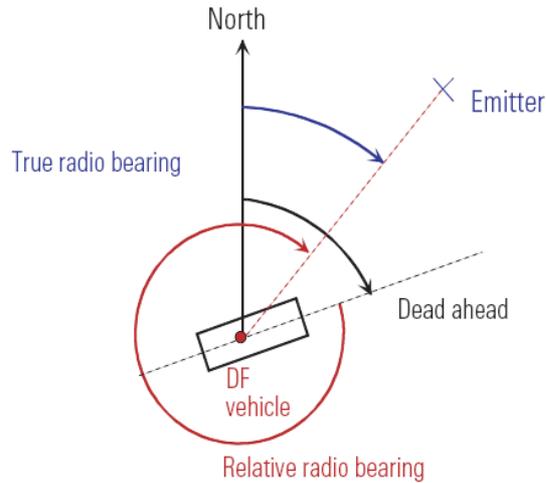


Figura 2.5 Direcciones de referencia

2.2.2.3 Principios de DF

2.2.2.3.1 Generación y Características de las ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas son causadas por los procesos de carga y descarga que se producen en los conductores eléctricos que son alimentados con corriente alterna (AC).

La primera afirmación se basa en la propagación sin perturbaciones de ondas armónicas de longitud de onda λ . A grandes distancias de la fuente de radiación, las componentes radiales del campo decaen, de modo que tales ondas sobre un área pequeña, pueden ser consideradas como ondas electromagnéticas planas, es decir, los campos eléctrico y magnético son ortogonales en fase uno del otro y perpendiculares respecto a la dirección de propagación de la onda, que está definida como **vector de densidad de radiación (Vector de Poynting)**.

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} = \vec{e}_0 \frac{|E|^2}{Z_0} \quad (2.1)$$

Donde:

E = valor efectivo de la intensidad de campo eléctrico.

Z_0 = Impedancia característica del espacio libre; $Z_0 \approx 120\pi \Omega$ o por el **número de**

vector de onda (wave number vector). $\vec{k} = \vec{e}_0 \frac{2\pi}{\lambda}$

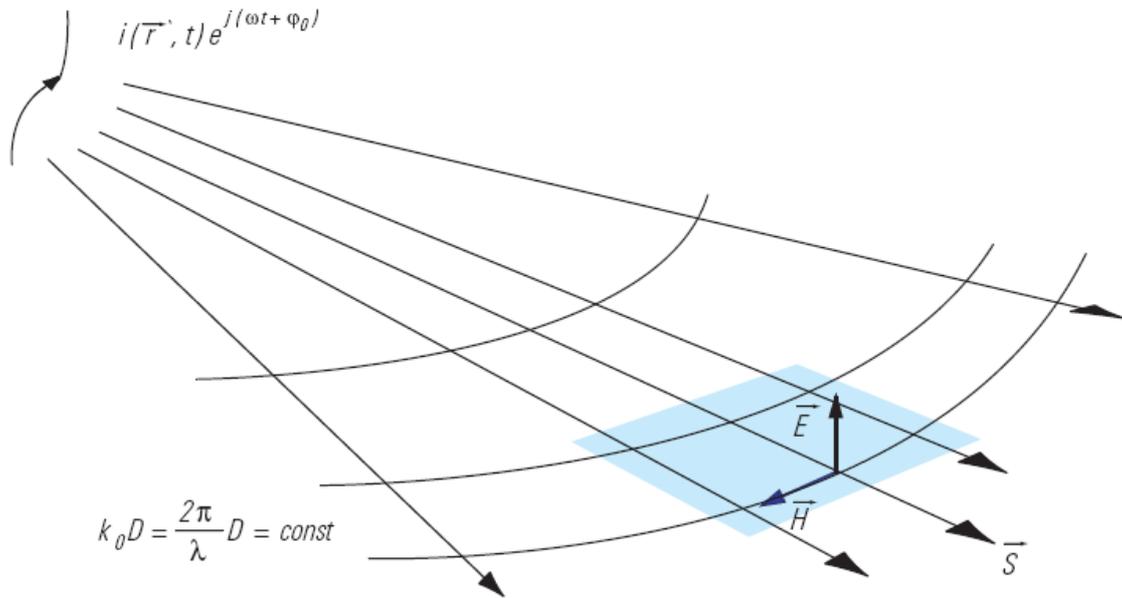


Figura 2.6 Propagación de ondas en el espacio.

2.2.2.3.2 Descripción de los principios fundamentales de DF.

Las características básicas de las ondas electromagnéticas son:

- Perpendicularidad: en cualquier instante el plano formado por los vectores de campo eléctrico y magnético es perpendicular a la dirección de propagación de la onda y
- Ortogonalidad: los campos eléctrico y magnético son ortogonales en fase uno respecto del otro.

Cualquiera de los procesos de DF puede ser referido a uno de los siguientes dos métodos (ver Tabla 2.1):

Tabla 2.1 Principios de DF

Características de las ondas	Trasversal	Fase de la Superficie	Dirección de propagación	
Principios de DF	Polarización de DF	Fase de DF		
Ejemplos	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Rotating loop ◆ Dipolo ◆ Loaded loop ◆ Crossed loop con evaluación de Watson-Watt 	DF con patron direccional Conversion Fase → Amplitud	Apertura del muestreo	
		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Antena Direccional que permite máxima y mínima señal de DF. ◆ Adcock con evaluación de Watson. 	Evaluación Directa	Proceso con arreglo de sensores
			<ul style="list-style-type: none"> ◆ Interferómetro ◆ Campo Rotativo de DF ◆ Doppler de DF 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Correlación del DF. ◆ Adaptative beam form. ◆ MUSICA ◆ ESPRIT

- Método A: medir la dirección de los vectores de campo eléctrico y/o magnético (DF por polarización).
- Método B: medir la orientación de superficies de igual fase (o líneas de igual fase si la elevación no es de interés). (DF por fase).

DF por polarización

Son implementados mediante arreglos de dipolos y antenas de lazo (tipo loop). El clásico DF rotating-loop pertenece a esta categoría (rotación de lazo a mínima recepción de señal → dirección perpendicular de la onda incidente al lazo). Hoy las técnicas de DF por polarización son usadas en situaciones en donde hay espacio únicamente para antenas pequeñas; como por ejemplo en vehículos y en botes que utilizan DF en la banda de HF. La evaluación es usualmente hecha de acuerdo al principio de Watson-Watt.

DF por fase

Obtiene la información direccional desde la posición espacial de las líneas de superficie de igual fase.

Hay dos métodos básicos:

DF con Característica Direccional.

Con este método, ondas parciales son acopladas a varios puntos del sistema de antenas y combinadas en un punto para formar una señal que es la suma de estas señales parciales. El valor máximo de esta suma ocurre para el ángulo de la antena al cual la diferencia de fases entre las ondas parciales es mínima. Por lo tanto la señal suma es siempre ortogonal a la fase de las superficies de la onda incidente (máxima señal de DF). Para mínima señal de DF las ondas parciales son combinadas de tal manera que la diferencia de fases en la dirección de incidencia de la onda se vuelva máxima y existe un mínimo distinto para la señal recibida.

DF mediante muestreo de apertura

Con este método, se toman muestras en varios puntos del campo y se ingresan a circuitos de evaluación secuenciales o paralelos, los cuales determinan la dirección de arribo, sometiendo a las muestras a operaciones matemáticas.

Ejemplos típicos son: interferómetros, Direction Finders de campo rotacional y los Doppler direction finders.

Los métodos de DF mencionados hasta ahora son convenientes a un grado limitado solamente para determinar las direcciones de la incidencia de varias ondas traslapadas en el dominio de frecuencia.

Con los progresos realizados en procesamiento digital de señales, los métodos conocidos de la teoría de estimación espectral han sido aplicados al análisis de ondas, consiguiéndose grandes avances.

El término “procesamiento de arreglos de sensores” describe la técnica empleada para adquirir información acerca de los parámetros de ondas incidentes provenientes de señales elementales de arreglos de sensores (arreglos de antenas en radio direction finding).

Existen básicamente dos métodos diferentes:

- Métodos de formación de onda, por ejemplo: DF correlacionador, análisis espacial de Fourier, antenas adaptativas.
- Métodos sub-espaciales, por ejemplo: MUSIC, ESPRIT.

2.2.2.3.3 Requerimientos en sistemas DF

Los principales requerimientos son:

- Alta exactitud
- Alta sensibilidad
- Suficiente inmunidad a señales grandes.
- Inmunidad a distorsión de campo causada por propagación multitrayectoria.
- Inmunidad a errores de polarización.
- Determinación de la elevación en el rango de onda corta.
- Respuesta estable en caso de interferencia co-canal no-coherente.
- DF de señales de corta duración.
- Scanning direction finders: Elevada velocidad de escaneo.

2.2.2.3.4 Componentes de un sistema DF

Un sistema DF (Figura 2.7) tiene los siguientes componentes:

- Sistema de antenas
 - Convertidor DF
 - Unidad de evaluación y
 - Unidad de visualización
-

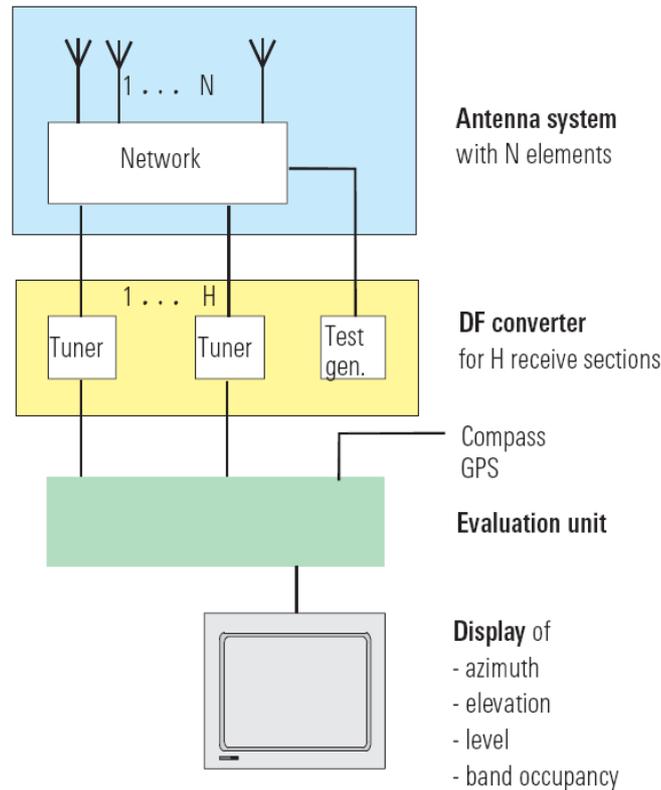


Figura 2.7 Componentes de un sistema de DF

Dependiendo de la configuración, se pueden añadir sistemas para determinar las coordenadas/orientación del DF (GPS, brújula), unidades de control remoto (LAN, WAN), unidades de control de antenas, etc.

La velocidad alcanzable por el DF depende principalmente del número H de secciones receptoras, las cuales determinan el número de salidas de antena medidas en paralelo.

Para obtener la velocidad máxima debe ser posible obtener la dirección de la señal en un solo intervalo de tiempo, por ejemplo: desde un conjunto de muestras (DF de monopolso). Para evitar ambigüedades en el proceso de direction finding sobre el rango total de azimuth, se necesitan por lo menos tres salidas de antenas. Si adicionalmente también existen tres secciones receptoras, no se requiere multiplexación de los canales de medida.

Como ejemplos típicos de antenas de DF monopolso tenemos:

- Antena multimodo para comparación de amplitud en DF's. (Ejemplo: Antena Adcock).
- Interferómetro y DF modo fase.

Para tener elevada exactitud en el DF (ej: 1°) y gran ancho de banda (Ej: 1 MHz a 30 MHz o 20 MHz a 1000 MHz, usualmente se requieren de 5 a 9 sondeos de prueba. Dado que las soluciones de monopulso serían muy complejas, frecuentemente se utilizan una sección receptora fija y dos secciones receptoras conmutadas secuencialmente.

El conversor de DF convierte la frecuencia de portadora de la señal de la antena a una frecuencia intermedia (IF) fija. Puesto que esta conversión debe hacerse con igual fase y amplitud en todas las secciones receptoras, el uso de un sintetizador común es indispensable. Más aún, con la mayoría de los DF's multi-receptores, las secciones receptoras se calibran con ayuda de un generador de prueba, previamente a la operación apropiada del DF, para asegurar la igualdad de amplitud y fase.

La unidad de evaluación determina la dirección de arribo de la señal de interés a partir de las amplitudes y/o fases de las señales de IF.

2.2.2.4 Métodos clásicos de DF

2.2.2.4.1 Utilizando antenas direccionales

Evaluando el voltaje recibido mediante una antena direccional mecánicamente girada con referencia a la dirección de la onda, es la manera más simple de realizar Direction Finding.

Con este método la dirección de la señal se deriva de la característica del voltaje recibido como una función del ángulo de rotación de la antena: cuando una onda arriba, el voltaje recibido produce el patrón de radiación de la antena. La posición del patrón relativa al ángulo de rotación de la antena es la dirección medida.

Este tipo de DF es por naturaleza un DF por fase, dado que la directividad de la antena que está recibiendo la señal se logra mediante superposición de ondas parciales cuyas diferencias de fase dependen del ángulo de incidencia. En el caso más simple, la rotación de la antena y el establecimiento de la dirección se llevan a cabo por el operador.

La antena se gira hasta que el voltaje de salida del receptor asume un valor extremo. La orientación de la antena así alcanzada se lee mediante una escala y la dirección determinada. Si la antena direccional (con patrón de radiación máximo o mínimo) se gira permanentemente con ayuda de un motor y el voltaje recibido se muestra gráficamente como una función del ángulo de rotación, un DF de tipo spinning-wheel es obtenido (Figura 2.8). Con un dispositivo de evaluación automática conveniente, por ejemplo usando un detector de nivel máximo de voltaje, se obtiene un DF totalmente automático.

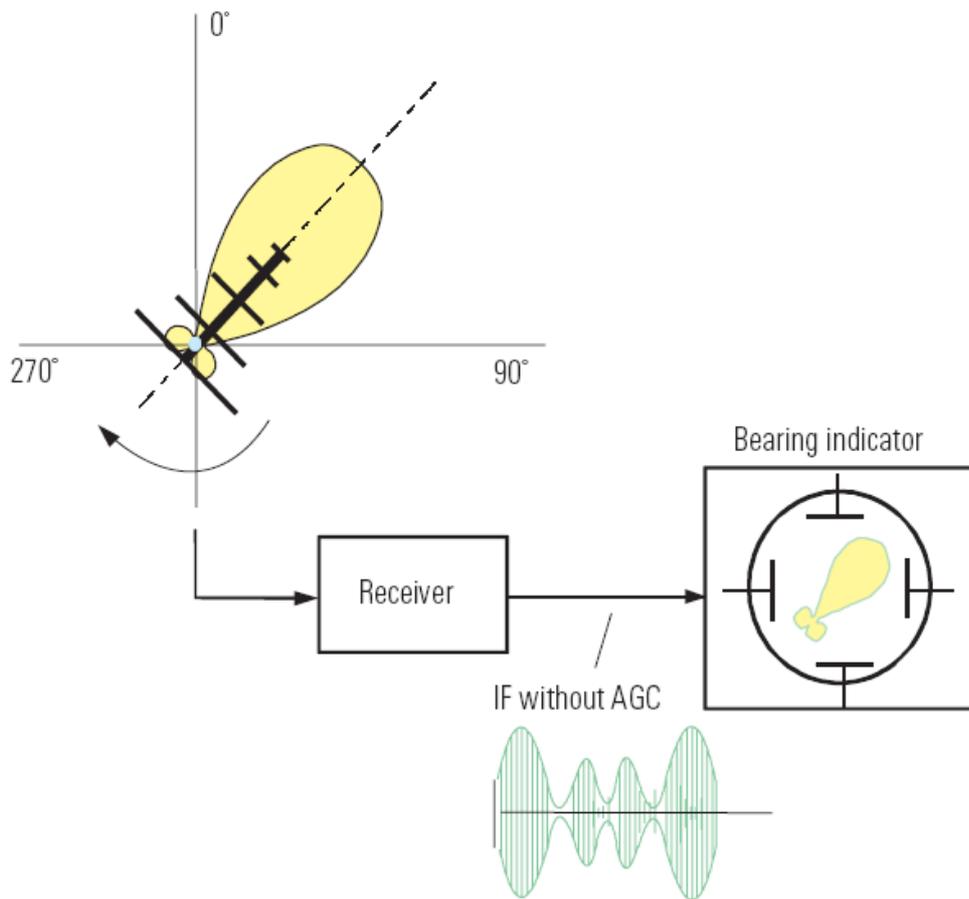


Figura 2.8 Direction Finding utilizando Antena Direccional

Los siguientes beneficios son comunes a todas las variaciones de este método de DF:

- Alta sensibilidad debido a la directividad de la antena.
- Implementación simple y económica (solo se requiere un receptor).

- Es posible la resolución de múltiples frentes de onda (pre-requisito: diferentes ángulos de incidencia y alta directividad del sistema de antena).
- La misma antena puede utilizarse para Direction Finding y monitoreo.

Las desventajas de este método resultan del campo de vista que se restringe inevitablemente por la directividad y la velocidad de rotación de la antena que está limitada por las características mecánicas del rotor de la antena.

- La probabilidad de interceptación es recíproca a la directividad.
- El método falla en el caso de tener señales de corta duración, por ejemplo: intervalos de tiempo de señal que son cortos en comparación con la duración del período de movimiento de la antena.

A pesar de estas desventajas, los métodos de DF utilizando antenas direccionales giradas mecánicamente todavía están en uso en la actualidad, puesto que las ventajas de otros métodos en parte sólo pueden lograrse con un desembolso de dinero considerablemente mayor. Especialmente en el rango de las microondas el método de DF mecánico es a menudo el único compromiso justificable entre la ganancia, bajo ruido y precio.

Si un patrón de radiación mínimo se usa conjuntamente con un patrón de radiación máximo en la dirección de incidencia de la onda, se obtiene un DF de monopulso que incluso, con un giro lento de la antena, puede determinar la dirección de la onda, con tal que las ondas lleguen dentro de la dirección receptora principal de la antena. La Figura 2.9 muestra la implementación con antenas logarítmicas de dipolo conectadas con ayuda de un híbrido a $0^\circ/180^\circ$. Los patrones de radiación obtenidos en este caso, se muestran en la parte derecha de la siguiente figura:

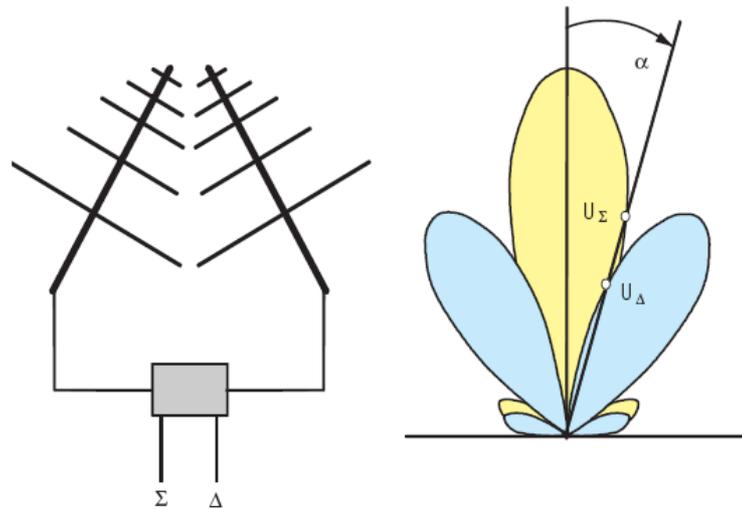


Figura 2.9 Direction Finding utilizando el método suma-diferencia: al lado derecho la implementación típica, a la izquierda patron de radiación par alas salidas de suma (Σ) y diferencia (Δ)

El cociente entre la diferencia y la suma de la señal da como resultado una función adimensional independiente del tiempo, por ejemplo la función de DF:

$$PF(\alpha) = \frac{U_{\Delta}(\alpha)}{U_{\Sigma}(\alpha)} \quad (2.2)$$

Después de formar el cociente de los dos voltajes de prueba, los función de DF inmediatamente calcula la dirección α .

2.2.2.4.2 Principio de Watson-Watt

Si las señales amplificadas y filtradas de una antena receptora con salidas con característica direccional de forma senoidal y cosenoidal son aplicadas a la deflexión x e y de un tubo de rayos catódicos, en el caso ideal se obtiene una figura de Lissajous, cuya inclinación corresponde al ángulo de la onda pero tiene una ambigüedad de 180° . El ángulo indicado se obtiene de la relación entre las dos señales:

$$\hat{\alpha} = \arctan \frac{U_x}{U_y} \quad (2.3)$$

Es posible obtener la dirección sin ambigüedades, si una señal blanqueadora, derivada de una antena receptora omnidireccional con relación de fase inequívoca, se añade a este principio de DF implementado por primera vez por Watson-Watt en 1926.

Si los dos voltajes U_x y U_y exhiben una diferencia de fase δ debida a interferencias del medio (p. ej: reflexiones), la figura obtenida en este caso es una elipse. La posición del eje principal alcanza la dirección que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{2} \arctan \frac{2|U_x||U_y| \cos \delta}{|U_y|^2 - |U_x|^2} \quad (2.4)$$

El beneficio principal de este método es que permite obtener la dirección sin retardos y tener la capacidad de DF monopulso sobre el rango de azimuth completo.

Antenas con patrones de radiación de forma senoidal o cosenoidal convenientes son, en particular, las siguientes:

- Antenas de lazo (o antenas de ferrita).
- Antenas adcock (arreglos monopolo o dipolo).

Antenas de lazo cruzado con evaluación de Watson-Watt

Son principalmente convenientes para aplicaciones móviles debido a su tamaño compacto. Este tipo de antenas ofrecen los siguientes beneficios y desventajas:

- Beneficios: Suficiente una mínima duración de señal, implementación simple, espacio pequeño requerido.
- Desventajas: Sistema de pequeña apertura ($D/\lambda < 0.2$) conduciendo a errores en caso de propagación multitrayectoria, grandes errores de DF en el caso de ondas aéreas con ángulos de elevación empinados.

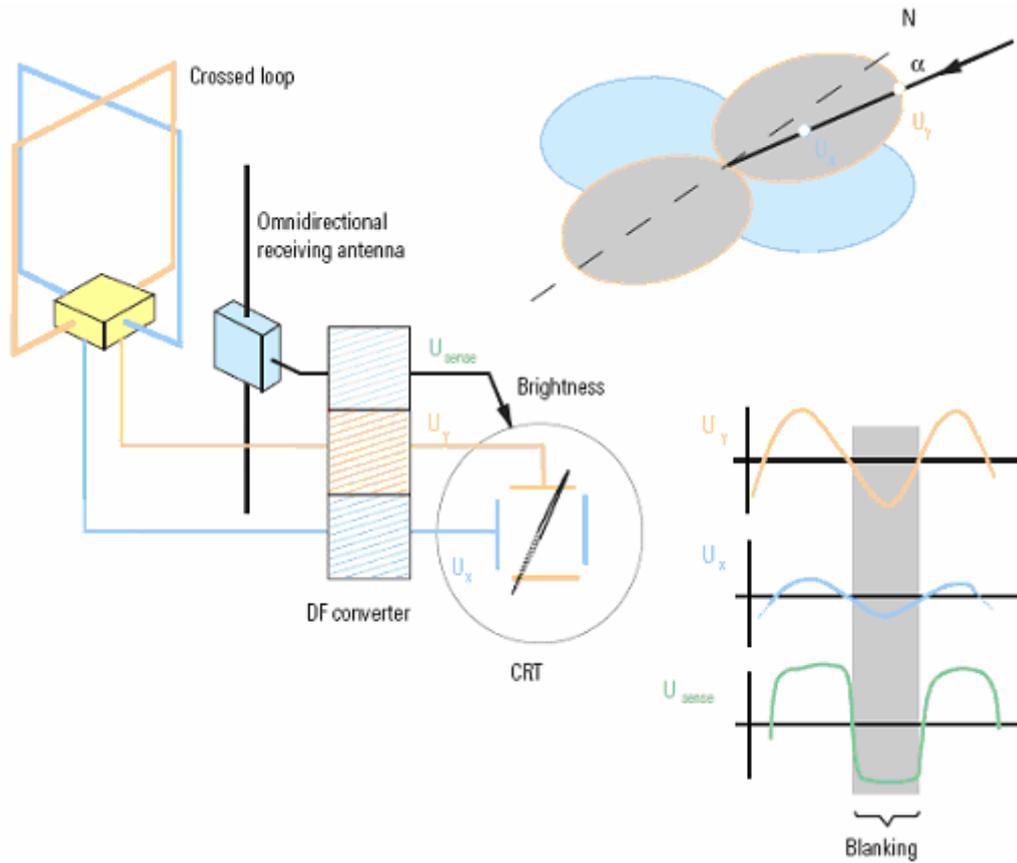


Figura 2.10 Direction Finder de Watson-Watt con antena de lazo cruzado

Antena Adcock

Ofrece las siguientes ventajas sobre las antenas de lazo cruzado:

- Tolerancia de error mejorada para recepción de ondas aéreas.
- Implementación de aperturas más amplias para prevenir errores en caso de tener recepción multitrayectoria (p. ej: $D/\lambda < 1$).

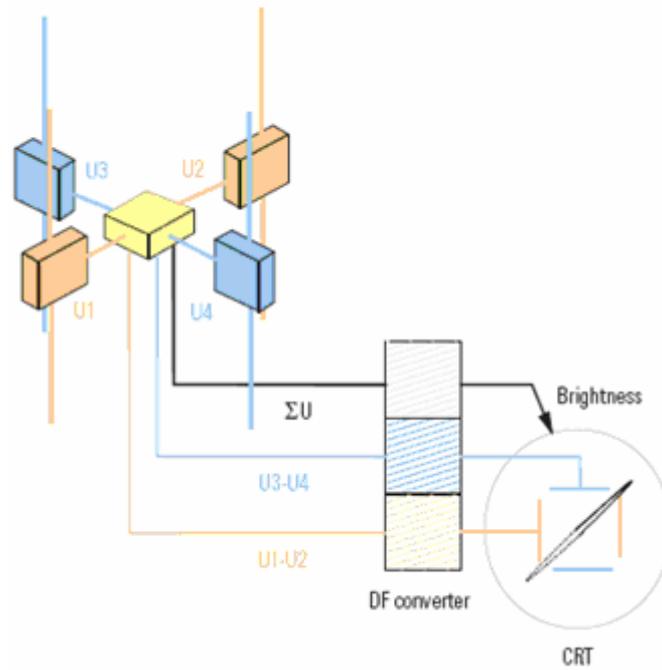


Figura 2.11 Antena Adcock con evaluación de Watson-Watt

Los Direction Finders modernos ya no despliegan los voltajes de frecuencia intermedia (IF) de las señales de antena sobre un tubo de rayos catódicos (CRT), pero digitalmente procesa las señales de manera simultánea en una banda de IF relativamente amplia (Figura 2.12).

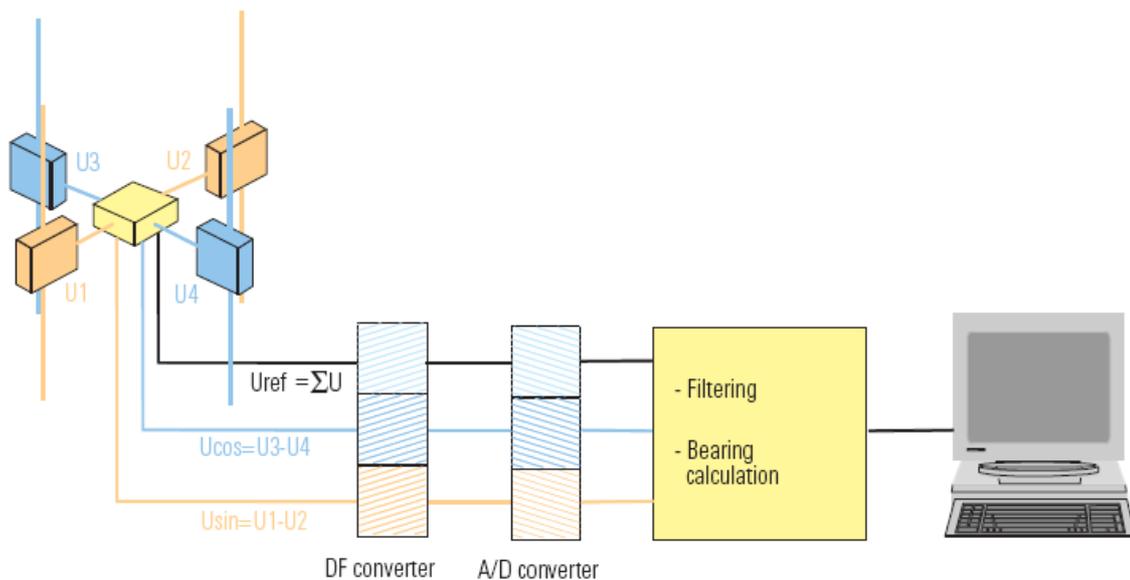


Figura 2.12 Configuración de un Direction Finder moderno según el principio de Watson-Watt.

La primera selección se efectúa con ayuda de filtros digitales; las direcciones se calculan matemáticamente y se visualiza en un computador mediante una interfaz gráfica de usuario.

Algunas desventajas de los DF's analógicos pueden evitarse de la siguiente manera:

- La sincronización de canales también en los filtros de borde.
- Empleo de métodos simples que consideran factores de corrección de redes de antenas, cables, etc.
- Ningún flujo de temperatura en la sección digital.
- Las direcciones deben estar disponibles en forma numérica para realizar evaluaciones más extensas, en particular, para facilitar la transmisión hacia estaciones de evaluación remotas.

La Figura 2.13 muestra un DF que utiliza procesamiento digital de señales para evaluar las señales de una antena Adcock, de acuerdo con el principio de Watson-Watt.



Figura 2.13 Direction finder digital (arriba) y una antena Adcock para DF (abajo)

2.2.2.4.3 Direction Finder Doppler

Si una antena se gira sobre un círculo de radio R , la señal recibida con frecuencia ω_0 es modulada en frecuencia con la frecuencia de rotación ω_r debido al efecto Doppler: si la antena se mueve hacia la fuente de radiación, la frecuencia se incrementa; si la antena se mueve alejándose de la fuente de radiación, la frecuencia recibida disminuye.

A partir de la amplitud instantánea

$$u(t) = a \cos\left(\omega_0 t + \frac{2\pi R}{\lambda_0} \cos(\omega_r t - \alpha) + \varphi\right) \quad (2.5)$$

La frecuencia instantánea se obtiene mediante diferenciación

$$\omega(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_0 - \frac{2\pi R}{\lambda_0} \omega_r \text{sen}(\omega_r t - \alpha) \quad (2.6)$$

Después de filtrar la componente de DC ω_0 , la señal Doppler remodulada obtenida es

$$S_D = \frac{2\pi R}{\lambda_0} \omega_r \text{sen}(\omega_r t - \alpha) \quad (2.7)$$

La fase de la señal remodulada comparada con la señal de referencia de igual frecuencia central derivada de la rotación de la antena es:

$$S_r = -\text{sen}(\omega_r t) \quad (2.8)$$

Alcanzándose la dirección α .

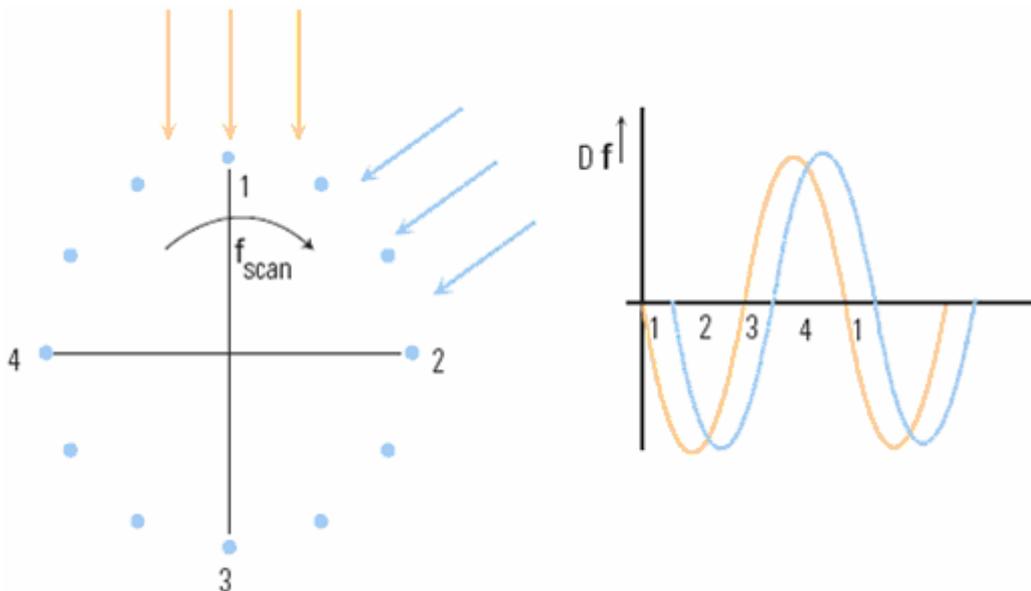


Figura 2.14 Principio del Direction Finder Doppler

Puesto que la rotación mecánica de una antena no es una práctica recomendable, varios elementos (dipolos, monopolos, lazos cruzados) se colocan en un círculo (Figura 2.14) y son escaneados electrónicamente por medio de switches electrónicos.

Para obtener resultados de DF inequívocos, el espaciamiento entre los elementos (antenas individuales) debe ser menor que la mitad de la longitud de onda operativa; en la práctica normalmente se selecciona una distancia de aproximadamente un tercio de la mínima longitud de onda operativa. La Figura 2.15 muestra un ejemplo de un DF Doppler para uso portátil en el rango de frecuencia desde 20 MHz hasta 1000 MHz.



Figura 2.15 Direction Finder Doppler para uso portátil en el rango de frecuencias desde 20 MHz hasta 1000 MHz

Si esta regla es añadida, las antenas Doppler DF de cualquier tamaño en sistemas de gran apertura ofrecen las siguientes características:

- Gran inmunidad frente a recepción multitrayectoria.
- Elevada sensibilidad.
- Pueden ser implementados de manera simple.

Una desventaja del método Doppler es el tiempo requerido, por lo menos se necesita un ciclo de escaneado de antena para obtener la dirección. Con una frecuencia de rotación típica de 170 Hz, en la banda VHF/UHF un ciclo dura aproximadamente 6 milisegundos.

2.2.2.4.4 Interferómetro

El DF interferómetro determina el ángulo de incidencia de la onda midiendo directamente la diferencia de fase entre las señales alcanzadas en diferentes puntos del frente de onda recibido por los elementos del arreglo de antenas (Figura 2.16).

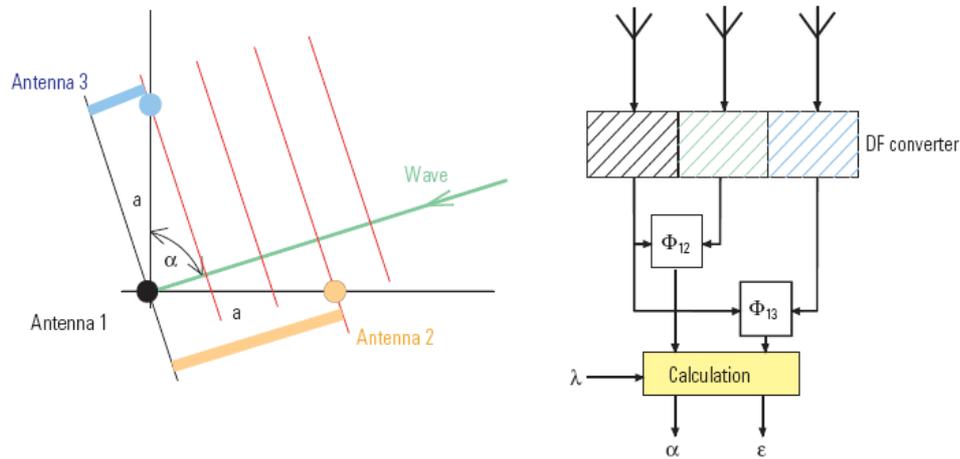


Figura 2.16 Interferómetro de 3 elementos

La determinación inequívoca del azimuth y la elevación con ayuda de tres elementos de antenas solamente es posible si el espaciamiento entre antenas no es mayor que media longitud de onda. Si Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 son las fases medidas a las salidas de los elementos de antena respectivos, el azimuth se calcula como:

$$\hat{\alpha} = \arctan\left(\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Phi_3 - \Phi_1}\right) \quad (2.8)$$

El ángulo de elevación se obtiene como:

$$\hat{\varepsilon} = \arccos\frac{\sqrt{(\Phi_2 - \Phi_1)^2 + (\Phi_3 - \Phi_1)^2}}{2\pi\alpha / \lambda} \quad (2.9)$$

En la práctica, la configuración de 3 antenas, normalmente se refuerza con elementos de antena adicionales, de tal forma que los espaciamientos entre antenas pueden ser adaptados de manera óptima al rango de la frecuencia de operación y los

espaciamientos de antena $a > \lambda/2$ se utilizan para incrementar la exactitud de los sistemas de DF de pequeña apertura.

Los arreglos de antena frecuentemente usados incluyen el de triángulo isósceles de ángulo derecho y el arreglo circular (Figura 2.17).

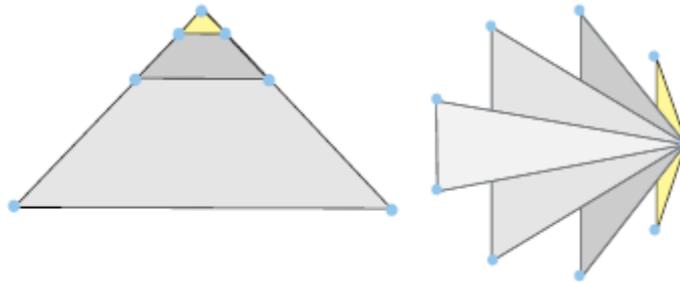


Figura 2.17 Interferómetro de 3 elementos con capacidad de formar parte de un interferómetro multi-elementos

Los arreglos triangulares normalmente están restringidos a frecuencias inferiores a los 30 MHz. Para frecuencias superiores se recomienda utilizar arreglos circulares, garantizándose entonces:

- Acoplamiento de radiación igual entre los elementos de antena que forman el arreglo.
- Características independientes de la dirección a diferentes posiciones, gracias a la simetría alrededor del punto central.

Se tienen que realizar consideraciones especiales para evitar ambigüedades que resulten del hecho que la lectura de fase inequívoca solamente es posible en el rango de $\pm 180^\circ$. Como se mencionó antes, el espaciamiento entre los elementos de un interferómetro de 3 elementos (pequeña apertura) está, por consiguiente, limitado a la mitad de la mínima longitud de onda de operación. En el caso de interferómetros multi-elementos existen las siguientes posibilidades:

- **Uso de grupos de antenas “filled”**

Las diferencias de fases entre elementos adyacentes es siempre menor o igual que 180° , de este modo se evitan ambigüedades.

- **Uso de grupos de antenas “thinned out”**

Por lo menos un par de elementos adyacentes con una diferencia de fase mayor que 180° .

Adicionalmente existen los siguientes tópicos encaminados a resolver ambigüedades.

- Direction Finding utilizando sistemas de pequeña apertura ($\alpha < \lambda/2$).
- Uso de arreglos circulares con por lo menos un par de antenas que tengan una diferencia de fase menor que 180° .

Una manera muy eficaz de eliminar las ambigüedades de los arreglos circulares tipo "thinned out" es el método de correlación.

La figura 2.18 muestra un DF diseñado de acuerdo con el principio de correlación. El arreglo de antenas cubre el rango de frecuencias desde 20 MHz hasta 3000 MHz.



Figura 2.18 Direction Finder R&S DDF06M

El principio básico del **interferómetro correlativo** comprende una comparación entre las diferencias de fase medidas y aquellas que se obtuvieron a partir de un sistema de antenas de DF de configuración conocida, a un ángulo de onda dado. La comparación se

realiza calculando el error cuadrático o formando el coeficiente de correlación de dos conjuntos de datos, la dirección se obtiene a partir de los datos para los cuales la correlación es un máximo. Esto se ilustra mediante el ejemplo de una antena de 5 elementos, como se muestra en la Figura 2.19: cada columna de la matriz de datos inferior corresponde a un ángulo de onda (α) y forma un vector de la comparación. Los elementos de los vectores de comparación representan las diferencias de fase esperadas entre los elementos de la antena para esta dirección de incidencia. La matriz de datos superior (5×1) contiene las diferencias de fase actualmente medidas (el vector de medida).

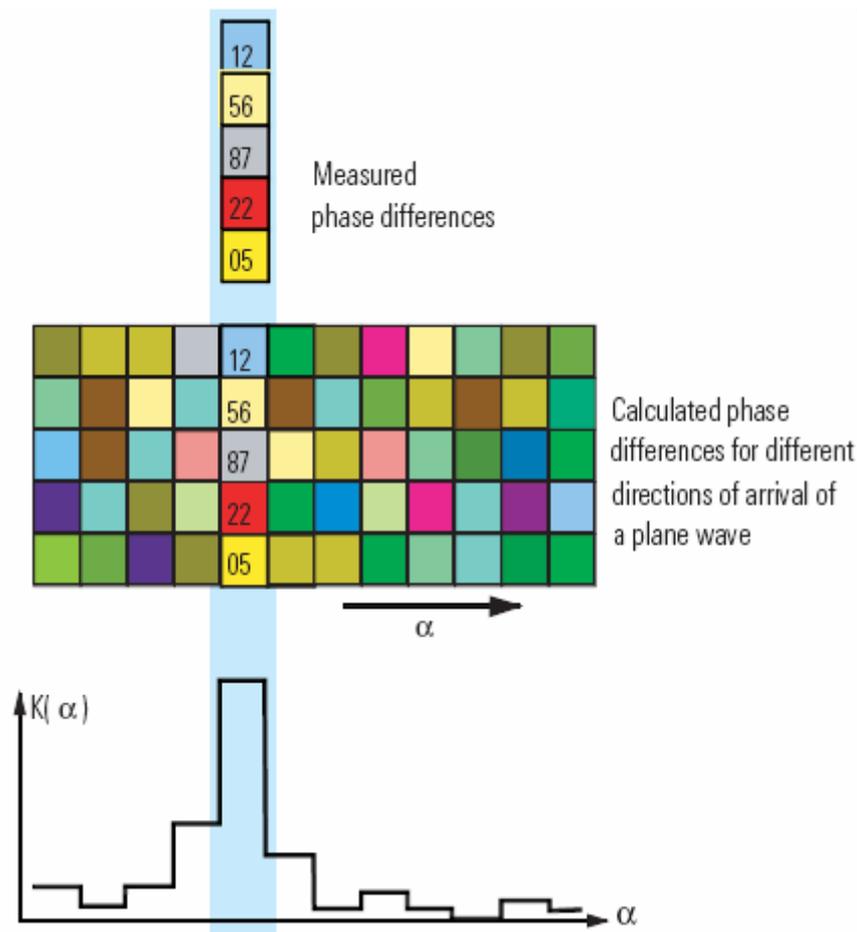


Figura 2.19 Principio de evaluación por correlación

Para determinar la dirección de incidencia desconocida, cada columna de la matriz de referencia inferior se correlaciona con el vector de medida multiplicando y añadiendo los vectores elemento por elemento. El resultado es la función de correlación $K(\alpha)$, la cual alcanza su máximo con la coincidencia óptima entre el vector de comparación y el vector de medida. El ángulo asociado con el vector de comparación es la dirección requerida.

2.2.2.5. Direction Finding utilizando procesamiento de arreglo de sensores

2.2.2.5.1 Generalidades

El desarrollo de los métodos de DF clásicos estuvo ligado al diseño de configuraciones de antenas y circuitos que permitieron la determinación de direcciones de ondas de la manera más simple como sea posible. Era importante establecer una relación matemática simple entre las señales de la antena y la dirección de incidencia de la onda que principalmente fuera independiente de la frecuencia, la polarización y el ambiente.

Con el desarrollo del procesamiento digital de señales, ahora son posibles nuevas aplicaciones:

- Con la disponibilidad de los chips de procesamiento digital de señales de alta velocidad, se elimina el requisito de tener una relación, simple e independiente de la frecuencia, entre las señales de la antena y la dirección de incidencia de la onda. Incluso pueden evaluarse relaciones matemáticas muy complejas en un tiempo razonablemente corto para determinar la dirección.
- Los métodos numéricos permiten la separación de varias ondas arribando desde diferentes direcciones aún con antenas de apertura limitada.

2.2.2.5.2 Diseño básico

A continuación se muestra una configuración de hardware típica de un DF basado en DSP.

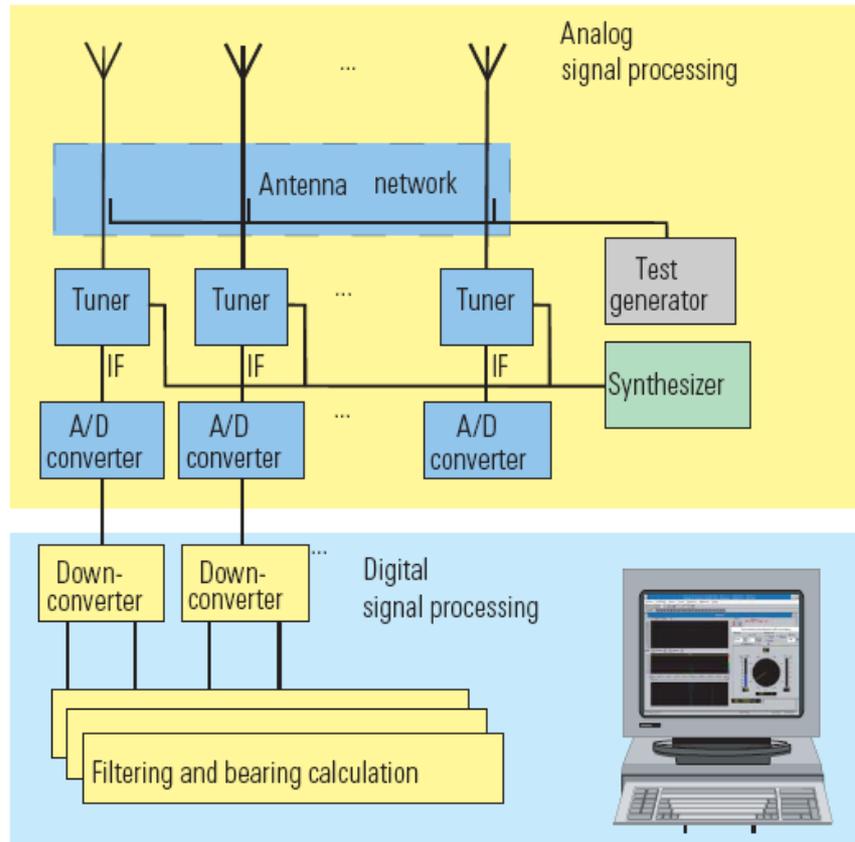


Figura 2.20 Configuración típica de un Direction Finder basado en DSP

Las salidas de los elementos de antena individuales normalmente se toman primero de una red que contiene, por ejemplo:

- Entradas de señales de prueba, y
- Multiplexores, si el número N de salidas de antena a ser medidas es mayor que el número H de secciones receptoras (tuner y A/D converter).

En este punto las señales son convertidas a una frecuencia intermedia apropiada para la tasa de muestreo seleccionada para el conversor A/D y son digitalizadas. Para reducir el volumen de datos, los datos digitales son convertidos a señal banda base. Las muestras complejas de la señal banda base $x_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) son filtradas dentro del ancho de banda de evaluación deseado y entonces son aplicadas a la sección de evaluación de dirección.

2.2.2.5.3 Métodos Beamforming

Si las señales elementales x_i de un arreglo de antenas convencional se multiplican por factores complejos w_i y se suman, se obtiene una señal suma resultante cuya característica direccional depende de la dirección de incidencia de la onda.

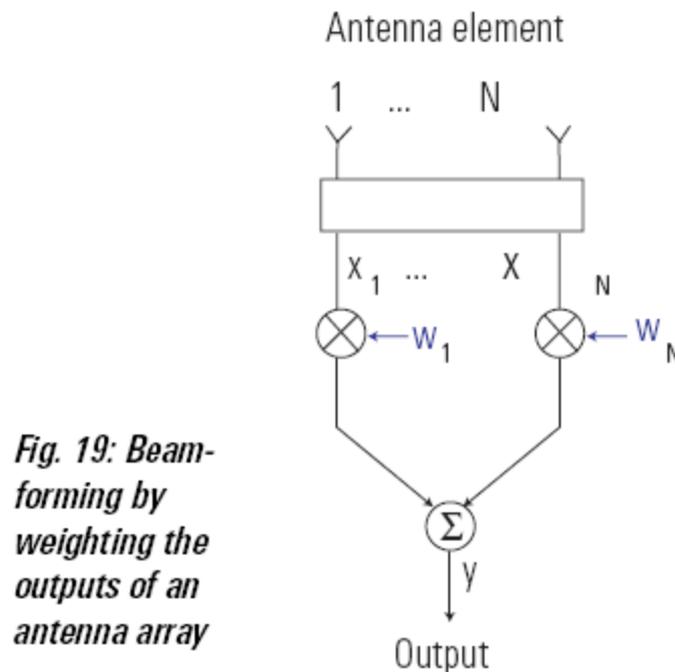


Fig. 19: Beamforming by weighting the outputs of an antenna array

Figura 2.21 Beamforming by weighting the outputs of an antenna array(traducir)

La respuesta de la señal de salida y al cambio en los factores w_i no puede usarse para Direction Finding igual que con los DF's clásicos de giro mecánico o DF's goniométricos. La diferencia radica en que para beamforming numérico, la velocidad de DF solamente está limitada por la velocidad de procesamiento.

Con los algoritmos beamforming convencionales las fases de los factores w_i se eligen de tal forma que las señales parciales se sumen en fase y, por consiguiente, se obtenga una señal suma resultante máxima, si la onda arriba desde la dirección dada α_r .

La Figura 2.22 muestra la secuencia del proceso de direction finding.

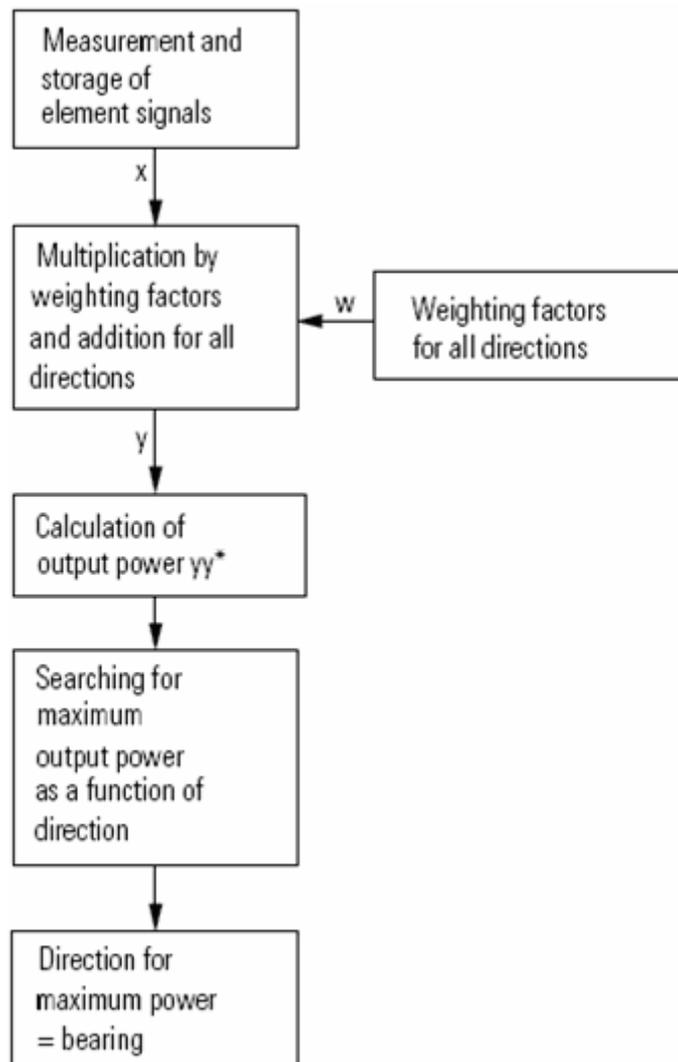


Figura 2.22 Proceso de direction finding utilizando un beamformer convencional

La Figura 2.23 muestra la respuesta de un arreglo lineal con 5 elementos espaciados 0.45λ donde se aprecia una onda arribando a un ángulo de 60° .

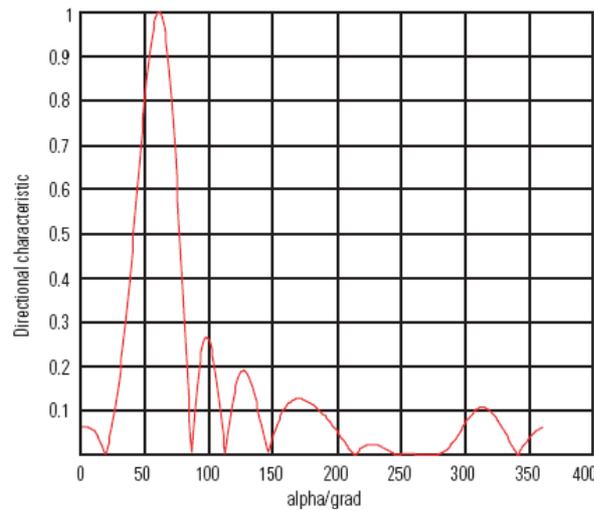


Figura 2.23 Respuesta de un arreglo lineal de 5 elementos a la variación de dirección

2.2.2.6. Visualización de resultados

La visualización de los resultados de DF es de gran importancia como una interfaz para el operador. Básicamente, debe distinguirse si la visualización de DF es el resultado de la operación de un Direction Finder mono-canal o multi-canal.

2.2.2.6.1 Direction Finders mono-canal

En una visualización mono-canal, normalmente se especifican los siguientes parámetros:

- Valor numérico de DF.
- Azimuth en coordenadas polares.
- Elevación como gráfico de barras o diagrama polar (combinado con la visualización de azimuth).
- Calidad de DF.
- Nivel.
- Histograma de los valores de DF.
- Valores de DF versus tiempo (cascada).

La Figura 2.24 muestra un ejemplo de visualización de DF.

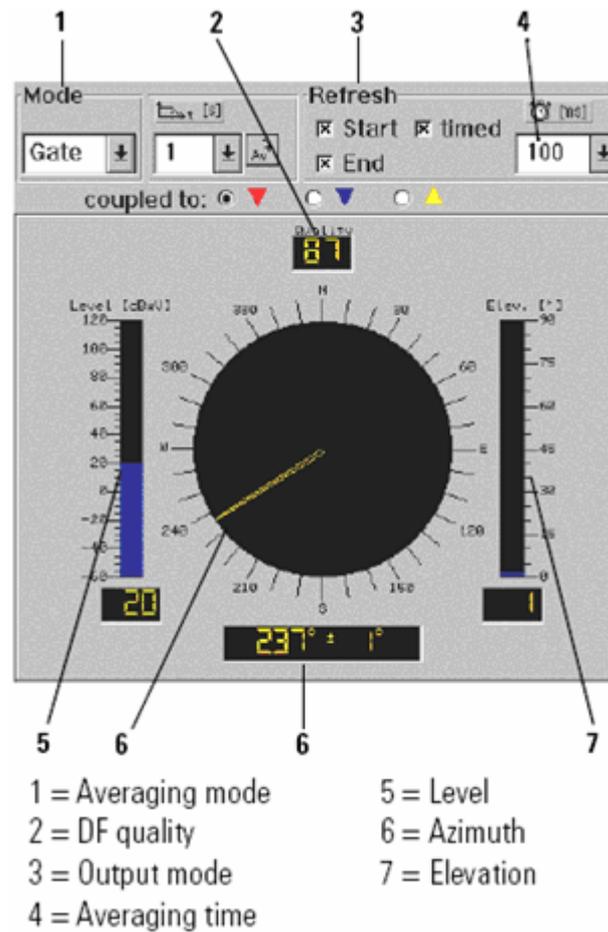


Figura 2.24 Visualización de los parámetros de DF para un direction finding monocanal

2.2.2.6.2 Direction Finders multi-canal

Los direction finders multi-canal son implementados con la ayuda de bancos de filtros digitales (transformada rápida de Fourier y filtros polifase). Dependiendo del precio, estos direction finders permiten realizar direction finding cuasi-simultáneo en un rango de frecuencias desde unos 100 kHz hasta unos pocos MHz. Adicionalmente se proporciona el modo escaneo para cubrir rangos de frecuencia más grandes (Figura 2.25).

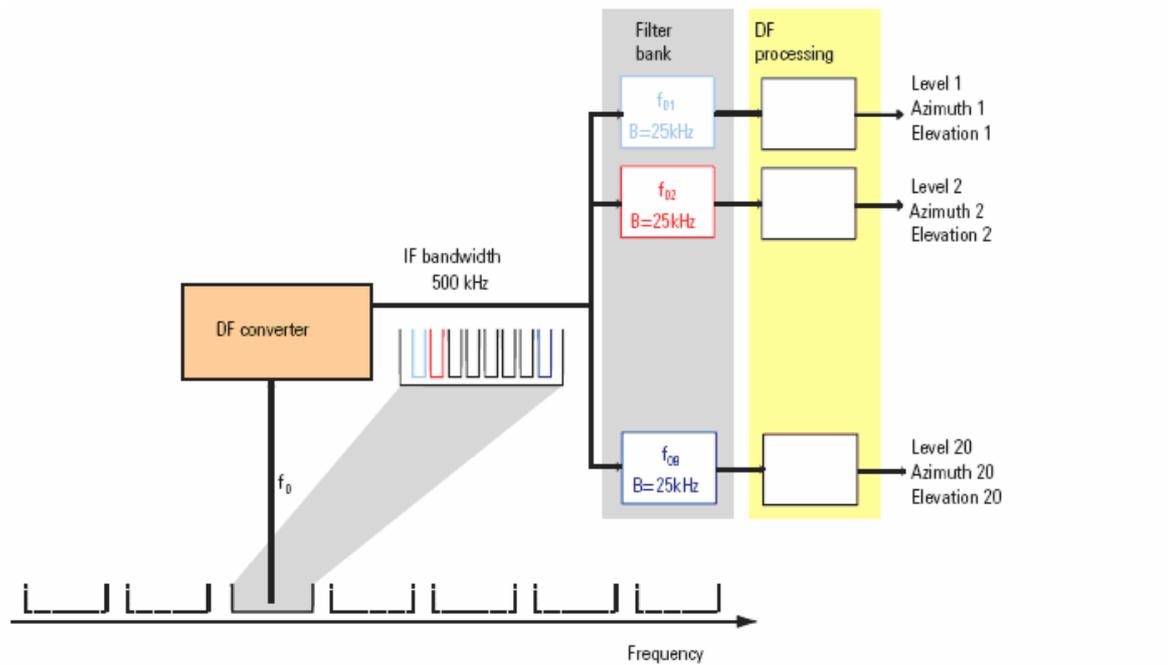
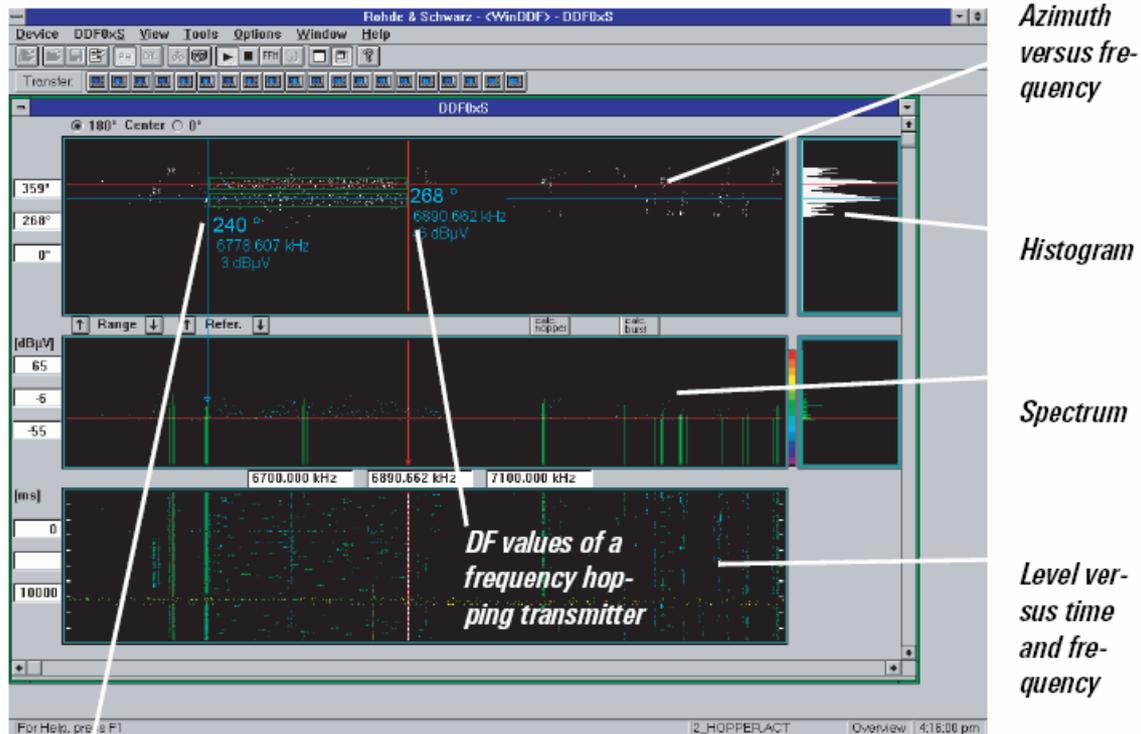


Figura 2.25 Direction finder multicanal

Con un direction finder multi-canal es esencial que los eventos individuales puedan ser reconocidos rápidamente y las actividades tengan lugar en diferentes canales correctamente asignados. Normalmente se proporcionan los siguientes modos de visualización:

- Valores de DF versus frecuencia.
- Valores de DF versus frecuencia y tiempo (p. ej: utilizando diferentes colores para los valores de DF).
- Nivel versus frecuencia (espectro de potencia).
- Nivel versus tiempo y frecuencia (usando diferentes colores para los valores de nivel).
- Histogramas.



DF value of selected signal

Figura 2.26 Visualización de un DF multicanal

2.2.2.7. Fuentes de Error

La exactitud de DF está afectada por un número de factores:

- Propagación de onda (normalmente perturbada por obstáculos).
- Las señales radiadas por emisores son moduladas, limitadas en tiempo y su frecuencia de portadora a menudo se desconoce.
- El campo recibido se sobrepone adicionalmente por ruido e interferencia co-canal.
- Tolerancias y ruido en sistemas de DF.

2.2.2.7.1 Problemas relacionados a múltiples-ondas

El caso simple de una onda plana raramente ocurre en la práctica. En un ambiente real, normalmente debe ser tomada en cuenta más de una onda, lo cual se produce por:

- Otros emisores en el mismo canal de frecuencia (interferencia incoherente) o
- Ondas secundarias (causado por reflexión, refracción, difracción – ver Figura 2.27) (interferencia coherente en canal).

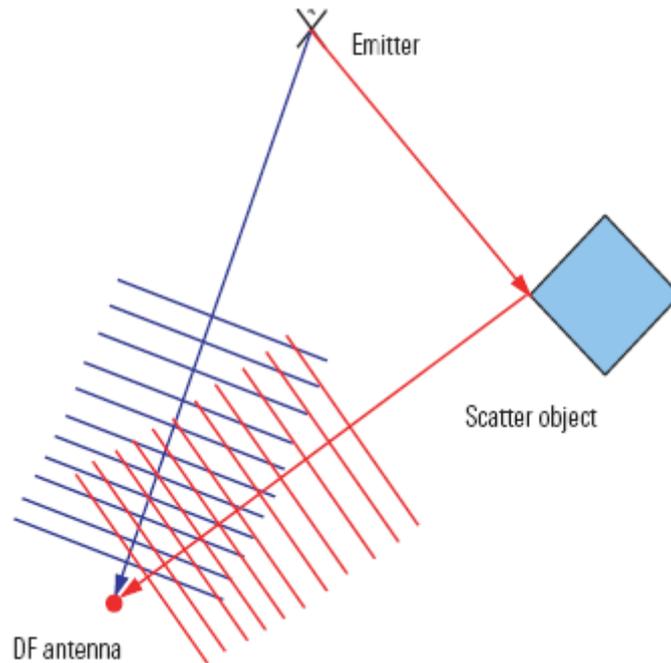


Figura 2.27 Ondas secundarias coherentes producidas por reflexión

Un gran número de ondas está involucrado; la Figura 31 por ejemplo muestra la distribución de azimuth de las ondas generadas por un transmisor móvil en un área construida. La componente de onda directa con amplitud igual a 1 arriba con un ángulo de 90° . La Figura 2.28 muestra el patrón de onda resultante en forma de una visualización de contorno para fase y amplitud.

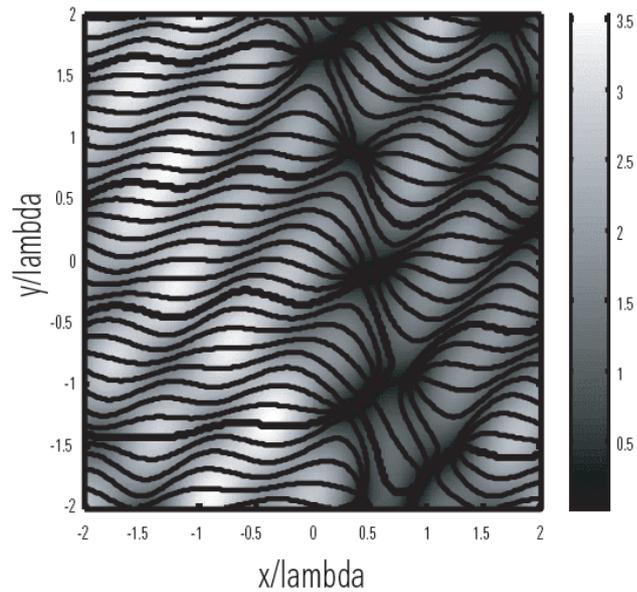


Figura 2.28 Campo resultante dentro de un rango de 4×4 longitudes de onda (las amplitudes están codificadas por nivel de intensidad del color gris, las líneas representan fases iguales con espaciamiento de $\pi/4$)

Si la mayoría de ondas llegan desde la dirección del emisor, el error de DF puede reducirse suficientemente aumentando la apertura del sistema de antenas. Este efecto se muestra en la Figura 2.29 para un DF interferométrico.

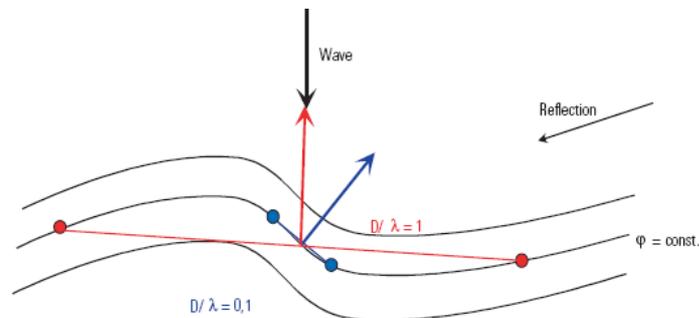


Figura 2.29 Reducción del error de direccionamiento del Direction Finder interferométrico incrementando la apertura de la antena

2.2.2.7.2 Tolerancias de sincronización

Diferencias ganancias y fases en cada una de las secciones receptoras producen errores de DF que pueden ser grandes o pequeños respecto a la longitud de onda referida a la apertura de la antena. Esto se ilustra en la Figura 2.30 para un interferómetro de 2 elementos.

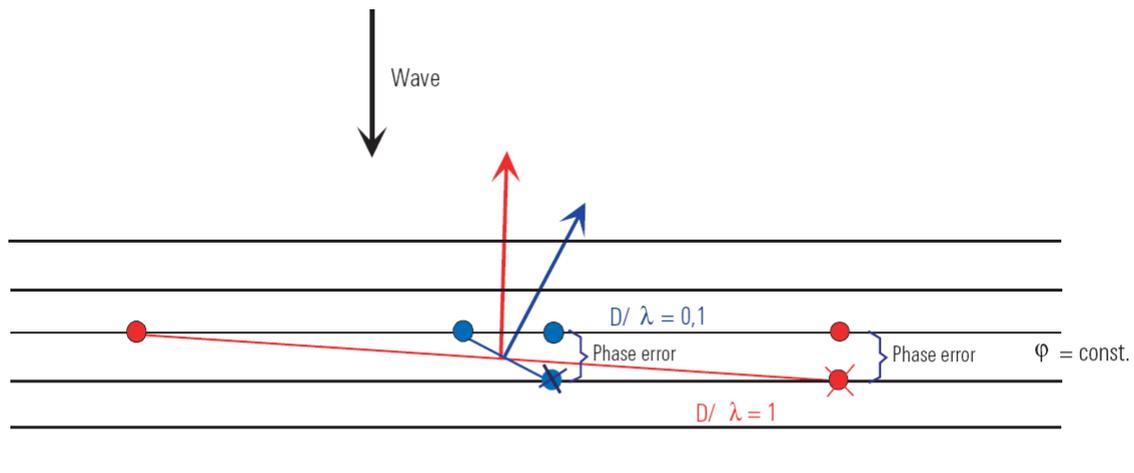


Figura 2.30 Efectos de las tolerancias de sincronización de fase sobre el error de direccionamiento

Como ya se mencionó, previo a la operación del DF, las secciones receptoras de la mayoría de los DF's multireceptores se calibran para operar sincronizadamente con ayuda de un generador de prueba. Los parámetros de transmisión en cada sección se miden en magnitud y fase, y se almacenan las diferencias de fase y de nivel. En el proceso de DF, los valores medidos se corrigen mediante los valores almacenados, antes de calcular la dirección de incidencia de la onda.

Se debe prestar especial atención a la respuesta en frecuencia de los filtros, puesto que el sincronismo debe garantizarse en la mitad del filtro pasabanda y también en los límites de la banda. Los filtros digitales tienen la ventaja decisiva que pueden implementarse con características de transferencia completamente idénticas a los filtros analógicos.

2.2.2.7.3 Modulación

Normalmente la señal portadora (frecuencia angular ω) del emisor a ser localizado, se modula con la siguiente función de modulación compleja:

$$m(t) = r(t) e^{js(t)} \quad (2.10)$$

La intensidad de campo eléctrico a la distancia D es:

$$E(t, D) = k_E r(t-D/c_0) e^{j(s(t-D/c_0)+\omega t)} \quad (2.11)$$

La modulación puede afectar el resultado de DF en varios aspectos:

- Diferentes retardos por distorsión de portadora en los canales de DF.
- Con escaneo de antena secuencial: La función de modulación no es lo suficientemente estacionaria para la duración de las mediciones o no puede ser compensada por otras mediciones posteriores a la evaluación de DF.
- Posible falta de correlación entre los elementos del arreglo de antenas, si el espaciamiento entre los elementos es mayor que la longitud de coherencia $L_k = B/c_0$, donde B es el ancho de banda de la señal. Los valores instantáneos de las amplitudes y las diferencias de fase entre los elementos entonces no son independientes del punto de escaneo en tiempo.

Longitudes de coherencia típicas son:

$$B = 100 \text{ kHz}, \quad L_k = 3000 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ MHz}, \quad L_k = 30 \text{ m}$$

2.2.2.7.4 Ruido

Dejando de lado la distorsión por intermodulación, la interferencia causada por ruido tiene un efecto limitante en la sensibilidad de un sistema de DF.

La sensibilidad debe entenderse como la intensidad de campo a la cual la fluctuación de dirección permanece debajo de una cierta desviación normal.

Existen dos tipos de ruido:

- Ruido externo (atmosférico, galáctico, ruido industrial).
 - Ruido interno producido en el sistema (amplificador de antena, convertidor de DF, conversor A/D).
-

Las siguientes consideraciones se refieren al el ruido interno. El interferómetro de 2-elementos se usa de nuevo como modelo, igual que en el análisis de los problemas de múltiples ondas.

El ruido descorrelacionado en las dos secciones receptoras produce variaciones de fase estadísticamente independientes de los dos voltajes de prueba de acuerdo a la relación señal-ruido (Figura 2.31).

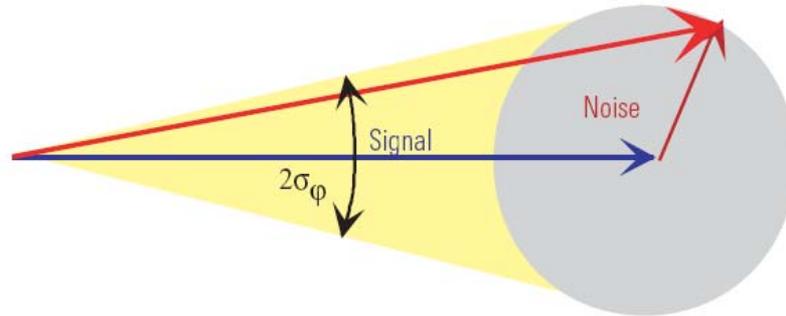


Figura 2.31 Efecto del ruido sobre la variación de fase de voltajes medidos

En los sistemas banda angosta el voltaje se vuelve aproximadamente de forma senoidal con variaciones lentas de amplitud y fase de tal forma que – asumiendo un valor elevado de relación señal-ruido – la variación de fase se especifica por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\phi}^2 = \frac{1}{2S/N} \quad (2.12)$$

Realizando el mapeo de la variación de fase con las variaciones virtuales de las posiciones de la antena de DF, se obtiene el error de direccionamiento.

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_{\phi} \lambda}{\sqrt{2} \pi D}$$

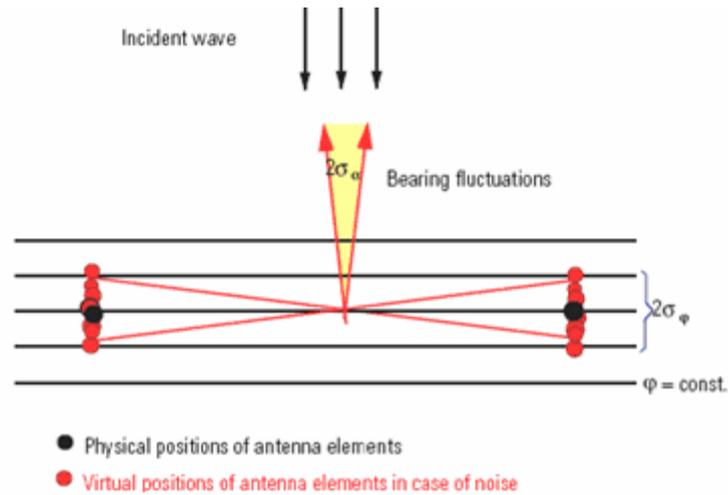


Figura 2.32 Efecto del ruido de fase sobre el error de direccionamiento

Esto nuevamente muestra la importancia de que la apertura relativa de la antena D/λ para ser tan grande como sea posible.

Con un tiempo de observación suficientemente largo, las variaciones causadas por el ruido pueden ser reducidas promediando las mediciones. Si los datos usados para promediar están descorrelacionados, la variación se mejora promediando sobre los K valores de acuerdo con:

$$\sigma_{av}^2 = \frac{\sigma^2}{K}$$

En la Figura 2.33 se combinan los dos efectos. Las curvas indicadas de relación señal-ruido en dB tienen una fluctuación de dirección de 1° (desviación normal).

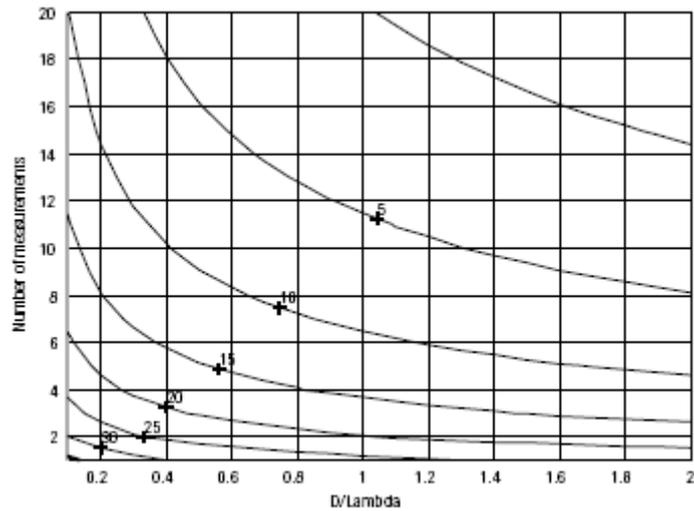


Figura 2.33 Efecto de la apertura de antena y del número de mediciones sobre la relación señal-ruido (en dB) requerida para una fluctuación de dirección de 1° (desviación estándar).

2.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE UN PUNTO

Básicamente la localización geográfica de un punto se puede realizar detallando uno de estos dos parámetros:

- Coordenadas geográficas en formato Longitud-Latitud.
- Coordenadas (x,y) UTM. Universal Transversa Mercator.

Cada uno de estas dos formas de localizar un punto sobre la superficie terrestre debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Que el punto sea único
- Que quede perfectamente identificado el sistema de proyección empleado al localizar el punto.

2.3.1 Coordenadas Geográficas

Las coordenadas Geográficas son una forma de designar un punto sobre la superficie terrestre con el siguiente formato:

3°14'26'' W

42°52'21" N

Esta designación supone la creación de un sistema de referencia de tres dimensiones:

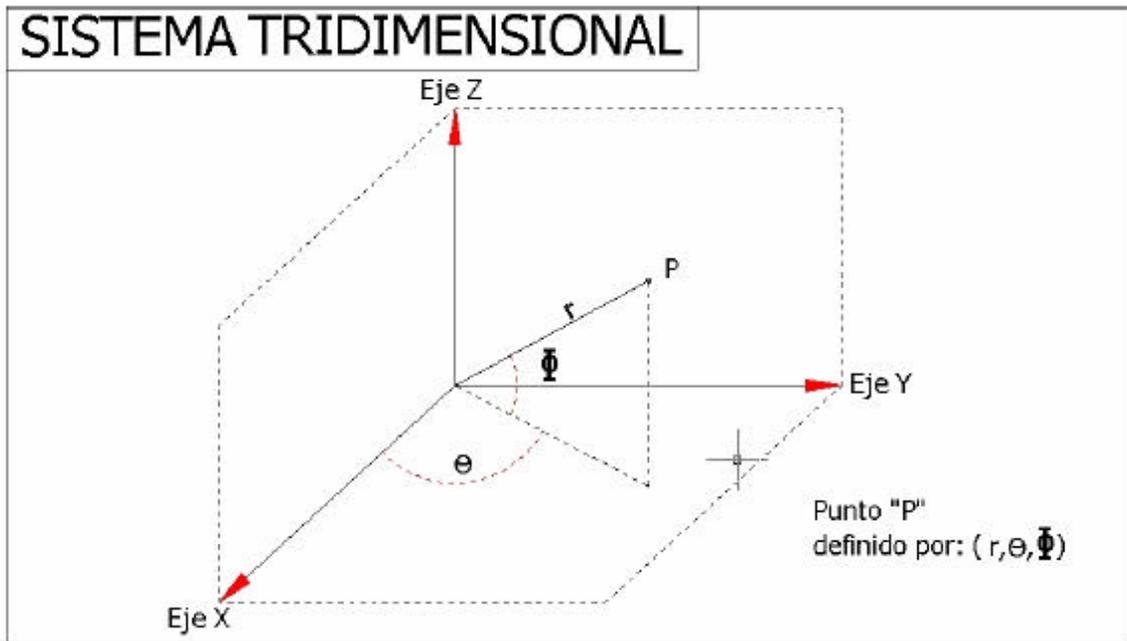


Figura 2.34 Representación de un sistema de coordenadas tridimensional

- Se define el eje de la tierra como la recta ideal de giro del globo terráqueo en su giro del movimiento de rotación. Es la recta que une los dos polos geográficos. Polo Norte y Polo Sur.

2.3.1.1 Meridianos

Se definen los meridianos como las líneas de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que contienen el eje de la tierra.

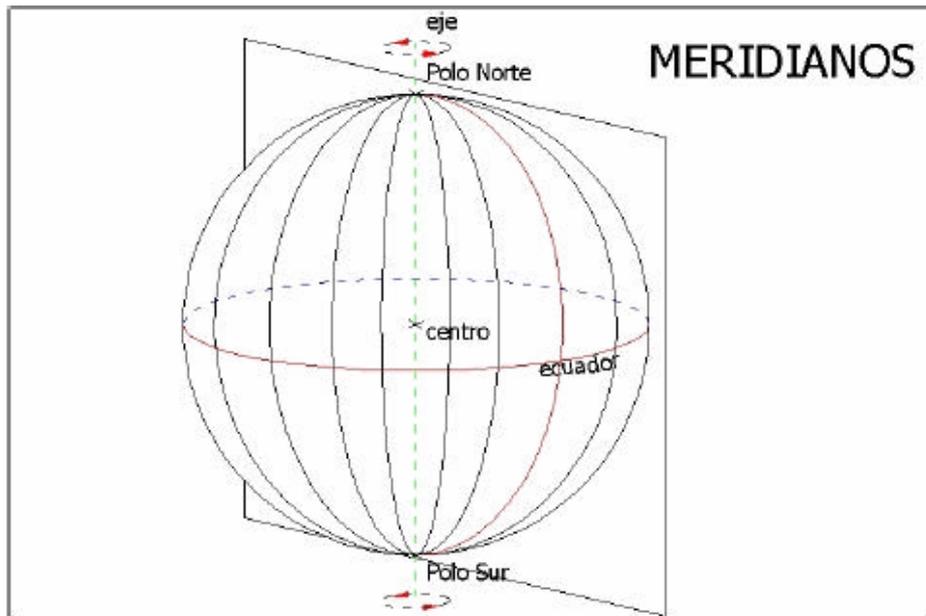


Figura 2.35 Representación de los Meridianos

El sistema toma como origen para designar la situación de una posición geográfica un determinado meridiano, denominado **meridiano 0°**, cuyo nombre toma el de una ciudad inglesa por el que pasa; **“GREENWICH”**.

La existencia de este meridiano divide al globo terráqueo en dos zonas; las situadas al Oeste (W) del meridiano 0°, hasta el antemeridiano y las situadas al Este (E) del meridiano 0° hasta el antemeridiano:

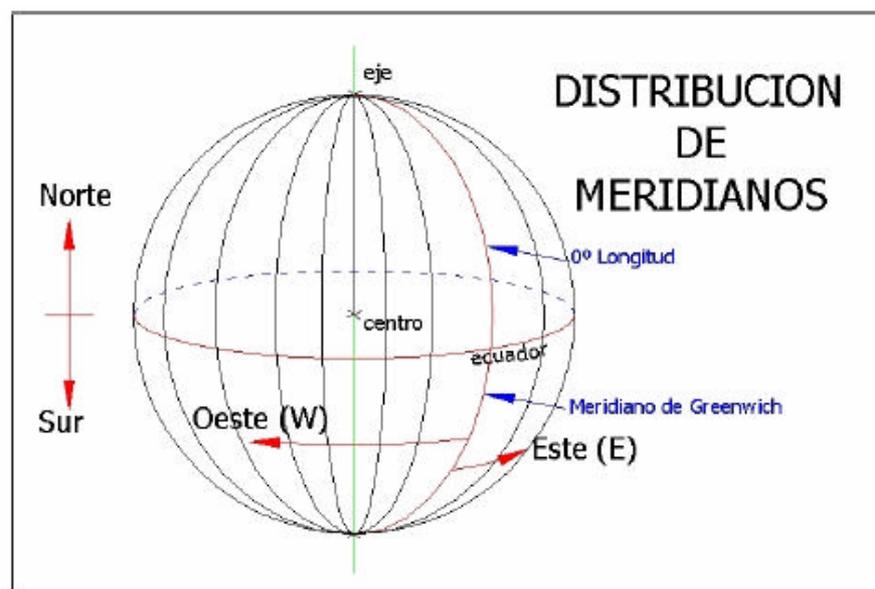


Figura 2.36 Distribución de meridianos

Con la superficie terrestre:

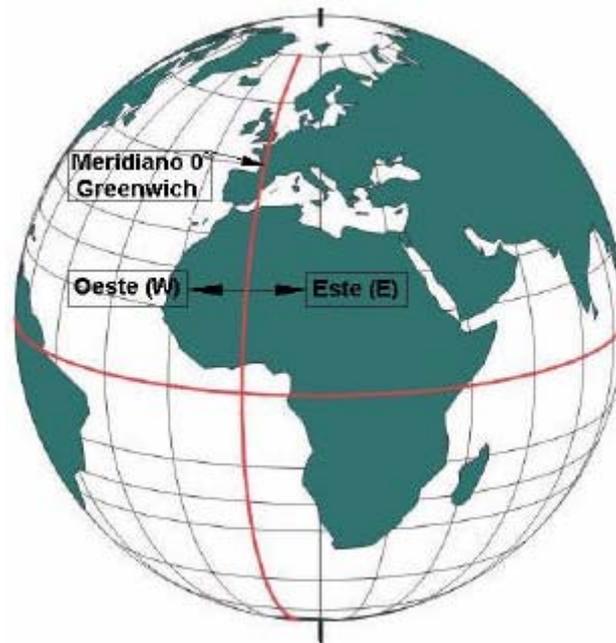


Figura 2.37 Distribución de meridianos respecto a la superficie terrestre

2.3.1.2 Paralelos

Se definen los paralelos como las líneas de intersección de los infinitos planos perpendiculares al eje terrestre con la superficie de la tierra.

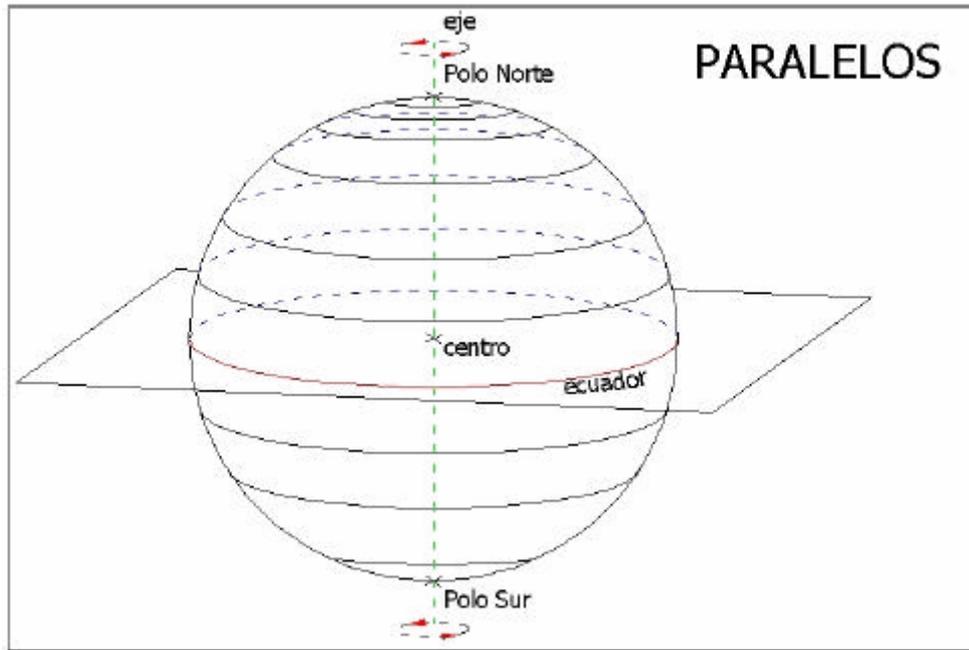


Figura 2.38 Representación de los paralelos

Se definen sobre el globo terráqueo los paralelos, creándose el paralelo principal aquel que se encuentra a la máxima distancia del centro de la tierra. A este paralelo de mayor radio se le denomina “**ECUADOR**”, que divide el globo en dos casquetes o hemisferios; el hemisferio norte y el hemisferio sur. Paralelos geoméricamente a él, se trazan el resto de los paralelos, de menor radio, tanto en dirección al polo Norte como al Polo sur:

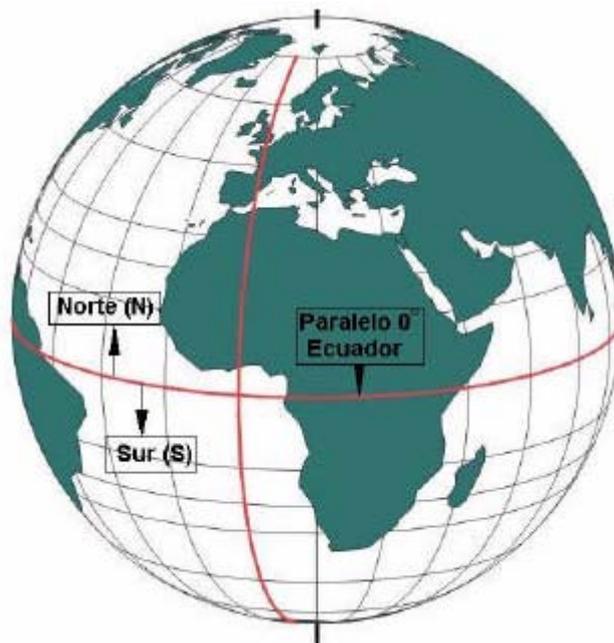


Figura 2.39 Distribución de paralelos respecto a la superficie terrestre

Este paralelo principal, o **ECUADOR**, se toma como origen en el sistema de referencia creado, de modo que se designa la situación de un punto haciendo referencia a su situación respecto de estos dos casquetes:

Una vez que tenemos establecida una red de meridianos y paralelos, la situación geográfica de un punto viene definida por su longitud y su latitud, con referencia a la red creada.

2.3.1.3 Longitud

Se define la Longitud (λ) de un punto P como el valor del diedro formado por el plano meridiano que pasa por P y el meridiano origen, (**0° Meridiano de Greenwich**).

La longitud es gráficamente el ángulo formado por OAB:

$$\lambda = \text{OAB}$$

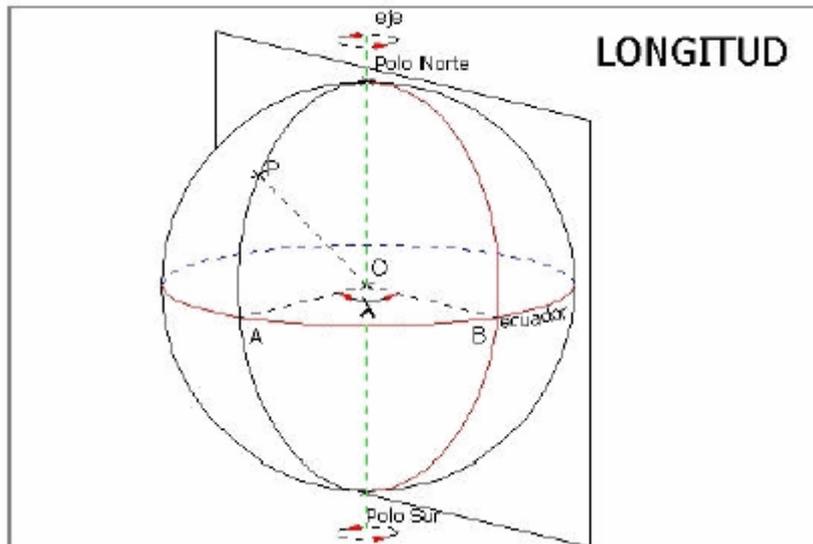


Figura 2.40 Representación de la Longitud Geográfica

La designación de la longitud lleva aparejada la designación de la posición espacial del punto con respecto al meridiano origen o meridiano de Greenwich, así se designa posición Oeste (W) cuando está a la izquierda del meridiano origen y Este (E) cuando está situado a la derecha.

La longitud presenta un mínimo posible de 0° hasta un máximo de 180° , 0° - 180° E, 0° - 180° W.

2.3.1.4 Latitud

Se denomina Latitud geográfica (ω) de un punto P al ángulo formado por la vertical a la tierra que pasa por dicho punto con el plano ecuador.

La vertical se considera la unión del punto con el origen o centro de la tierra, obteniéndose la latitud midiendo el ángulo (ω) sobre el meridiano que pasa por el punto P.

$$\omega = \text{OAP}$$

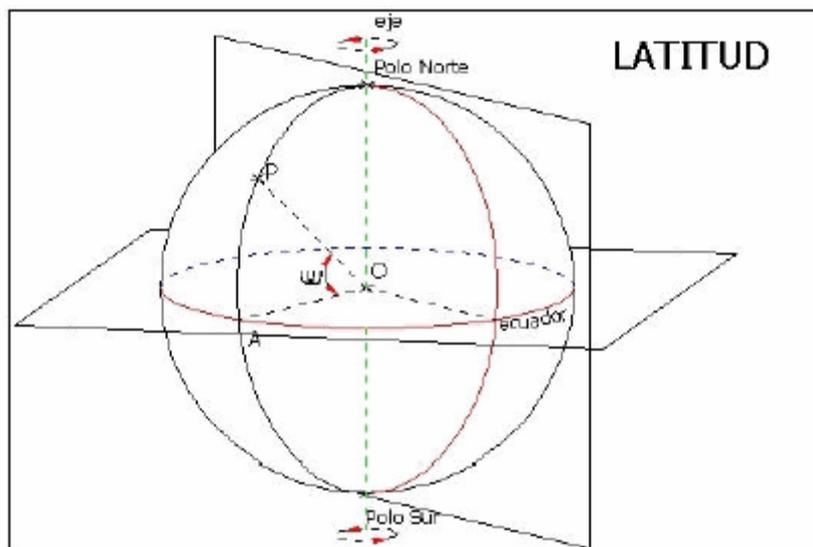


Figura 2.41 Representación de la Longitud Geográfica

La latitud máxima y mínima va desde los 0° hasta los 90° , 0° - 90° N, 0° - 90° S.

Los 90° de latitud coinciden con los polos, polo Norte y polo Sur. (Datos expresados en el sistema de medición angular sexagesimal, ya que es el sistema empleado para la medición de las coordenadas geográficas)

Este sistema de designación tiene los siguientes orígenes para la Longitud y la Latitud:

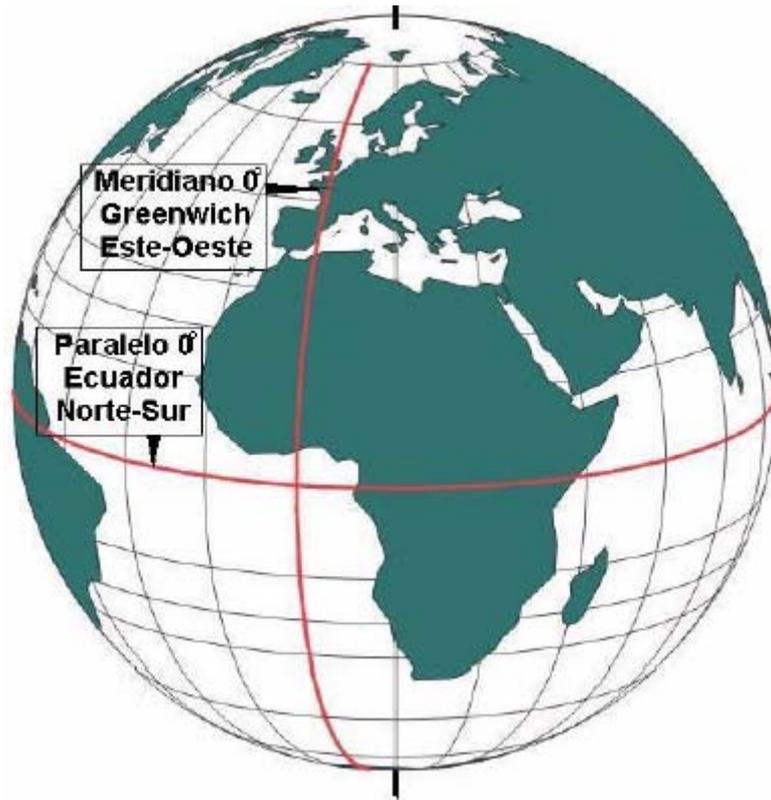


Figura 2.42 Líneas de referencia (origen) para Latitud y Longitud

2.3.1.5 Coordenadas Geográficas para Ecuador

En la siguiente tabla constan las coordenadas geográficas que corresponden a los puntos extremos del Ecuador continental.

Tabla 2.2 Coordenadas de puntos extremos del Ecuador continental¹

Latitud	01° 27' 06'' N
	05° 00' 56'' S
Longitud	75° 11' 49'' W
	81° 00' 40'' W

2.3.2 La Proyección UTM

Las proyecciones estudian las distintas formas de desarrollar la superficie terrestre minimizando, en la medida de lo posible, las deformaciones sufridas al representar la superficie terrestre.

¹ Referencia: <http://www.explored.com.ec/ecuador/index.htm>

En todos los casos conservan o minimizan los errores, dependiendo de la magnitud física que se desea conservar; su superficie, las distancias, los ángulos, etc., teniendo en cuenta que únicamente se podrá conservar una de las magnitudes anteriormente descritas y no todas a la vez.

La proyección UTM se emplea habitualmente dada gran importancia militar, y sobre todo, debido a que el Servicio de Defensa de Estados Unidos lo estandariza para su empleo mundial en la década de 1940.

El sistema de proyección UTM toma como base la proyección MERCATOR. Este es un sistema que emplea un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el ecuador:

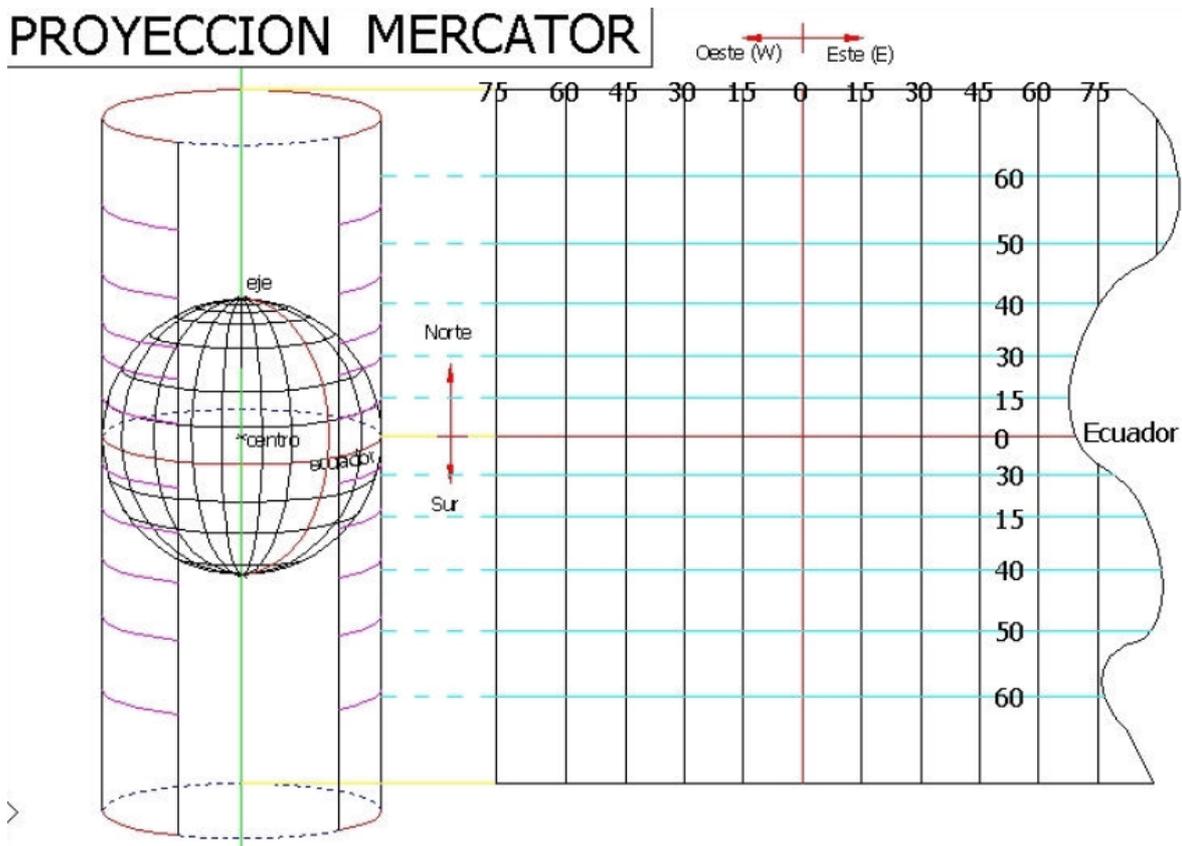


Figura 2.43 Proyección Mercator

La red creada hace que tanto meridianos como paralelos formen una cuadrícula oblicua, “grid” o rejilla, de manera que una recta oblicua situada entre dos paralelos forma un ángulo constante con los meridianos.

Como ejemplo de esta proyección se muestra el desarrollo de todo el globo terráqueo en la proyección mercator:

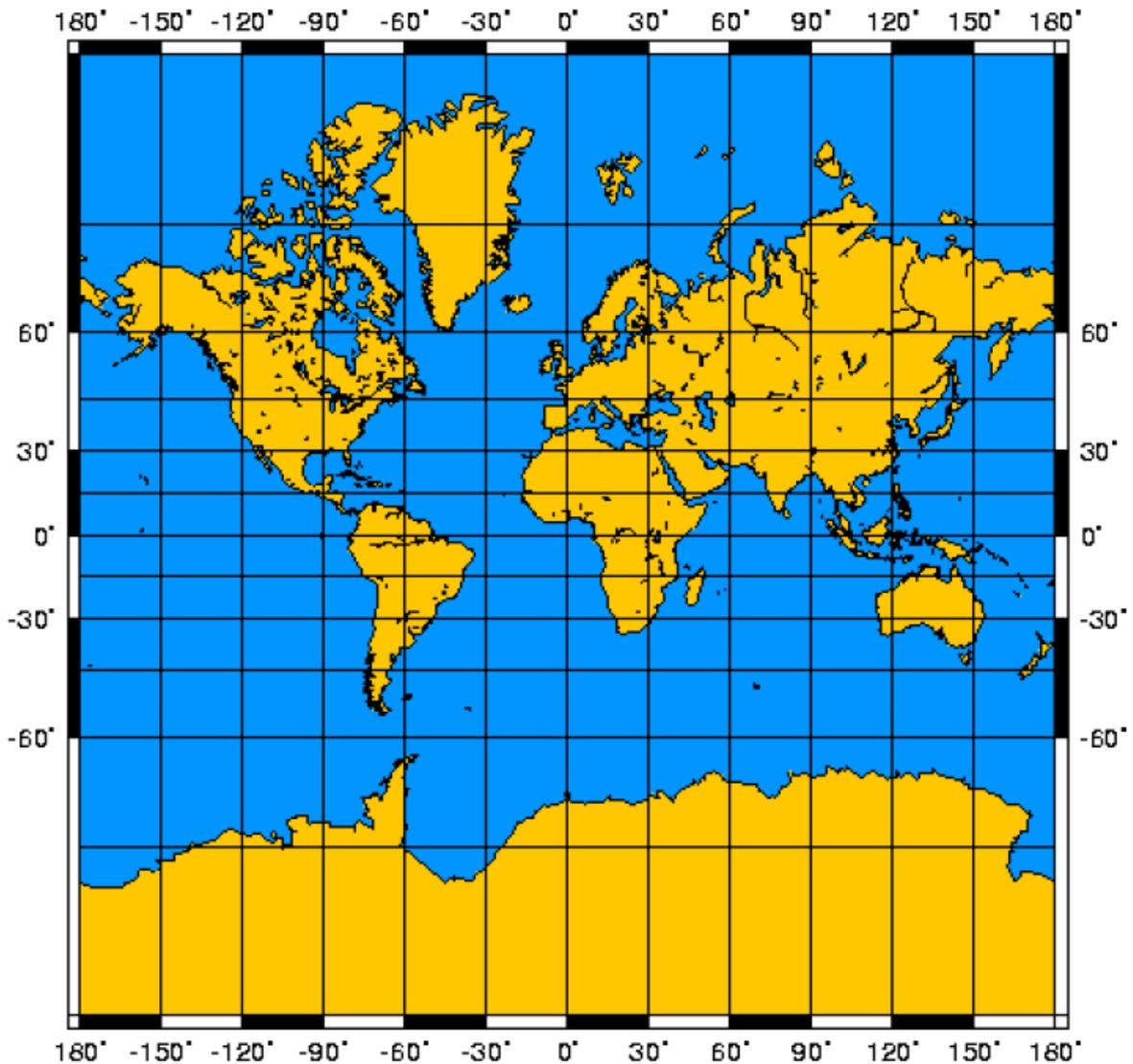


Figura 2.44 Globo terráqueo según la proyección Mercator

La proyección TRANSVERSAL MERCATOR (UTM), toma como base la proyección Mercator, sin embargo la posición del cilindro de proyección es transversal respecto del eje de la tierra:

PROYECCION UTM

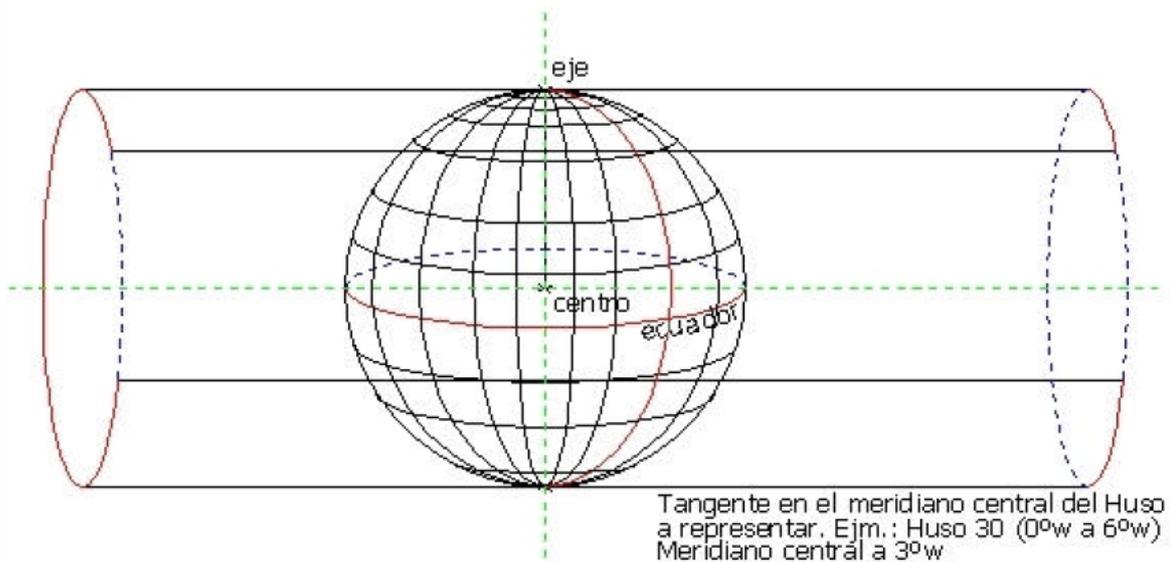


Figura 2.45 Proyección UTM

Se define un huso como las posiciones geográficas que ocupan todos los puntos comprendidos entre dos meridianos. Cada huso puede contener 3°, 6° u 8°. El Sistema UTM emplea Husos de 6° de Longitud.

La proyección UTM genera husos comprendidos entre meridianos de 6° de Longitud, generándose en cada huso un meridiano central equidistante 3° de longitud de los extremos de cada huso. Los husos se generan a partir del meridiano = de Greenwich, 0° a 6° E y W, 6° a 12° E y W, 12 a 18° E y W, etc.

Esta red creada, (“grid”), se forma huso a huso, mediante el empleo de un cilindro distinto para generar cada uno de los husos, siendo cada uno de los cilindros empleados tangente al meridiano central de cada huso, cuya longitud es de 3°, o múltiplo de esta cantidad con 6° de separación.

Esta situación del cilindro de proyección, tangente al meridiano central del huso proyectado, hace que únicamente una línea se considerada como automedica, la del meridiano central. Sobre esta línea, el modulo de deformación lineal K es la unidad (1), creciendo linealmente conforme se aumenta la distancia a este meridiano central.

Esta relación entre las distancias reales y las proyectadas presenta un mínimo de 1 y un máximo de 1.01003, (distorsión lineal desde 0 a 1.003%).

2.3.2.1 Ventajas del Sistema UTM

El sistema de Proyección UTM tiene las siguientes ventajas frente a otros sistemas de proyección:

- Conserva los ángulos
- No distorsiona las superficies en grandes magnitudes, (por debajo de los 80° de Latitud).
- Es un sistema que designa un punto o zona de manera concreta y fácil de localizar.
- Es un sistema empleado en todo el mundo, empleo universal, fundamentalmente por su uso militar.

El sistema UTM es un sistema comúnmente utilizado entre los 0° y los 84° de latitud norte y los 80° de latitud sur, por lo que es un sistema estandarizado de empleo en Ecuador. No se emplea a partir de los 80° de latitud ya que produce una distorsión mas acusada cuanto mayor es la distancia al ecuador.

CAPÍTULO III

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE DF²

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se efectúa un estudio detallado del estado del hardware del sistema de DF ingresado al CICTE. Se realiza un análisis del estado físico, al igual que una breve explicación de su funcionamiento, se estudian sus fortalezas y debilidades.

Es importante tomar en cuenta que la utilidad de cada uno de los equipos no solo se basa en su operatividad, sino que también se manejan otros parámetros tales como año de fabricación del equipo, posibilidad de conseguir repuestos frente a un posible mal funcionamiento, capacidad de actualización y la existencia de asesoría por parte de los fabricantes.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

El sistema actual de DF consta de los siguientes elementos

Tabla 3.1 Características del Sistema de DF

SISTEMA DE DF TC-5100 SERIES	
Técnica de DF	Fase/Amplitud
Rango de frecuencia	1.5 a 3000 MHz
Formatos de la señal	AM, FM, SSB, CW, FSK, FAX. PULSE
Ancho de banda	200 Hz a 10 MHz
Sensibilidad	6 dB
Resolución del instrumento	0,1 grados

² Basado en Capítulo III del Proyecto de Tesis “Repotenciación y modernización del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva de la Fuerza Terrestre Ecuatoriana (COMINT)”

Tabla 3.2 Características del receptor universal

RECEPTOR UNIVERSAL	
ICOM IC – R9000	
Cobertura de frecuencia	0.1 a 1999.80 MHz
Modo de operación	USB, LSB, CW, FSK, AM, FM, WFM
Selectividad	SSB, CW, FSK más de 2.4 KHz / -6 dB AM más de 6 KHz / -6 dB FM más de 15 KHz / -6 dB WFM más de 150 KHz / -6 dB
Temperatura de operación	-10°C a +50°C (+14°F to +122°F)
Alimentación en A.C.	117 V AC

Tabla 3.3 Características del Supresor de Picos

SUPRESOR DE PICOS	
TRIPP LITE DSR-1215	
Amperaje de salida	15 Amp
Potencia de salida	1800 W
Salidas	14 salidas NEMA 5-15R, 6 delante y 8 posteriores
Entrada	Plug NEMA 5-15P
Led de diagnostico	Rojo y verde
Material de construcción	Acero

3.2.1 Análisis de Utilidad y Funcionalidad de cada equipo

Para poder realizar un análisis de los equipos del Sistema de DF se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Estado físico exterior.
- Estado físico interior.
- Cumplimiento de los parámetros básicos de funcionamiento, especificado por cada uno de los fabricantes, para el caso del DF TC-5100 SERIES de los manuales técnicos de operación, del receptor ICOM IC-R9000 y del supresor de picos TRIPP LITE DSR-1215 del Internet.

3.2.1.1 Sistema de DF

El sistema de DF se encuentra, en su totalidad, fuera de funcionamiento, la antena presenta señales de haber sido abierta y revisada, y la unidad de DF se encuentra destapada y sin funcionar.

Para poner operativo este sistema se contactó con la Empresa TECHCOMM, fabricante del DF, pero ya no se encuentra operando en el mercado.

Basado en lo anteriormente expuesto se decidió no utilizar estos equipos, puesto que presenta demasiados problemas de funcionamiento.



Figura 3.1 Equipo de DF

3.2.1.2 Receptor Universal

Para las pruebas se consiguió un receptor universal certificado y se realizaron pruebas comparativas para ver el estado del receptor ICOM, después de esto se revisaron y se hicieron pruebas igualmente comparativas entre los ICOM, y se verificó su desempeño.

El Receptor ICOM IC-R9000 es el receptor especializado para el sistema de DF.

El receptor trabaja en condiciones normales sin embargo existen señales que presentan una relación S/N muy baja, esto significa que el nivel de ruido es muy alto con respecto a la señal.

Para mejorar estas condiciones y que el operario pueda trabajar en tiempo real y escuchar con mayor nitidez se recomienda adquirir una radio con características similares, pero que cubra hasta los 3 GHz.



Figura 3.2 Receptor ICOM IC-R9000

3.2.1.3 Supresores de Picos

Se encuentran en buen estado, para probar su correcto funcionamiento se alimentó de energía y colocó una carga, verificando que los niveles de voltaje rms en cada una de sus salidas es el esperado.

Los sistemas de protección al sobre amperaje se encuentran funcionando también en forma correcta.



Figura 3.3 Supresor de Picos

El análisis de funcionalidad fue en base a las características que fueron especificadas anteriormente, al igual que en las condiciones de cada equipo. Partiendo de estas premisas se hace a continuación un cuadro donde se enumeran todos los equipos, con un comentario y su recomendación respectiva.

Figura 3.4 Recomendaciones acerca de la funcionalidad y permanencia de los equipos

Equipo	Estado	Recomendación
Sistema de DF	No funciona	El sistema de DF tiene que ser reemplazado por completo, pues ninguno de sus componentes funciona. Se debe buscar un nuevo equipo de mejores características y que cumpla las mismas funciones. Una vez instalado el nuevo sistema de DF se va a requerir coordenadas exactas de posicionamiento por lo que además se recomienda adquirir una unidad de GPS de aplicación militar y características especiales.
Receptor ICOM IC-R9000	Buen estado	El receptor trabaja en condiciones normales, sin embargo existen señales que presentan una relación S/N muy baja, esto significa que el nivel de ruido es muy alto con respecto a la señal. Se recomienda adquirir un nuevo equipo que de nitidez en las señales y que trabaje hasta los 3 GHz. O un DF que incluya un receptor Universal.
Supresores de Picos	Funcionando	Darle mantenimiento y que permanezca en el nuevo sistema en la misma función/ o comprar equipos nuevos con mejores características. Preferiblemente del mismo fabricante.

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE MONITOREO DF 2.0

4.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales propósitos de este proyecto es el diseño de un nuevo sistema de Hardware y de Software, este capítulo está dedicado al nuevo sistema de Hardware, en donde inicialmente se describen las características que tendrá el nuevo sistema, así como las prestaciones más importantes que poseen los equipos que se utilizarán en el nuevo diseño. Luego se detallan las diferentes conexiones realizadas entre los equipos y su ubicación en los racks del Vehículo de Guerra Electrónica COMINT.

4.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE INTERCEPTACIÓN, MONITOREO Y UBICACIÓN (DF 2.0)

Para el Diseño y Desarrollo del Sistema DF 2.0 es necesario establecer las características que debe cumplir el sistema modernizado, puesto que dichas características motivaron la adquisición de nuevos equipos que se incorporarán como parte del nuevo sistema de Monitoreo de Señales del Vehículo de Guerra Electrónica COMINT.

4.2.1 Características del Sistema

De manera general el diseño que se propone implementar se presenta en el siguiente diagrama de bloques:

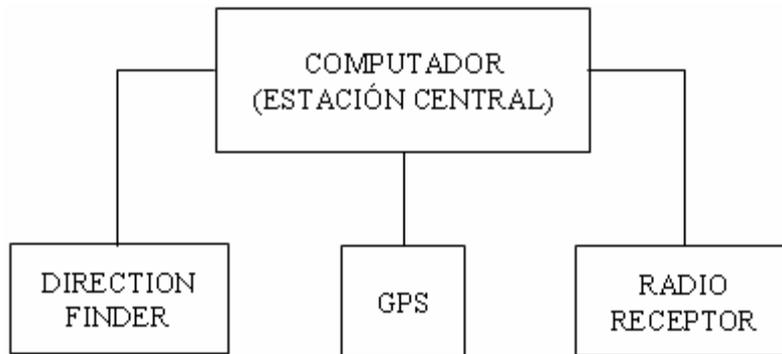


Figura 4.1 Diagrama General de Hardware del Sistema DF 2.0

El sistema a desarrollarse, denominado DF 2.0, comprende el empleo de los siguientes equipos:

- Computador (Estación Central)
- Direction Finder
- GPS
- Radio Receptor

Mediante el equipo Direction Finder, será posible realizar la localización de radio-comunicaciones en las bandas de VHF y UHF.

El radio receptor permitirá demodular comunicaciones que utilicen las siguientes modulaciones analógicas:

- AM
- FM
- USB
- LSB
- CW

El sistema DF 2.0 contará con un computador que cumplirá la función de estación central, desde la estación central se podrá operar de manera remota el resto de equipos pertenecientes al sistema, además, mediante el empleo de cartografía digital será posible

realizar la ubicación de la unidad móvil de Guerra Electrónica así como la localización de los emisores de comunicaciones de interés.

En la estación central también será posible realizar respaldos digitales de la siguiente información:

- Frecuencias de interés
- Parámetros relacionados con la interceptación, tales como: Ancho de Banda, Modulación, Relación Señal–Ruido, etc.
- Ubicación del vehículo.
- Ubicación de emisores de comunicaciones de interés.

4.2.2 Selección de los Equipos

4.2.2.1 Equipos del Sistema de DF que se mantendrán activos.

Tabla 4.1 Equipos que se mantendrán activos

DESCRIPCION DE LOS COMP.	MODELO	NOVEDAD	ESTADO
Supresor de Picos HF	DSR-1215	SN	FUNCIONANDO

4.2.2.1.1 Supresor de Picos.

El supresor de picos se mantendrá debido a que fue adquirido recientemente y funciona sin ningún tipo de problema.

Tabla 4.2 Características Técnicas del Supresor de Picos Tripp-Lite DSR-1215

SUPRESOR DE PICOS TRIPP LITE DSR-1215	
Voltaje Entrada/Salida	120 V
Frecuencia Entrada/Salida	60 Hz
Amperaje de salida	15 Amp
Potencia de salida	1800 W
Salidas	14 salidas NEMA 5-15R
Entrada	Plug NEMA 5-15P
Led de diagnóstico	Rojo y verde

Montaje	Soporta montaje en rack estándar de 19’’
Material de construcción	Acero

4.2.2.2 Equipos Nuevos

4.2.2.2.1 Computador (Estación Central)

Las especificaciones técnicas de la Estación Central se muestran en la Tabla 4.3. Se utilizó un computador clon como estación central debido a que sus componentes e interfaces son de última tecnología y pueden ser reemplazados de manera económica en caso de avería.

Es necesario destacar que el rack en el que se instalará este equipo posee un sistema de amortiguación de tres ejes específicamente diseñado para garantizar que la estación central no sufra ningún tipo de daño por efectos de la movilización del vehículo de Guerra Electrónica.

Tabla 4.3 Especificaciones Técnicas de la Estación Central del Sistema DF 2.0

Computador para el Sistema DF 2.0	
Procesador	Intel P4 3.2 800 1M mod 775 box
Memoria RAM	Memoria DDR 1 GB Kingston 400 Mhz
Periféricos	Floppy NEC 3 ½ negro
	CD writer interno LG 52x
	DVD writer interno LG
Disco Duro	2 Discos Duros de 80 GB cada uno
Main Board	Intel D915VWB socket 775 bus 800/533 son/ vid /4 usb /1 PCI
Fax Modem	ENCORE V.92/ 56k
Tarjeta de Red	3COM 10/100 PCI
Monitor	SAMSUNG LCD plano de 17’’

4.2.2.2 Equipo de DF

El equipo que se utilizará para el Sistema DF 2.0 es el **ALMOS-3000** de la empresa Monteria, mismo que se ilustra en la Figura 4.2.

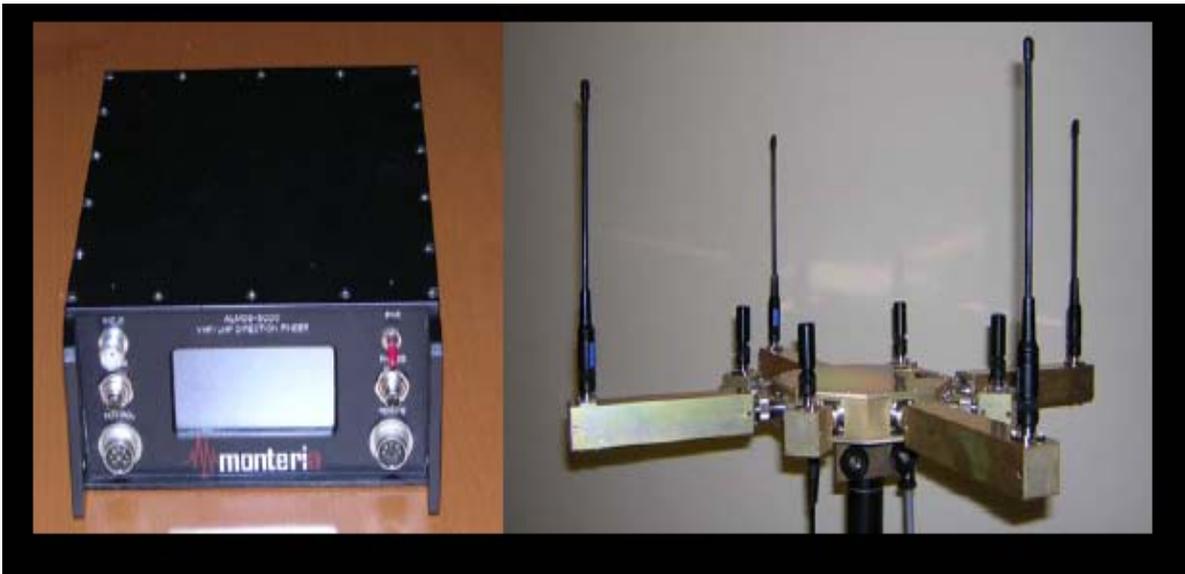


Figura 4.2 DF ALMOS-3000

Este equipo de DF puede utilizarse para realizar Direction Finding de manera autónoma en la bandas de VHF y UHF. El equipo es capaz de buscar automáticamente una frecuencia ingresada y entregar como resultado la dirección de arribo de la señal detectada a dicha frecuencia.

El sistema de antenas posee una brújula electrónica con referencia automática respecto al norte, con lo cual es posible obtener la dirección de arribo como un ángulo medido respecto al norte en sentido horario.

El ALMOS-3000 también cuenta con un Sistema de Posicionamiento Global integrado (el receptor GPS se utiliza para la localización actual del equipo).



Figura 4.3 Antena para GPS incorporado con el DF ALMOS-3000



Figura 4.4 Información de GPS proporcionada por el DF-ALMOS-3000

Este equipo tiene una interfaz hombre-máquina sumamente intuitiva, basada en una pantalla LCD táctil multifuncional, que permite el acceso conveniente a todas las funciones de DF.



Figura 4.5 Pantalla del DF ALMOS-3000 en modo de operación normal

En el modo de operación normal, la pantalla muestra la frecuencia actual, el nivel de la señal recibida y la dirección de arribo calculada. La parte izquierda de la pantalla contiene una representación gráfica de la dirección de arribo para una evaluación rápida “a primera vista” de las mediciones realizadas.

Todas las funciones principales, como los pasos de sintonización de frecuencias y modos de configuración, iniciar búsqueda, almacenar frecuencia; pueden activarse presionando un solo botón. Otras funciones están disponibles usando funciones secundarias accesibles utilizando los botones de desplazamiento hacia la izquierda [<] o hacia la derecha [>]. Las configuraciones comúnmente utilizadas con menor frecuencia son accesibles a través de un sistema de menú [MNU].

Operación Remota

El equipo de DF ALMOS-3000 tiene disponible la opción de ser controlado de manera remota mediante el protocolo de comunicaciones RS-232, para lo cual cuenta con un puerto serial específicamente destinado para esta función.

Subsistema de Antenas



Figura 4.6 Arreglo de Antenas del DF-ALMOS 3000 para operar en el rango de 20 MHz a 3 GHz

El subsistema de antenas consta de una cabeza de antena a la cual se conectan elementos reflectores proporcionados para realizar lecturas de direcciones de arribo de señales con cobertura completa sobre los 360° en las bandas de VHF y UHF.

De acuerdo al juego de reflectores utilizados, la antena se reconfigura rápidamente para operar en VHF, UHF o conseguir una cobertura mixta VHF/UHF, de manera opcional el fabricante también tiene disponible una antena para aplicaciones marítimas.

En la Figura 4.6 se ilustra el arreglo de antenas que utilizaremos en nuestro proyecto, con este arreglo se consigue una cobertura mixta VHF/UHF en el rango desde 20 hasta 3000 MHz.

A manera de resumen, en la Tabla. 4.4, se indican las características más relevantes del DF ALMOS-3000. El equipo fue seleccionado porque, además de cumplir con los

requerimientos técnicos necesarios, tiene un costo relativamente bajo en comparación a equipos específicos de uso militar.

Tabla 4.4 Especificaciones Técnicas del DF

Sistema de DF	
Especificaciones Técnicas	
Rango de Frecuencias	20 – 3000 MHz
Peso Receptor/Procesador	4.4 libras (2 kg)
Peso Antena/Mástil/Trípode	6.6 libras (3 kg)
Peso Batería 8 horas	3.3 libras (2.5 kg)
Dimensiones	8 cm altura (2 unidades de rack) x 16 cm ancho x 20 cm profundidad
Receptor	PLL súper heterodino
Resolución de Sintonización	100 Hz
Sensibilidad	0.35 uV / 12 dB SINAD
Selectividad	15 kHz/ -6dB
Rango dinámico	70 dB
Rechazo de espúreas	60 dB (típico)
Procesador de dirección	Doppler sintético
Exactitud	± 1 grado
Display	2x16 caracteres LCD
Display de dirección	3 dígitos, numérico
Tasa de actualización de Display	2 / segundo
Suministro de energía	
Baterías	Alcalinas recargables
Externa	12 V nominal

Tiempo de operación	8 horas mínimo
Localización y posicionamiento	
Calibración de Norte	Compás electrónico incorporado
Localización	Receptor GPS incorporado
Control de Software	
Puerto de control remoto	RS-232 serial

4.2.2.2.3 Receptor Universal

El equipo receptor es el **EB200** marca Rohde&Schwarz, que se muestra en las Figuras 4.7 y 4.8.

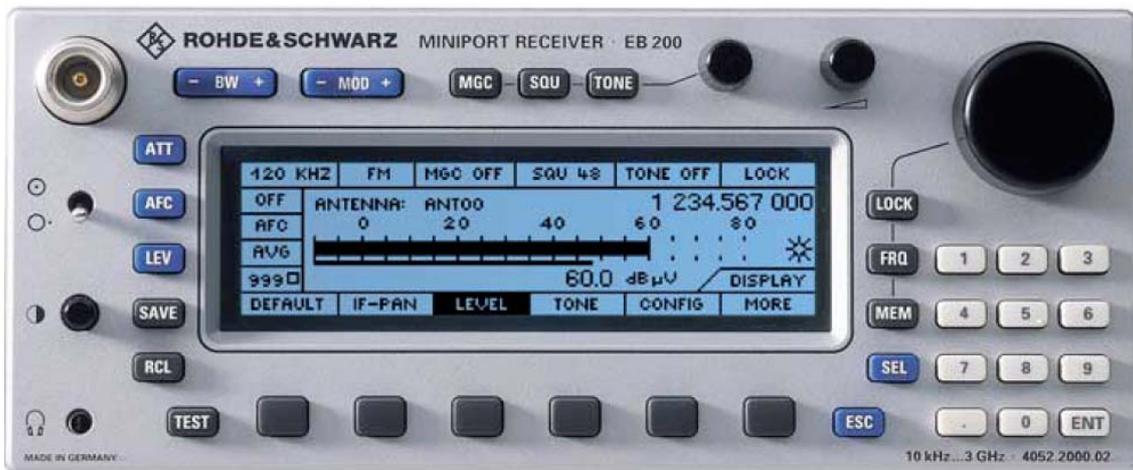


Figura 4.7 Receptor Universal EB 200 (Vista Frontal)



Figura 4.8 Receptor Universal EB 200 (Vista Posterior)

Descripción General

El receptor EB200 es una unidad portátil empleada para radio-monitoreo en el rango de frecuencias desde 10 KHz hasta 3 GHz. Puede emplearse para monitorear emisiones independientemente de su ubicación. La interfaz LAN del radio permite utilizarlo con facilidad en sistemas estacionarios basados en computadores.

El EB200 se caracteriza por su elevada sensibilidad de entrada y su exactitud en el monitoreo de frecuencias ingresadas en el rango desde 10 KHz hasta 3 GHz.

El EB200 tiene un diseño ergonómico, con dimensiones pequeñas y de peso ligero. Su bajo consumo de potencia le permite funcionar con baterías típicamente durante cuatro horas.

El EB200 permite cumplir las siguientes tareas:

- Monitoreo de frecuencias determinadas, p. ej: almacenar desde 1 hasta 1000 frecuencias, configuraciones de squelch, monitoreo constante de una frecuencia o escaneo cíclico de varias frecuencias.

- Búsquedas en un rango de frecuencias, con frecuencias inicial y final completamente seleccionables y pasos de frecuencia desde 1 KHz hasta 9.999 MHz.
- El equipo puede ser controlado remotamente desde un computador vía LAN.

Sección Digital IF

El EB200 cubre el amplio rango de frecuencias desde 10 KHz hasta 3 GHz. El procesamiento de todas las señales disponibles con una relación señal-ruido óptima requiere un gran número de anchos de banda de IF. Este problema no puede resolverse por medio de filtros analógicos porque están limitados en espacio. La solución es una sección digital de IF, en la cual, con la ayuda de un DSP, se pueden implementar una gran variedad de filtros diferentes en un espacio relativamente pequeño. El EB200 tiene 12 anchos de banda entre 150 Hz y 150 KHz. Están disponibles los siguientes demoduladores: AM, FM, LSB, USB y CW.

Modos de Escaneo

Escaneo por frecuencia

Es posible definir un rango de frecuencias al cual puede asignarse un conjunto de datos completo. Además de los parámetros del receptor, los siguientes parámetros de escaneo pueden ser incluidos en el conjunto de datos:

- Pasos de sintonización.
 - Umbral de señal (dB μ V).
 - Dwell Time
 - Hold Time
 - Supresión (frecuencias individuales o rangos de búsqueda)
-

Escaneo por memoria

El EB200 utiliza 1000 casilleros de memoria predefinidos. Un conjunto de datos completo, como: frecuencia, modo de demodulación, ancho de banda, nivel de squelch, etc., puede ser asignado a cada casillero de memoria. El contenido de memoria puede ser editado o sobre-escrito con los resultados de un nuevo escaneo. El contenido de cualquier casillero de memoria puede transferirse al receptor manualmente usando el botón RCL o automáticamente activando el proceso de escaneo por memoria.

Espectro de Frecuencias

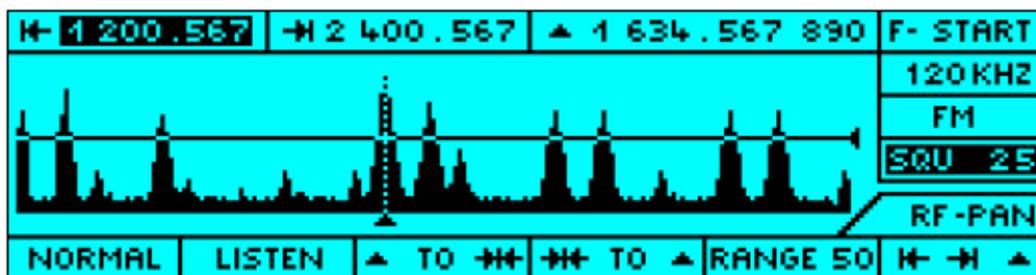


Figura 4.9 Radio R&S EB200. Pantalla de Espectro de Frecuencias

La opción DIGI-Scan permite escanear el rango de frecuencias de interés y visualizar el espectro asociado. De esta manera pueden descubrirse a primera vista las frecuencias donde se están realizando emisiones, entonces, la emisión de interés puede ser seleccionada y monitoreada marcándola con el cursor de frecuencia.

Diseño del equipo

El equipo está diseñado tanto para operación móvil como estacionaria.

La cubierta protectora de la pantalla y teclado evitan que éstos se deterioren.

El empleo de filtros en todas las líneas de entrada y salida, garantizan la presencia de señales espúreas sumamente bajas así como alto rechazo de interferencias.

Control Remoto

Todas las funciones del receptor pueden ser controladas remotamente mediante la interfaz RJ45 vía LAN. El tipo de comunicación es 10 Base-T, es decir, velocidad de 10 Mbps, transmisión en Banda Base, cable de par trenzado (Twisted pair) categoría 5 como medio de transmisión. Gracias a esta característica es posible realizar el control remoto del receptor desde varios computadores, o en caso de requerirlo, también se puede controlar remotamente varios receptores desde un solo computador.

Operación

El concepto operacional del EB200 cumple todos los requerimientos de un moderno receptor de radio-monitoreo, por ejemplo: todas las funciones esenciales, tales como modo de demodulación, ancho de banda, etc. pueden configurarse directamente mediante botones debidamente etiquetados.

Las configuraciones que no se usan durante el funcionamiento habitual del receptor están disponibles en submenús. La jerarquía de los controles del menú está implementada de acuerdo a prioridades para facilidad de uso.

Las características del receptor, a manera de resumen, se muestran en la Tabla. 4.5, este EQUIPO además de cumplir con los requerimientos técnicos necesarios, este equipo es de ultima tecnología con características militares (se utiliza en sistemas móviles de avanzada).

Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas del Receptor Universal

ROHDE & SCHWARZ MINIPORT RECEIVER – EB 200	
<i>Rango de Frecuencias</i>	10 kHz – 3 GHz
<i>Antenas</i>	1 para AM 1 para FM
<i>Entrada de Antena</i>	Conector N, 50 Ω , VSWR \leq 3

<i>Sensibilidad</i>	
20 MHz a 650 MHz	≤ 14 dB, típico 12 dB
650 MHz a 1500 MHz	≤ 15.5 dB
1500 MHz a 2700 MHz	≤ 14 dB, típico 12 dB
2700 MHz a 3000 MHz	≤ 15 dB, típico 13 dB
<i>Demodulaciones</i>	AM, FM, CW, USB, LSB
<i>Características de escaneo</i>	Escaneo por memoria Escaneo por frecuencia
<i>Interfaz de datos</i>	LAN (Ethernet 10 Base-T)
<i>Información General</i>	
Rango de temperatura de operación	-10 °C a +55 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °C a 50 °C
Humedad	Máximo 95%
Dimensiones	210 mm x 88 mm x 270 mm
Peso sin batería	4 kg
Peso de la batería	1.5 kg

4.2.2.2.4 GPS

Una vez instalado el DF se va a requerir coordenadas exactas de posicionamiento, por lo que se recomienda una unidad de GPS de aplicación militar y características especiales. El equipo para posicionamiento escogido es el **CW45-NAV** que se muestra en las Figura 4.10 y 4.11



Figura 4.10 Receptor GPS CW45-NAV

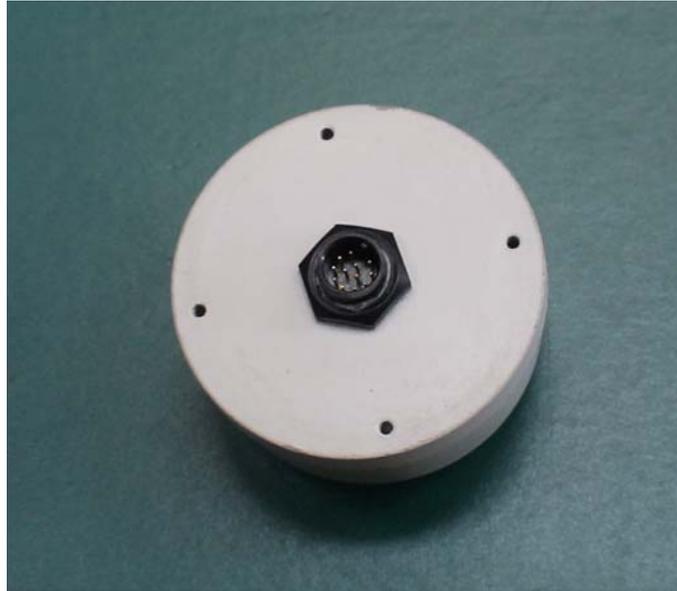


Figura 4.11 Receptor GPS CW-45 NAV (Vista Posterior)

Las características se muestran en la Tabla. 4.6.

Como se mencionó en este capítulo, el DF cuenta con un receptor GPS incorporado, entonces, vamos a trabajar con el promedio de las lecturas de los dos receptores GPS.

Por motivo de operación y seguridad se decidió instalar un soporte para el GPS CW45, con el fin de evitar daños del instrumento y pérdida de información por mala ubicación del receptor.

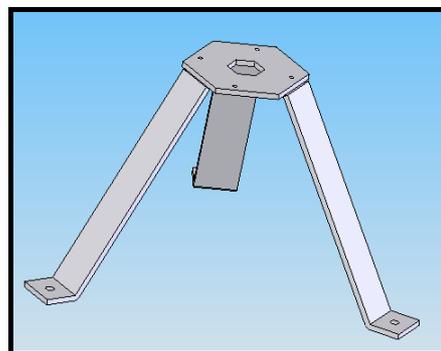


Figura 4.12 Ilustración del Soporte del GPS

Podemos apreciar que el diseño del soporte del GPS es en forma a la de un trípode, en cambio, el diseño de la base responde a la forma del receptor GPS.

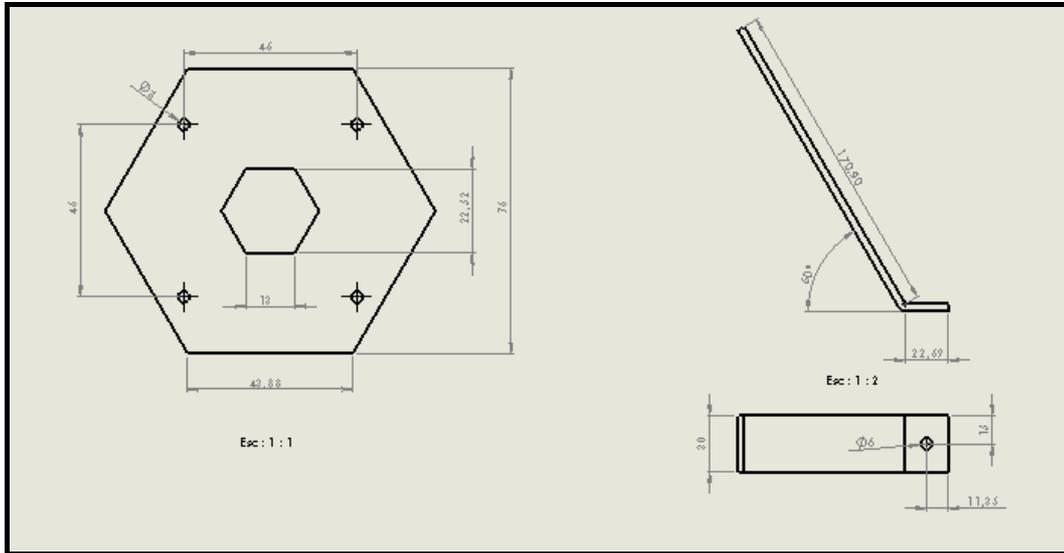


Figura 4.13 Diseño del Soporte del GPS

Tabla 4.6 Características del sistema GPS

Sensor GPS – CW45-NAV

	Características	Especificaciones
Físicas	Voltaje de trabajo	9 - 32 Vdc
	Humedad	de 5% a 95% sin condensación
	Máxima velocidad	515m/s
	Altitud	18000 m
Sensibilidad	Adquisición / Búsqueda	-185 dBW / -185 dBw
	Tiempo de adquisición	< 2s exteriores < 5s interiores < 0.5s re-adquisición
Consumo de Energía	Encendido	0,7 W
	Sleep / Standby	1mA / 1ua
Interfaz	Serial	RS 232

4.2.3 Diseño del Nuevo Sistema de DF

En la Figura 4.14 se muestra el diseño del nuevo Sistema de DF. Este diagrama permite observar la interconexión entre los componentes del sistema.

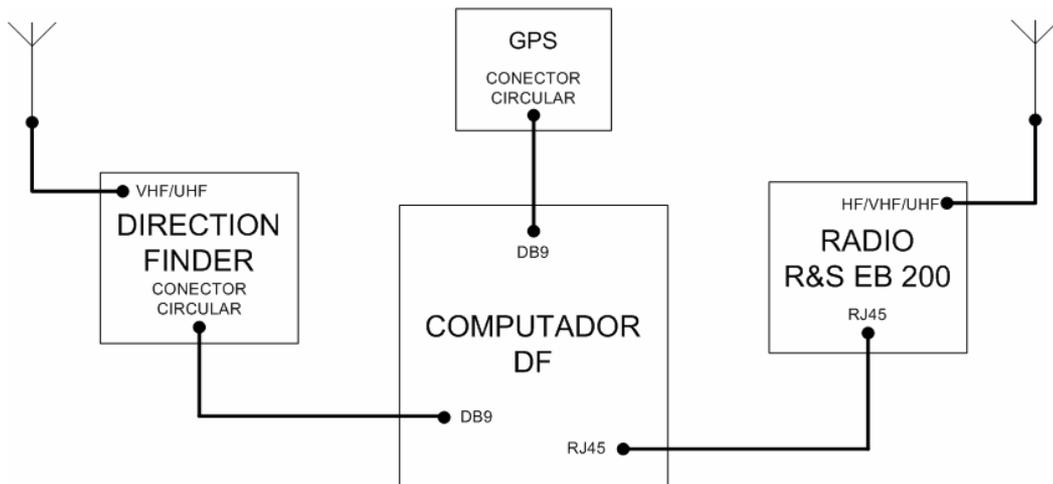


Figura 4.14 Diseño del Nuevo Sistema de DF

4.2.3.1 Descripción de Funcionamiento del Diagrama

El sistema DF 2.0 cuenta con una Estación Central a la cual se conectan los demás equipos que pertenecen al sistema. Desde la estación central es posible realizar el manejo remoto del DF y del radio receptor.

La estación central recibe los datos proporcionados por el DF y el radio receptor, y los procesa, tanto para visualización, como almacenamiento de los datos, dependiendo de las necesidades del operario.

El DF **ALMOS-3000** se encarga de establecer la dirección de arribo de radio- comunicaciones en el rango de frecuencias de 20 MHz a 3 GHz, para posteriormente enviar la información de dirección, nivel de recepción, etc., según la estación central lo

solicite. La comunicación entre el DF y la estación central es de tipo RS-232, para lo cual el DF cuenta con un puerto serial específico para manejo remoto, como se ilustra en la Figura 4.15.



Figura 4.15 DF ALMOS-3000 Detalle del puerto serial para comunicación remota

El receptor GPS incorporado en el DF ALMOS-3000 y el receptor GPS CW-45 NAV **permiten establecer** la posición en coordenadas geográficas de la unidad móvil de Guerra Electrónica, tales coordenadas se transmiten a la estación central, donde se calcula el promedio de las dos lecturas, posteriormente esta lectura promedio se transforma a coordenadas UTM, puesto que es el sistema de coordenadas utilizado de manera general en aplicaciones militares.

La comunicación entre el GPS CW-45 y la estación central es de tipo RS-232 serial. En este caso se utiliza un cable convertidor de serial a USB para conectar el receptor GPS a un puerto USB de la estación central.

El receptor **R&S EB 200** permite demodular comunicaciones que utilicen las siguientes modulaciones analógicas:

- AM
- FM
- USB
- LSB
- CW

La comunicación entre el receptor y la estación remota se realiza vía LAN (10 Base-T), para lo cual el receptor cuenta con un puerto Ethernet específico para manejo remoto, como se ilustra en la Figura 4.16.



Figura 4.16 Puerto de comunicación remota en el radio receptor R&S EB200

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE DF EN EL VEHÍCULO COMINT

En la Figura 4.17 se indica la distribución de los equipos en el rack del vehículo de Guerra Electrónica. Cabe anotar que el diseño y distribución de los equipos en el rack corresponden al Proyecto de Tesis “Repotenciación y modernización del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva de la Fuerza Terrestre Ecuatoriana (COMINT)”. En color gris se presentan los equipos utilizados en el mencionado proyecto, mientras que los equipos que corresponden al sistema DF 2.0 se encuentran resaltados en color celeste.

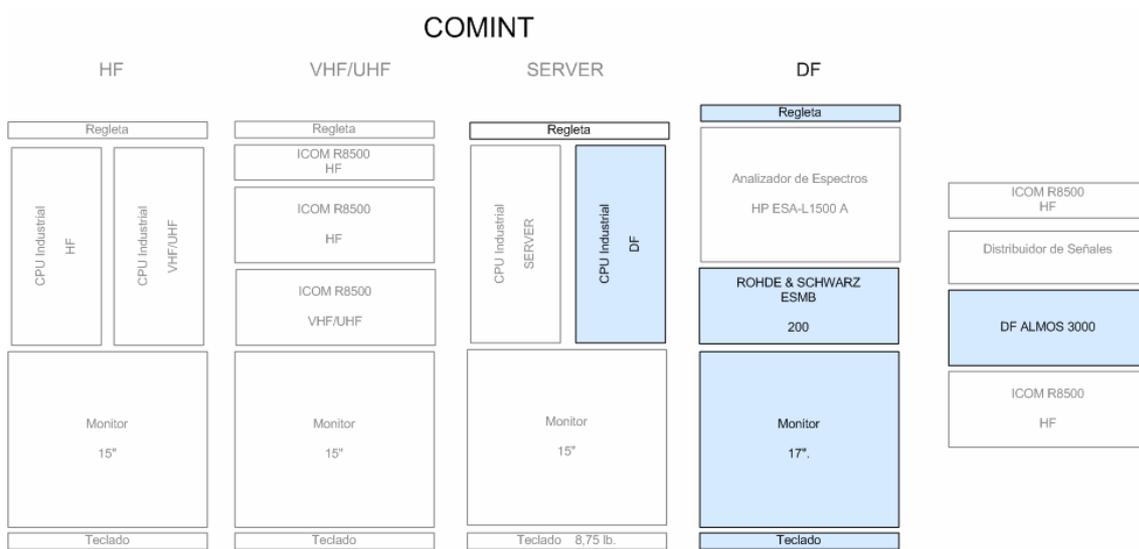


Figura 4.17 Distribución de los equipos en el rack del vehículo COMINT³.

En la Figura 4.18 se muestra el aspecto físico de los equipos luego de ser instalados en su respectivo rack.



Figura 4.18 Aspecto físico de los equipos instalados en su respectivo rack

³ Imagen tomada del Capítulo IV del Proyecto de Tesis “Repotenciación y modernización del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva de la Fuerza Terrestre Ecuatoriana (COMINT)”

CAPÍTULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO V2.0

5.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el análisis de Hardware del Sistema de DF 2.0, este capítulo se refiere al diseño y desarrollo del software destinado a la operación remota de los equipos. Se destacan los antecedentes y requerimientos que motivan el desarrollo del software. También se hace referencia a la plataforma de programación elegida. Finalmente, como punto fundamental del capítulo, se realiza la descripción de las funciones que posee el software desarrollado.

5.2 ANTECEDENTES

El uso de equipos electrónicos en operaciones militares alcanza a todos los niveles y modalidades de operación. Los equipos de comunicaciones permiten el control en tiempo real de información que facilita evaluar la situación y tomar las medidas correspondientes.

Con el desarrollo del software se busca facilitar el trabajo del operador del sistema puesto que, podrá controlar cada uno de los equipos desde el computador que forma parte de este sistema. Adicionalmente, el software permitirá tener respaldos digitalizados de información de interés para la Fuerza Terrestre.

5.3 DESCRIPCIÓN

El sistema consta de un equipo de DF, un GPS y un radio receptor. Las condiciones de trabajo demandan la operación conjunta de los equipos, por lo tanto, el software desarrollado recopila en una sola pantalla los controles necesarios para que el operador pueda manipular todos los equipos de manera simultánea, mostrar en pantalla los mapas digitales del sector en escala 1:500000 y gracias al GPS la ubicación exacta del vehículo.

Para realizar la descripción general del sistema del software, se procede a describir los factores generales tales como:

- Funciones Generales
- Características de la herramienta de programación usada.

5.3.1 Funciones Generales

El Software COMINT - DF 2006 V2.0 proporciona la información necesaria al operador para poder realizar la detección de una señal de RF⁴ según la operación lo requiera, permitiendo además almacenar esta información para después analizarla y procesarla.

El software COMINT - DF 2006 V2.0 realizará las siguientes funciones:

- Cargar y manipular los mapas digitales del sector del operativo.
- Ubicar en coordenadas geográficas y UTM la posición del vehículo de guerra electrónica pasiva COMINT.
- Presentar, manejar la información enviada y controlar la radio **R&S EB 200**.
- Presentar, manejar la información enviada y controlar el **DF ALMOS 3000**.
- Almacenar la información de la posición del vehículo, frecuencia, dirección, etc., proporcionada por ambos equipos.

⁴ RF: Radio Frecuencia

5.3.2 Características de la herramienta de programación usada

Microsoft Visual Studio 2005 es una herramienta de desarrollo de software muy potente, que cumplía con todos los requerimientos necesarios para el sistema COMINT - DF 2006 V2.0, a continuación se presentan algunas características:

- Controles nuevos, para el manejo de puertos.
- Creación de hilos para ejecución en paralelo de diferentes secuencias de código, en otras palabras, permitir que dos o más tareas se ejecuten de manera simultánea.
- Mejores herramientas para la presentación y manejo de formularios
- Depuración de código compilado optimizado.
- Mejoras de seguridad para el código nativo
- Compilación en segundo término y AutoCorrección que ayudan a detectar errores en el código y sugieren cambios.
- Conexión a servicios Web XML con gran facilidad.
- Etiquetas Inteligentes (Smart Tags) que ofrecen acceso sencillo a las características más comunes de control.
- Consejos y Visualizadores de Depuración (Debugger Datatips and Visualizers) para aclarar estructuras complejas de datos como un DataSet.

5.4 REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE

5.4.1 Requerimientos de Hardware

Se deben de especificar las características lógicas de cada interfaz entre el software y los componentes de hardware del sistema.

Con el propósito de obtener un buen rendimiento en el manejo del sistema, el equipo en el cual se instale el software deberá tener las siguientes características tecnológicas básicas:

- Procesador Pentium IV de 2.3 GHz como mínimo.
 - 512 Mb de Memoria RAM.
-

- 1 Mb de espacio libre.
- 1 Puerto Serial.
- 1 Puerto Ethernet.

Dos interfaces seriales, una para la comunicación con el **DF ALMOS 3000** a una velocidad de 19200 kbps, y otra para la comunicación con el **GPS** a una velocidad de 38400 kbps, y una interfaz ethernet para la comunicación con el **Radio R&S EB 200** a una velocidad de 10 Mbps.

5.4.2 Requerimientos de Software

Para el funcionamiento del software COMINT - DF 2006 V2.0 es indispensable contar con la instalación del control ActiveX para manejo de cartografía digital, el cual debe estar en la carpeta C:\WINDOWS\system32\; además con los mapas de las diferentes regiones del país donde se vaya a realizar las operaciones, cabe indicar que los mapas deben tener extensión *.dgn, formato manejado por el programa Microstation, para poder visualizarlos.

5.5 CONTROL DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA

Cada equipo que maneja el Software COMINT - DF 2006 V2.0 trabaja con diferentes tipos de tramas para el envío y recepción de datos, a continuación explicaremos cada uno de estos.

5.5.1 Radio EB 200

Los comandos están formados por una cabecera y, en muchos casos, por uno o más parámetros. La cabecera y los parámetros son separados por un espacio en blanco. La cabecera puede estar formada por varias palabras claves, dependiendo de cada comando. Las preguntas son formadas directamente añadiendo un signo de interrogación al comando. En general los mensajes se forman de la siguiente manera:

cabecera + parámetros+\n

(El caracter + no es parte del mensaje)

5.5.1.1 Comandos Comunes

Los comandos comunes están formados de la cabecera antecedida por un asterisco (*), y uno o vario parámetros, si los hay.

Ejemplos:

- *RST RESET\n, resetea el dispositivo
- *ESE 253 EVENT STATUS ENABLE\n, setea los bits de estado del registro de habilitación.
- *ESR? EVENT STATUS QUERY\n, pregunta el estado del registro de habilitación.
- FREQ 145500000\n, setea una frecuencia de valor 145.5 MHz.
- OUTP:SQU:STAT 0\n, deshabilita el Squelch.

La lista completa de comandos se muestra en el ANEXO I.

5.5.2 DF ALMOS 3000

En general, los mensajes para realizar el control remoto del DF ALMOS 3000 se componen de cinco partes, que son:

- Inicio de Trama ('\$')
- Cabecera
- Cuerpo
- CRC⁵ checksum
- Fin de Trama (“\r\n”)

⁵ CRC: Control de Redundancia Cíclica

\$ + cabecera + cuerpo+ CRC checksum + \r\n

(El caracter + no es parte del mensaje)

5.5.2.1 Inicio de Trama

Cada mensaje debe empezar con el caracter '\$'.

5.5.2.2 Cabecera

La cabecera es número hexadecimal y tiene una longitud de 4 caracteres. Estos números hexadecimales son representados por códigos ASCII de las letras minúsculas (0...f).

La cabecera del mensaje cuando este es enviado desde el software al DF empieza con '0'. La respuesta enviada desde el DF al software empieza con '8'.

Por ejemplo:

- La cabecera de una pregunta (Software-> Sistema de DF)
0202
- La cabecera de una respuesta (Sistema de DF-> Software)
8202

Si existe algún defecto en el mensaje de pregunta, el Sistema de DF envía como cabecera del mensaje de respuesta ffff.

5.5.2.3 Cuerpo

En el cuerpo se encuentra la información necesaria para configurar u obtener parámetros del DF ALMOS 3000. La longitud del cuerpo depende de la cabecera. El

cuerpo puede estar constituido por números hexadecimales (0...f) y/o letras minúsculas (a...z).

El tipo de información que se obtiene del cuerpo es la siguiente:

- Frecuencia.
- Nivel de señal.
- Dirección de arribo.
- Varianza (dirección estimada de la señal de arribo).
- Modulaciones.
- Posición.
- Pasos de frecuencia.
- Atenuación.
- Brújula (compás).

Por ejemplo si se desea configurar el valor de la frecuencia de trabajo del DF se envía la siguiente trama:

```
$0202XXXXXXXXXXXXCCCC\r\n
```

Donde:

X: Cuerpo para configurar frecuencia de trabajo del DF.

C: Checksum calculado en base a la cabecera y a la frecuencia configurada.

5.5.2.4 CRC

Cada mensaje contiene 16 bits de CRC. El CRC consiste de 4 caracteres hexadecimales. Para determinar el CRC se utiliza el polinomio 0x8005 o CRC-16.

Polinomio CRC-16: $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$. Para flujos de 8 bits, con 16 de redundancia.

El algoritmo utilizado por el control de redundancia cíclica es el siguiente:

- Se añaden r bits "0" a la derecha del mensaje (esto es, se añaden tantos ceros como grado tenga el polinomio generador).
- Se divide el polinomio obtenido por el polinomio generador. La división se realiza en módulo 2, que es igual que la división binaria, con dos excepciones:
 $1 + 1 = 0$ (no hay acarreo) y $0 - 1 = 1$ (no hay acarreo)
- Y se añade el resto de la división al polinomio original

5.5.2.5 Fin de Trama

Cada mensaje finalizará con los caracteres '\r' y '\n' (carriage return, line feed).

5.5.2.6 Ejemplo

- Mensaje de Pregunta (Software->Sistema de DF): \$0206fd3a\r\n Mensaje para obtener el Nivel de la Señal del DF.

Donde:

Cabecera: 0206

Cuerpo: no tiene cuerpo

CRC checksum: fd3a

- Mensaje de Respuesta (Sistema de DF-> Software): \$820646bf44\r\n

Donde:

Cabecera: 8206

Cuerpo: 46 (valor hexadecimal entre 0x00 y 0xff)

CRC checksum: defa

El cuerpo representa que el nivel de la señal es de 70.

La lista completa de comandos se muestra en el ANEXO II.

5.6 DISEÑO DEL SOFTWARE

Para el diseño del Sistema, se utilizarán algunas de las CLASES de implementación que posee Visual Basic 2005 como: barras de menú, ventanas, botones, combos, grillas, cuadros, etiquetas de texto, entre otros; debido a que es un lenguaje simple y fácil de entender y permite crear aplicaciones para Windows en poco tiempo.

Cada uno de los cuales le permitirán al usuario interactuar con el sistema, es decir crear, modificar, grabar, y eliminar los datos de los recursos. Además se utilizará diferentes módulos para el manejo de datos, la transformación de coordenadas, el manejo de las API de Windows, manejo de puertos, creación de hilos, etc.

5.6.1 Módulos

Los módulos implementados en el COMINT - DF 2006 V2.0 son los siguientes:

- GPSVAR
- GEOUTM
- ModMouse
- TRAMADF

5.6.1.1 GPSVAR

Este módulo almacena todas las variables necesarias para obtener y almacenar la posición geográfica de la ubicación actual obtenida desde el GPS del DF ALMOS 3000 (El comando necesario para leer el GPS se encuentra en el ANEXO II).

Tabla 5.1 Variables que se encuentran en el Módulo GPSVAR

Tipo	Variable	Descripción
Integer	datolatgrad	Almacena el valor de los grados de la Latitud
Integer	datolatmin	Almacena el valor de los minutos de la Latitud
Double	datolatseg	Almacena el valor de los segundos de la Latitud
Char	datolatrumb	Almacena el carácter N para Norte o S para Sur

Integer	datolonggrad	Almacena el valor de los grados de la Longitud
Integer	datolongmin	Almacena el valor de los minutos de la Longitud
Double	datolongseg	Almacena el valor de los segundos de la Longitud
Char	datolongrumb	Almacena el carácter E para Este o W para Oeste

5.6.1.2 GEOUTM

Este módulo tiene dos funciones para la transformación de coordenadas, que se describen a continuación:

- Convertir coordenadas geográficas⁶ en coordenadas UTM, debido que el GPS envía coordenadas geográficas y para realizar la ubicación en el mapa digital se necesita convertir estas a coordenadas UTM.
- Convertir coordenadas UTM en coordenadas geográficas para presentación de las mismas en el status bar del software COMINT - DF 2006 V2.0, como se muestra en la Figura 5.1.

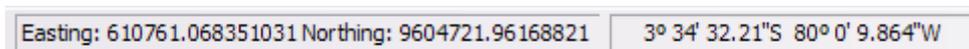


Figura 5.1 Barra de estado del software COMINT - DF 2006 V2.0

5.6.1.3 ModMouse

Este módulo contiene las API's de Windows que controlan todos los movimientos del Mouse para ubicar la posición actual obtenida desde el GPS y ubicarla en el mapa digital. En la Tabla 5.2 se muestra las diferentes funciones de este módulo.

⁶ Teoría de Sistemas de Coordenadas: CAPITULO 2.

Tabla 5.2 Funciones del Módulo ModMouse

Función	Descripción
Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (ByRef lpPoint As POINTAPI) As Integer	Toma las coordenadas, x y y , en píxeles de la posición actual del mouse sobre la pantalla.
Declare Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal X As Integer, ByVal Y As Integer) As Integer	Setea las coordenadas, x y y , en píxeles de una posición del mouse sobre la pantalla.

5.6.1.4 TRAMADF

Este módulo contiene las funciones necesarias para generar la trama a ser enviada al DF ALMOS 3000, como se mostró en el apartado 5.5.2. En la tabla 5.3 mostrada a continuación, se detallan las diferentes funciones de este módulo.

Tabla 5.3 Funciones del Módulo TRAMADF

Función	Descripción
Public Function generateCrc(ByVal ch As Integer, ByVal acc As Integer) As Integer	Retorna del valor de CRC de cada uno de los elementos de una cadena que es enviada por la función CRC de tipo String.
Public Function ConvertStringToByteArray(ByVal stringToConvert As String) As Byte()	Realiza la conversión de datos de tipo String a tipo Byte, necesaria para el cálculo del CRC.
Public Function generateCrc(ByVal strIn As String) As String	Realiza el cálculo del CRC de toda una cadena de caracteres.
Public Function StringBufferappend(ByVal buff As String, ByVal ch As Char, ByVal length1 As Integer, ByVal value As Integer, ByVal radix As Integer) As String	Función que se encarga de concatenar la cabecera, el cuerpo y el CRC generado.

Public Function MessageDF(ByVal Cabezera As String) As String	Retorna la trama necesaria para el manejo del DF, en el caso de que esta no posea cuerpo.
Public Function MessageDF(ByVal Cabezera As String, ByVal Cuerpo As String) As String	Retorna la trama necesaria para el manejo del DF.

5.6.2 Funciones

Dentro del programa existe un formulario principal, donde se encuentran todos los controles que el usuario va a manejar, es decir, los controles de los mapas, de la radio EB 200 y del DF ALMOS 3000; cada uno de estos controles posee una o varias funciones que permiten su manejo. En la tabla 5.4 se detallan cada una de estas funciones.

Tabla 5.4 Funciones del Formulario Principal

Función	Descripción
Funciones del Formulario Principal	
Private Sub Principal_FormClosed(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles Me.FormClosed	Sirve para almacenar los datos obtenidos cuando se vaya a cerrar el formulario.
Private Sub Principal_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing	Copia el path de un archivo *.dgn para que al momento de cerrar el formulario almacene en la nueva dirección que el usuario haya escogido y borre el archivo anterior con el path anterior.
Private Sub Principal_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Me.Load	Carga los estados iniciales de los controles y las variables utilizadas.

Private Sub IconosDesh()	Función que establece el estado inicial de los íconos al momento de empezar el programa.
Private Sub Checkbtn(ByVal Btnaux As ToolStripButton)	Función que indica que ícono debe estar con check y el resto de iconos deben estar sin check
Private Sub TolbNuevo_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbNuevo.Click, NuevoToolStripMenuItem.Click	Abre un nuevo archivo *.dgn
Private Sub AbrirToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles AbrirToolStripMenuItem1.Click, TolbOpen.Click	Abre un archivo previamente guardado con el mapa y las frecuencias almacenadas.
Private Sub load_frequad()	Carga en un ListBox las frecuencias de la Radio R&S EB 200, que se almacenaron previamente en un archivo *.txt
Private Sub load_pos()	Carga la posición almacenada previamente en el archivo de texto y la dibuja sobre el mapa digital.
Private Sub load_df()	Carga en los controles del DF los parámetros almacenados previamente en el archivo de texto *.txt
Private Sub GuardarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles GuardarToolStripMenuItem.Click, TolbSave.Click	Guarda los datos del mapa, de la Radio R&S EB 200 y del DF ALMOS 3000, en un nuevo archivo de texto con un nombre seleccionado por el usuario.

Private Sub SalirToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles SalirToolStripMenuItem1.Click	Cierra y ejecuta las funciones Closed y Closing del formulario.
Private Sub StatbarPosicion_TextChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles StatbarPosicion.TextChanged	Función que habilita la opción de guardar mapa y datos tanto de la Radio R&S EB 200 y del DF Almos 3000.
Funciones para Manejo de cartografía digital	
Private Sub DeshacerToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles DeshacerToolStripMenuItem.Click, TolbUndo.Click	Deshace la última acción realizada por el usuario, sobre el mapa digital.
Private Sub RehacerToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles RehacerToolStripMenuItem.Click, TolbReUndo.Click	Rehace la última acción realizada por el usuario, sobre el mapa digital.
Private Sub CopiarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CopiarToolStripMenuItem.Click	Copia un elemento seleccionado sobre el mapa digital.
Private Sub MoverToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles	Mueve la posición de un objeto seleccionado en el mapa digital.

MoverToolStripMenuItem.Click	
Private Sub RotarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles RotarToolStripMenuItem.Click	Rota un objeto seleccionado sobre el mapa digital.
Private Sub EliminarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles EliminarToolStripMenuItem.Click, TolbBorrar.Click	Elimina un objeto seleccionado en el mapa digital.
Private Sub TextoToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextoToolStripMenuItem1.Click	Modifica el contenido de un elemento de texto seleccionado en el mapa digital.
Private Sub ModificarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ModificarToolStripMenuItem.Click	Modifica los atributos de un elemento seleccionado sobre el mapa digital.
Private Sub RellenarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles RellenarToolStripMenuItem.Click	Rellena una figura poligonal seleccionada en el mapa digital.
Private Sub ArcoToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles	Crea un arco sobre el mapa digital.

ArcoToolStripMenuItem.Click	
Private Sub ArcoPorRadioToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ArcoPorRadioToolStripMenuItem.Click	Crea un arco con un radio definido por el usuario sobre el mapa digital.
Private Sub CadenaDeLíneasToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CadenaDeLíneasToolStripMenuItem.Click	Crea una cadena de líneas sobre el mapa digital.
Private Sub CirculoToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CirculoToolStripMenuItem.Click, TolbCirculo.Click	Crea un círculo sobre el mapa digital.
Private Sub CurvaToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CurvaToolStripMenuItem.Click	Crea una curva sobre el mapa digital.
Private Sub ElipseToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ElipseToolStripMenuItem1.Click, TolbElipse.Click	Crea una elipse sobre el mapa digital.
Private Sub LíneaToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As	Crea una línea sobre el mapa digital.

System.EventArgs) Handles LíneaToolStripMenuItem.Click, TolbLinea.Click	
Private Sub PolígonoToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles PolígonoToolStripMenuItem.Click	Crea una figura poligonal sobre el mapa digital.
Private Sub RectánguloToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles RectánguloToolStripMenuItem.Click, TolbRectangulo.Click	Crea un rectángulo sobre el mapa digital.
Private Sub TextoToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextoToolStripMenuItem.Click, TolbText.Click	Crea texto sobre el mapa digital.
Private Sub PropiedadesToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles PropiedadesToolStripMenuItem.Click, TolbInfo.Click	Muestra las propiedades de un elemento seleccionado en el mapa digital.
Private Sub TitilarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TitilarToolStripMenuItem.Click	Hace titilar un elemento seleccionado en el mapa digital.

<p>Private Sub AutoAjustarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles AutoAjustarToolStripMenuItem.Click, TolbFit.Click</p>	<p>Cuadra todo el mapa digital proporcionalmente en el control de manejo de mapas.</p>
<p>Private Sub TolbCursor_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbCursor.Click</p>	<p>Habilita el cursor para seleccionar un elemento sobre el mapa digital y realizar cualquier acción deseada.</p>
<p>Private Sub ZoomInToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ZoomInToolStripMenuItem.Click, TolbZoomIn.Click</p>	<p>Aumenta el zoom sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub ZoomOutToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ZoomOutToolStripMenuItem1.Click, TolbZoomOut.Click</p>	<p>Aleja el zoom sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub AreaZoomToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles AreaZoomToolStripMenuItem1.Click</p>	<p>Realiza el zoom en un área seleccionada por el usuario, sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub MoverMApaToolStripMenuItem2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MoverMApaToolStripMenuItem2.Click, TolbPan.Click</p>	<p>Mueve el mapa digital mediante la acción del Mouse.</p>

<p>Private Sub CentrarMapaClickToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CentrarMapaClickToolStripMenuItem1.Click</p>	<p>Centra el mapa digital en la posición en donde el usuario haya dado click.</p>
<p>Private Sub ActualizarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ActualizarToolStripMenuItem.Click</p>	<p>Actualiza la vista sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub CapasToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CapasToolStripMenuItem.Click, TolbLayer.Click</p>	<p>Muestra las capas que tiene el mapa digital.</p>
<p>Private Sub DistanciaToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles DistanciaToolStripMenuItem.Click</p>	<p>Mide la distancia en metros mediante dos click realizados por el usuario, sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub AreaToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles AreaToolStripMenuItem.Click</p>	<p>Mide la distancia en metros cuadrados mediante cuatro clicks realizados por el usuario, sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub TolbUbicarPos_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbUbicarPos.Click, UbicarPosiciónToolStripMenuItem.Click</p>	<p>Función que localiza la posición geográfica previamente dibujada sobre el mapa digital.</p>
<p>Private Sub TextCoor()</p>	<p>Función que dibuja las coordenadas</p>

	UTM de la posición tomada del GPS, sobre el mapa digital
Private Sub TolbUbicarEliminar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbUbicarEliminar.Click, EliminarPosiciónToolStripMenuItem.Click	Función que elimina la última posición geográfica tomada del GPS, sobre el mapa digital
Private Sub TolbUbicarLocalizar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbUbicarLocalizar.Click, LocalizarPosiciónToolStripMenuItem.Click	Función que ubica y dibuja la posición geográfica tomada del GPS, sobre el mapa digital
Private Sub PCSMAP_PcsLocate(ByVal sender As Object, ByVal e As AxPCSCUSTOMLib._DPcscustomEvents_PcsLocateEvent) Handles PCSMAP.PcsLocate	Función que se ejecuta cuando el usuario ha seleccionado un elemento sobre el mapa digital.
Private Sub PCSMAP_PcsMessage(ByVal sender As Object, ByVal e As AxPCSCUSTOMLib._DPcscustomEvents_PcsMessageEvent) Handles PCSMAP.PcsMessage	Función que se ejecuta cuando se mide un área y una distancia sobre el mapa digital.
Private Sub PCSMAP_PcsMouseMove(ByVal sender As Object, ByVal e As AxPCSCUSTOMLib._DPcscustomEvents_PcsMouseMoveEvent) Handles PCSMAP.PcsMouseMove	Función que se ejecuta cuando el mouse se mueve sobre el control de los mapas y presenta las coordenadas de este en el StatusBar.
Funciones para Manejo de la Radio R&S EB 200	

<p>Private Sub TolbConectarRadio_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbConectarRadio.Click, ConectarRadioToolStripMenuItem.Click</p>	<p>Inicia el procedimiento necesario para la conexión con la Radio R&S EB 200, mediante la interfaz ethernet.</p>
<p>Private Sub AxWinsock1_ConnectEvent(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles AxWinsock1.ConnectEvent</p>	<p>Función que se ejecuta cuando se a logrado establecer la conexión con la Radio R&S EB 200.</p>
<p>Private Sub AxWinsock1_DataArrival(ByVal sender As Object, ByVal e As AxMSWinsockLib.DMSWinsockControlEvents_DataArrivalEvent) Handles AxWinsock1.DataArrival</p>	<p>Función que se ejecuta cuando la Radio R&S EB 200 envía datos previamente solicitados.</p>
<p>Private Sub AxWinsock1_Error(ByVal sender As Object, ByVal e As AxMSWinsockLib.DMSWinsockControlEvents_ErrorEvent) Handles AxWinsock1.Error</p>	<p>Función que se ejecuta cuando no se ha podido establecer comunicación con la Radio R&S EB 200.</p>
<p>Private Sub TolbActualizar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbActualizar.Click, ActualizarRadioToolStripMenuItem1.Click</p>	<p>Actualiza la pantalla que muestra el estado de la Radio R&S EB 200.</p>
<p>Private Sub txtMEGA_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtMEGA.KeyPress</p>	<p>Función que detiene el hilo al momento de ingresar la frecuencia en MHz.</p>
<p>Private Sub txtMEGA_TextChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles txtMEGA.TextChanged</p>	<p>Función que reactiva el hilo al momento de cambiar el texto de frecuencia en MHz.</p>

Private Sub txtKILO_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtKILO.KeyPress	Función que detiene el hilo al momento de ingresar la frecuencia en KHz.
Private Sub txtKILO_TextChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles txtKILO.TextChanged	Función que reactiva el hilo al momento de cambiar el texto de frecuencia en KHz.
Private Sub txtHZ_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtHZ.KeyPress	Función que detiene el hilo al momento de ingresar la frecuencia en Hz.
Private Sub txtHZ_TextChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles txtHZ.TextChanged	Función que reactiva el hilo al momento de cambiar el texto de frecuencia en Hz.
Private Sub cmbMENOS_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbMENOS.Click	Disminuye la frecuencia en la Radio R&S EB 200 en pasos seleccionados previamente por el usuario.
Private Sub cmbCAMBIAR_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbCAMBIAR.Click	Cambia la frecuencia en la Radio R&S EB 200 a una seleccionada por el usuario.
Private Sub cmbMAS_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbMAS.Click	Aumenta la frecuencia en la Radio R&S EB 200 en pasos seleccionados previamente por el usuario.
Private Sub SquBar_Scroll(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles SquBar.Scroll	Modifica el valor de Squelch en la Radio R&S EB 200.
Private Sub VolBar_Scroll(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles VolBar.Scroll	Función que cambia el valor del volumen en la Radio R&S EB 200.

Private Sub Private Sub comboSTEP_DropDown(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboSTEP.DropDown	Función que deshabilita el hilo de la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboSTEP_DropDownClosed(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboSTEP.DropDownClosed	Función que habilita el hilo de la Radio R&S EB 200.
Private Sub cmbSQUELCH_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbSQUELCH.Click	Función que cambia el valor del squelch en la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboMODU_DropDown(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboMODU.DropDown	Función que deshabilita el hilo de la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboMODU_DropDownClosed(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboMODU.DropDownClosed	Función que habilita el hilo de la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboMODU_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboMODU.SelectedIndexChanged	Función que cambia el tipo de modulación en la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboBW_DropDown(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboBW.DropDown	Función que deshabilita el hilo de la Radio R&S EB 200.
Private Sub comboBW_DropDownClosed(ByVal sender	Función que habilita el hilo de la Radio R&S EB 200.

As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboBW.DropDownClosed	
Private Sub comboBW_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboBW.SelectedIndexChanged	Función que cambia el valor del ancho de banda en la Radio R&S EB 200.
Private Sub cmbGuardarFreq_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbGuardarFreq.Click	Función que almacena valores de frecuencia, ancho de banda, etc. de la Radio R&S EB 200.
Private Sub ComboBoxDatosRadio_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles ComboBoxDatosRadio.KeyPress	Validación para que no se pueda ingresar texto en el control.
Private Sub ComboBoxDatosRadio_Leave(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ComboBoxDatosRadio.Leave	Validación para que no se pueda ingresar texto en el control.
Private Sub ComboBoxDatosRadio_SelectedIndexChang ed(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ComboBoxDatosRadio.SelectedIndexChang ed	Función que carga y envía los valores almacenados de frecuencia, ancho de banda, etc., a la Radio R&S EB 200.
Private Sub ThreadProcSafe()	Función que ejecuta el hilo de la Radio R&S EB 200 de manera segura.
Private Sub SetText(ByVal [text] As String)	Función que actualiza los datos enviados por Radio R&S EB 200, en la interfaz del usuario.

Funciones para Manejo del DF ALMOS 3000	
Private Sub TolbConectarDFGPS_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TolbConectarDFGPS.Click, ConectarDFGPSToolStripMenuItem1.Click	Inicia el procedimiento necesario para la conexión con el DF ALMOS 3000, mediante la interfaz RS-232.
Private Sub TxtMegaDF_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles TxtMegaDF.KeyPress	Función que habilita el timer del DF Almos 3000.
Private Sub TxtMegaDF_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TxtMegaDF.TextChanged	Función que ingresa el valor de frecuencia en el DF Almos 3000 en el rango de los MHz y deshabilita el timer del DF Almos 3000.
Private Sub TxtKiloDF_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles TxtKiloDF.KeyPress	Función que habilita el timer del DF Almos 3000.
Private Sub TxtKiloDF_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TxtKiloDF.TextChanged	Función que ingresa el valor de frecuencia en el DF Almos 3000 en el rango de los kHz y deshabilita el timer del DF Almos 3000.
Private Sub TxtHzDF_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles TxtHzDF.KeyPress	Función que habilita el timer del DF Almos 3000.
Private Sub TxtHzDF_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles	Función que ingresa el valor de frecuencia en el DF Almos 3000 en el rango de los Hz y deshabilita el timer del

TxtHzDF.TextChanged	DF Almos 3000.
Private Sub cmbCAMBIARDF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbCAMBIARDF.Click	Función que cambia el valor de frecuencia en el DF Almos 3000.
Private Sub cmbMASDF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbMASDF.Click	Función que aumenta el valor de la frecuencia en el DF Almos 3000.
Private Sub cmbMENOSDF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbMENOSDF.Click	Función que disminuye el valor de la frecuencia en el DF Almos 3000.
Private Sub comboSTEPDF_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboSTEPDF.SelectedIndexChanged	Función que cambia el valor del paso de frecuencia para aumentarla o disminuirla en el DF Almos 3000.
Private Sub cmbATENUADF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbATENUADF.Click	Función que activa o desactiva la atenuación en el DF Almos 3000.
Private Sub comboMODUDF_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboMODUDF.SelectedIndexChanged	Función que cambia la modulación en el DF Almos 3000.
Private Sub comboBWDF_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboBWDF.SelectedIndexChanged	Función que cambia el ancho de banda en el DF Almos 3000.

<p>Private Sub comboAverageDF_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles comboAverageDF.SelectedIndexChanged</p>	<p>Función que cambia del valor de average en el DF Almos 3000.</p>
<p>Private Sub ChkBMirror_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ChkBMirror.CheckedChanged</p>	<p>Función que activa o desactiva la manera de presentar el grado de arribo enviado por el DF Almos 3000.</p>
<p>Private Sub cmbMarcarDF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbMarcarDF.Click</p>	<p>Función que dibuja en el mapa digital la dirección de arribo, ingresada por el usuario.</p>
<p>Private Sub UpDTresholdDF_SelectedItemChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles UpDTresholdDF.SelectedItemChanged</p>	<p>Función que cambia el valor de treshold en el DF Almos 3000.</p>
<p>Private Sub UpDSWFrequencyDF_SelectedItemChanged (ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles UpDSWFrequencyDF.SelectedItemChanged</p>	<p>Función que cambia la frecuencia de switch en el DF Almos 3000.</p>
<p>Private Sub cmbBRUJULADF_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles cmbBRUJULADF.Click</p>	<p>Función que activa o desactiva la brújula del DF Almos 3000.</p>
<p>Private Sub TimerDF_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TimerDF.Tick</p>	<p>Función que pide datos al DF Almos 3000, para presentarlos en pantalla.</p>

Private Sub SerialDF_OnComm(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles SerialDF.OnComm	Función que se activa al momento de recibir datos del DF Almos 3000 y los presenta en pantalla.
Private Sub gpspos(ByVal gpslec As String)	Función que obtiene el valor de la posición del GPS del DF Almos 3000.
Private Sub PicArea_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.PaintEventArgs) Handles PicArea.Paint	Función que dibuja la dirección del grado de arribo enviado por el DF Almos 3000.
Private Sub PicBSignal_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.PaintEventArgs) Handles PicBSignal.Paint	Función que dibuja el nivel de la señal de arribo enviada por el DF Almos 3000.
Private Sub Direccion(ByVal grad As Integer)	Función que calcula los puntos de la recta que se grafica por la dirección de arribo enviada por el DF Almos 3000, en el PictureBox de dirección.

5.6.3 Interfaz Gráfica de Usuario (GUI⁷)

La interfaz grafica de usuario está dividida en cuatro partes:

- La primera son los controles para el manejo y presentación de los mapas digitales.
- La segunda es para el manejo de la Radio R&S EB 200.
- La tercera es para el manejo del DF Almos 3000.
- Y la cuarta es para el almacenamiento de los parámetros presentados en pantalla, para su posterior uso.

⁷ GUI: Graphic User Interface.

A continuación en las siguientes figuras (5.2, 5.3 y 5.4) se muestra la interfaz gráfica de usuario y en las tablas 5.5, 5.6 y 5.7 se hace la descripción de cada uno de los controles que forman parte de esta interfaz.

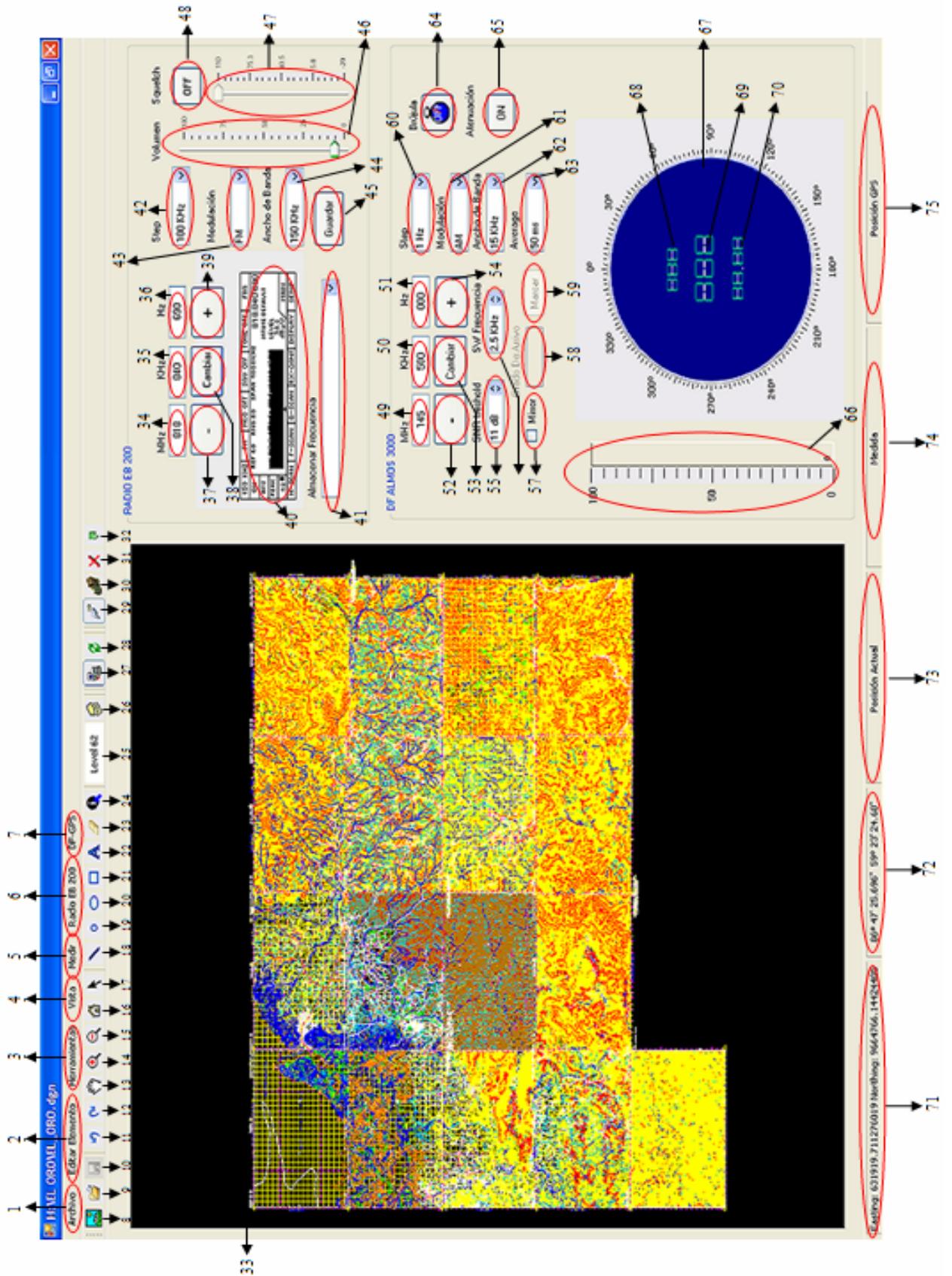


Figura 5.2 Pantalla Principal Software COMINT - DF 2006 V2.0

Tabla 5.5 Tabla de Controles de la GUI del Software COMINT - DF 2006 V2.0

Item	Nombre	Descripción
Controles de la Barra de Menús		
1	ArchivoToolStripMenuItem	Despliega el menú Archivo.
2	EditarToolStripMenuItem	Despliega el menú Editar Elemento.
3	HerramientasToolStripMenuItem	Despliega el menú Herramientas.
4	VistaToolStripMenuItem	Despliega el menú Vista.
5	MedirToolStripMenuItem	Despliega el menú Medir.
6	RadioEB200ToolStripMenuItem	Despliega el menú de la Radio R&S EB 200.
7	DFGPSToolStripMenuItem	Despliega el menú del DF Almos 3000 y del GPS.
Controles de la Barra de Herramientas		
8	TolbNuevo	Abre un nuevo mapa digital.
9	TolbOpen	Abre un mapa y datos guardados anteriormente.
10	TolbSave	Guarda un mapa y datos de la Radio y del DF.
11	TolbUndo	Deshace la última acción realizada sobre el mapa.
12	TolbReUndo	Rehace la última acción realizada sobre el mapa.
13	TolbPan	Mueve el mapa mientras se presiona el botón izquierdo del Mouse.
14	TolbZoomIn	Realiza un Zoom In sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
15	TolbZoomOut	Realiza un Zoom Out sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
16	TolbFit	Coloca el mapa proporcionalmente en toda la ventana del control PSCMAP.
17	TolbCursor	Selecciona un cursor del mouse, para poder

		localizar un elemento del mapa.
18	TolbLinea	Dibuja una línea de modo interactivo ⁸ .
19	TolbCirculo	Dibuja un círculo de modo interactivo.
20	TolbElipse	Dibuja una elipse de modo interactivo.
21	TolbRectangulo	Dibuja un rectángulo de modo interactivo.
22	TolbText	Presenta una ventana para el ingreso de texto y posteriormente colocarlo sobre el mapa de modo interactivo.
23	TolbBorrar	Borra un elemento del mapa de modo interactivo.
24	TolbInfo	Muestra la información de un elemento por la acción de dos click derechos sobre este.
25	TolbCapaActiva	Muestra la capa activa del mapa, en la que se crearán nuevos elementos.
26	TolbLayer	Muestra una ventana con todas las capas que forman el mapa.
27	TolbConectarRadio	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con la Radio R&S EB 200.
28	TolbActualizar	Actualiza la vista del control WebRadioScreen.
29	TolbConectarDFGPS	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con el DF Almos 3000.
30	TolbUbicarPos	Ubica la posición actual enviada por el GPS sobre el mapa.
31	TolbUbicarEliminar	Elimina la última posición dibujada sobre el mapa.
32	TolbUbicarLocalizar	Localiza la posición dibujada sobre el mapa.
Control para la presentación de Cartografía Digital		
33	PCSMAP	Control para la presentación y manipulación de mapas digitales.

⁸ Modo interactivo: mediante la acción del mouse.

Controles de la Barra de Estado		
71	StatbarUTM	Presenta las coordenadas del mapa en UTM.
72	StatbarGeo	Presenta las coordenadas del mapa en Geográficas.
73	StatbarPosicion	Presenta la posición actual tomada del GPS.
74	StatbarMedir	Presenta el resultado de realizar las acciones del menú MedirToolStripMenuItem.
75	StatbarPosGPS	Presenta las coordenadas Geográficas enviadas por el GPS.

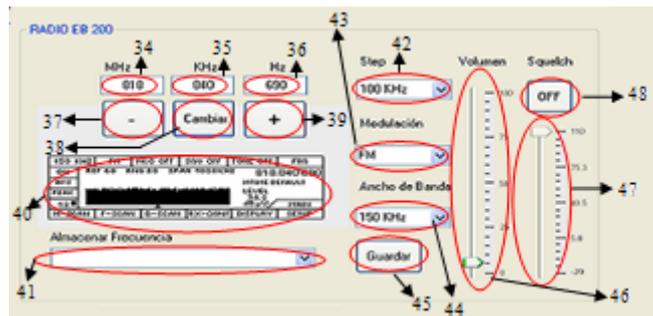


Figura 5.3 Controles de la Radio R&S EB 200

Tabla 5.6 Tabla de Controles de la GUI de la Radio R&S EB 200

Controles de Manejo de la Radio R&S EB 200		
34	txtMEGA	Ingreso de la frecuencia en MHz en la Radio R&S EB 200.
35	txtKILO	Ingreso de la frecuencia en kHz en la Radio R&S EB 200.
36	txtHz	Ingreso de la frecuencia en Hz en la Radio R&S EB 200.
37	cmbMENOS	Disminuye la frecuencia, en la Radio R&S EB 200, en pasos seleccionados en el control comboSTEP.
38	cmbCAMBIAR	Cambia la frecuencia en la Radio R&S EB 200, por el

		ingreso de un nuevo valor en los controles txtMEGA, txtKILO y txtHz.
39	cmbMAS	Incrementa la frecuencia, en la Radio R&S EB 200, en pasos seleccionados en el control comboSTEP.
40	WebRadioScreen	Presenta la pantalla de la Radio R&S EB 200.
41	ComboBoxDatosRadio	Control que almacena y recarga los diferentes datos de la Radio R&S EB 200.
42	comboSTEP	Indica los saltos que tienen que dar los botones cmbMENOS y cmbMAS.
43	comboMODU	Cambia el tipo de modulación en la Radio R&S EB 200
44	comboBW	Cambia el Ancho de Banda en la Radio R&S EB 200.
45	cmbGuardarFreq	Botón que almacena los diferentes datos de la Radio R&S EB 200 en el control ComboBoxDatosRadio.
46	VolBar	Cambia el Volumen en la Radio R&S EB 200.
47	SquBar	Cambia el nivel de Squelch de la Radio R&S EB 200.
48	cmbSQUELCH	Activa o desactiva el Squelch en la Radio R&S EB 200.

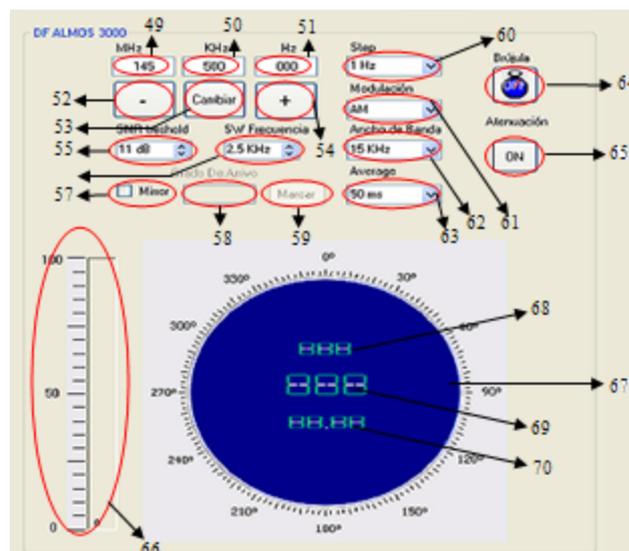


Figura 5.4 Controles del DF ALMOS 3000

Tabla 5.7 Tabla de Controles de la GUI del DF ALMOS 3000

Controles para Manejo del DF ALMOS 3000		
49	txtMEGADF	Ingreso de la frecuencia en MHz en el DF Almos 3000.
50	txtKILODF	Ingreso de la frecuencia en kHz en el DF Almos 3000.
51	txtHzDF	Ingreso de la frecuencia en Hz en el DF Almos 3000.
52	cmbMENOSDF	Disminuye la frecuencia, en el DF Almos 3000, en pasos seleccionados en el control comboSTEPDF.
53	cmbCAMBIARDF	Cambia la frecuencia en el DF Almos 3000, por el ingreso de un nuevo valor en los controles txtMEGADF, txtKILODF y txtHzDF.
54	cmbMASDF	Incrementa la frecuencia, en el DF Almos 3000, en pasos seleccionados en el control comboSTEPDF.
55	UpDTresholdDF	Cambia el nivel de Treshold en el DF Almos 3000.
56	UpDSWFrequencyDF	Cambia el Switch Frequency en el DF Almos 3000.
57	chkBMirror	Activa o desactiva el desplazamiento de los valores de la dirección enviadas por el DF Almos 3000.
58	txtAnguloDF	Ingreso por el usuario de la dirección de arribo de la señal enviada por el DF Almos 3000, para dibujarla en el mapa.
59	cmbMarcarDF	Dibuja la dirección ingresada en el control txtAnguloDF.
60	comboSTEPDF	Indica los saltos que tienen que dar los botones cmbMENOSDF y cmbMASDF.
61	comboMODUDF	Cambia el tipo de modulación en el DF Almos 3000.
62	comboBWDF	Cambia el Ancho de Banda en el DF Almos 3000.
63	comboAverageDF	Cambia el Average en el DF Almos 3000.
64	cmbBRUJULADF	Activa o desactiva la brújula en el DF Almos 3000.
65	cmbATENUADF	Activa o desactiva la atenuación en el DF Almos 3000.
66	PicBSignal	Presenta el nivel de señal enviado por el DF Almos 3000.
67	PicBArea	Dibuja en una brújula la dirección de la señal enviada por el DF Almos 3000.

68	LblCompas	Presenta la dirección de la brújula enviada por el DF Almos 3000.
69	LblGrad	Presenta la dirección de arribo de la señal enviada por el DF Almos 3000.
70	LblError	Presenta la varianza en la dirección enviada por el DF Almos 3000.

Como se pudo observar en la Figura 5.2, la interfaz gráfica de usuario contiene una Barra de Menús, en las siguientes figuras (Figuras: 5.5 a la 5.11) se presentan los submenús, para posteriormente en las tabla 5.8 a la 5.15 realizar una descripción de la función de cada uno de estos.

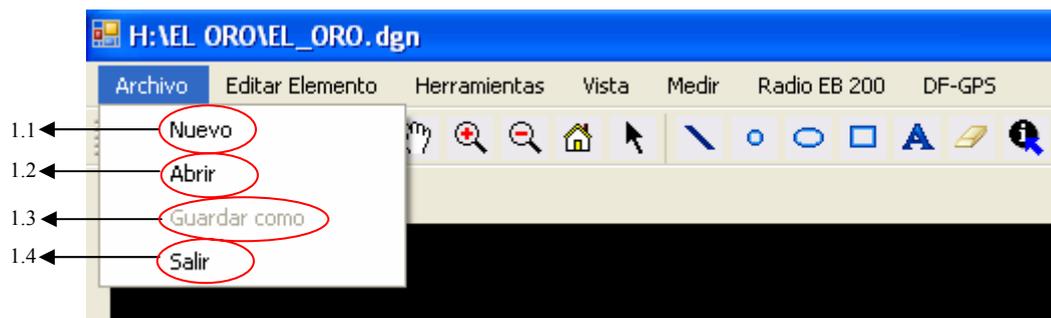


Figura 5.5 Menú Archivo

Tabla 5.8 Tabla del Menú Archivo

Item	Nombre	Descripción
1.1	NuevoToolStripMenuItem	Abre un nuevo mapa digital.
1.2	AbrirToolStripMenuItem	Abre un proyecto guardado anteriormente.
1.3	GuardarToolStripMenuItem	Guarda un proyecto.
1.4	SalirToolStripMenuItem	Cierra el programa.

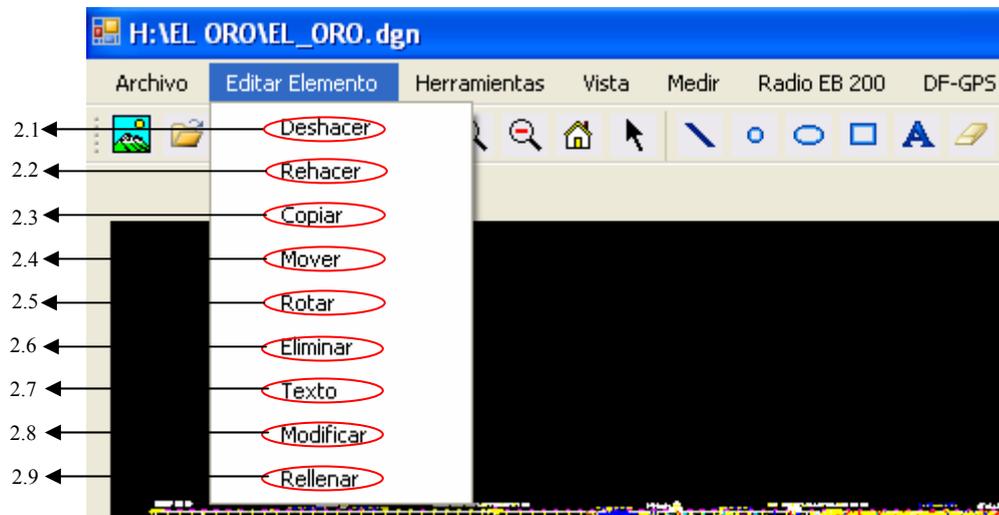


Figura 5.6 Menú Editar Elemento

Tabla 5.9 Tabla del Menú Editar Elemento

Item	Nombre	Descripción
2.1	DeshacerToolStripMenuItem	Deshace la última acción realizada sobre el mapa.
2.2	RehacerToolStripMenuItem	Rehace la última acción realizada sobre el mapa.
2.3	CopiarToolStripMenuItem	Copia un elemento del mapa y lo coloca en una nueva posición de modo interactivo.
2.4	MoverToolStripMenuItem	Mueve un elemento del mapa y lo coloca en una nueva posición de modo interactivo.
2.5	RotarToolStripMenuItem	Rota un elemento del mapa de modo interactivo.
2.6	EliminarToolStripMenuItem	Elimina un elemento del mapa de modo interactivo.
2.7	TextoToolStripMenuItem	Edita el contenido de un elemento de tipo texto del mapa.
2.8	ModificarToolStripMenuItem	Cambia los atributos de un elemento, de modo interactivo.
2.9	RellenarToolStripMenuItem	Rellena una figura poligonal de modo interactivo.

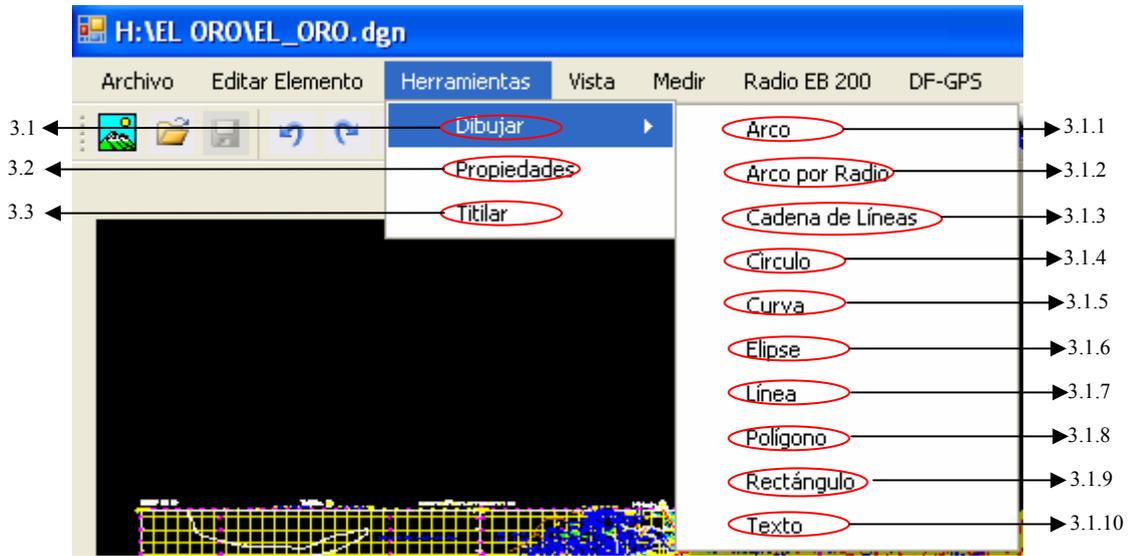


Figura 5.7 Menú Herramientas

Tabla 5.10 Tabla del Menú Herramientas

Item	Nombre	Descripción
3.1	DibujarToolStripMenuItem	Despliega un submenú para la creación de figuras sobre el mapa.
3.2	PropiedadesToolStripMenuItem	Muestra la información de un elemento por la acción de dos click derechos sobre este.
3.3	TitularToolStripMenuItem	Hace titilar un elemento del mapa, de modo interactivo.

Tabla 5.11 Tabla del Submenú Dibujar

Item	Nombre	Descripción
3.1.1	ArcoToolStripMenuItem	Dibuja un arco en modo interactivo.
3.1.2	ArcoPorRadioToolStripMenuItem	Dibuja un arco, con un radio definido por el usuario, de modo interactivo.
3.1.3	CadenaDeLineasToolStripMenuItem	Dibuja una cadena de líneas de modo

		interactivo.
3.1.4	CirculoToolStripMenuItem	Dibuja un círculo de modo interactivo.
3.1.5	CurvaToolStripMenuItem	Dibuja una curva de modo interactivo.
3.1.6	ElipseToolStripMenuItem	Dibuja una elipse de modo interactivo.
3.1.7	LineaToolStripMenuItem	Dibuja una línea de modo interactivo.
3.1.8	PoligonoToolStripMenuItem	Dibuja una figura poligonal de modo interactivo.
3.1.9	RectanguloToolStripMenuItem	Dibuja un rectángulo de modo interactivo.
3.1.10	DibTextoToolStripMenuItem	Presenta una ventana para el ingreso de texto y posteriormente colocarlo sobre el mapa de modo interactivo.

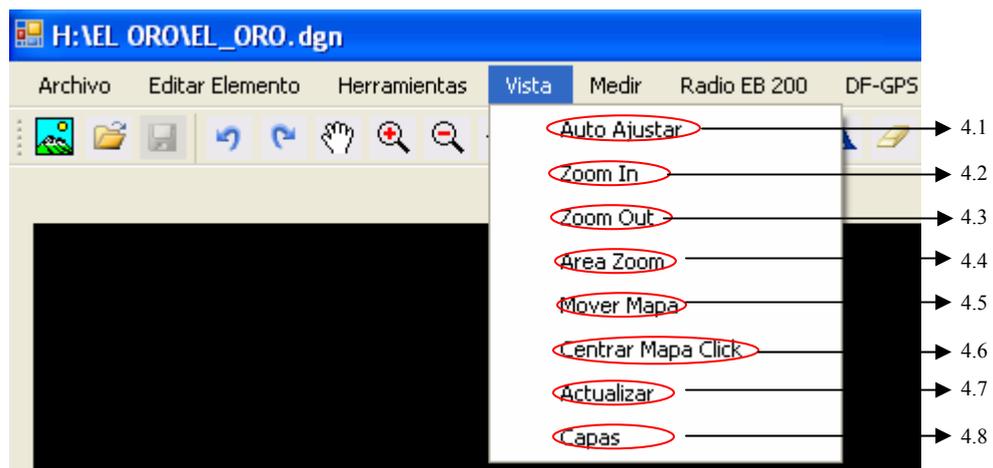


Figura 5.8 Menú Vista

Tabla 5.12 Tabla del Menú Vista

Item	Nombre	Descripción
4.1	AutoAjustarToolStripMenuItem	Coloca el mapa proporcionalmente en toda la ventana del control PSCMAP.
4.2	ZoomInToolStripMenuItem	Realiza un Zoom In sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
4.3	ZoomOutToolStripMenuItem	Realiza un Zoom Out sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.

4.4	AreaZoomToolStripMenuItem	Realiza el Zoom en un área definida por el usuario.
4.5	MoverMapaToolStripMenuItem	Mueve el mapa mientras se presiona el botón izquierdo del Mouse.
4.6	CentrarMapaClickToolStripMenuItem	Centra el mapa en la posición indicada por un click izquierdo del mouse.
4.7	ActualizarToolStripMenuItem	Actualiza la vista sobre el mapa.
4.8	CapasToolStripMenuItem	Muestra una ventana con todas las capas que forman el mapa.



Figura 5.9 Menú Medir

Tabla 5.13 Tabla del Menú Medir

Item	Nombre	Descripción
5.1	DistanciaToolStripMenuItem	Presenta la distancia en metros entre dos puntos definidos de modo interactivo.
5.2	AreaToolStripMenuItem	Presenta y calcula el área en metros cuadrados de un polígono, definido de modo interactivo.



Figura 5.10 Menú Radio EB 200

Tabla 5.14 Tabla del Menú Radio EB 200

Item	Nombre	Descripción
6.1	ConectarRadioToolStripMenuItem	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con la Radio R&S EB 200.
6.2	ActualizarRadioToolStripMenuItem	Actualiza la vista del control WebRadioScreen.

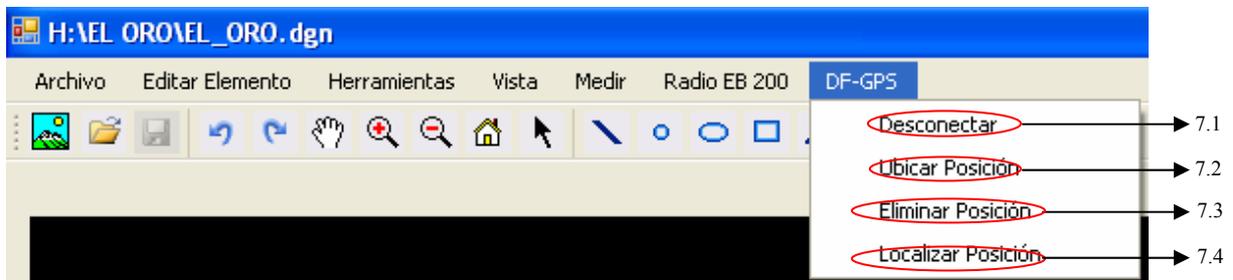


Figura 5.11 Menú DF-GPS

Tabla 5.15 Tabla del Menú DF-GPS

Item	Nombre	Descripción
7.1	ConectarDFGPSToolStripMenuItem	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con el DF Almos 3000.
7.2	UbicarPosicionToolStripMenuItem	Ubica la posición actual enviada por el GPS sobre el mapa.
7.3	EliminarPosicionToolStripMenuItem	Elimina la última posición dibujada sobre el mapa.
7.4	LocalizarPosicionToolStripMenuItem	Localiza la posición dibujada sobre el mapa.

CAPÍTULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON EL VEHÍCULO DE GUERRA ELECTRÓNICA ACTIVA JAMMING

6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza una breve descripción de las características de los Sistemas JAMMING, poniendo de manifiesto la necesidad de operar de manera conjunta con los Sistemas COMINT.

Posteriormente se realiza el diseño del Sistema de Comunicación entre las unidades de Guerra Electrónica móviles COMINT y JAMMING de la Fuerza Terrestre.

6.2 SISTEMA DE GUERRA ELECTRÓNICA ACTIVA JAMMING⁹

El bloqueo o interferencia de señales, conocido también como JAMMING, consiste en impedir que las señales transmitidas por una fuente sean receptadas por el objetivo. La forma como se bloquea una transmisión es superponiendo una señal de igual frecuencia, pero mayor potencia, a la señal de información.

Dependiendo del efecto que se requiera causar, se puede bloquear al receptor o al transmisor. En el caso de bloquear al receptor, únicamente el equipo afectado se verá imposibilitado de comunicarse. En el caso de bloquear al transmisor, toda la red que emplee este transmisor estará imposibilitada de comunicarse.

⁹ Basado en el Capítulo IV del Proyecto de Tesis “Modernización y Repotenciación de la Unidad Móvil de Guerra Electrónica Activa (JAMMING)”.

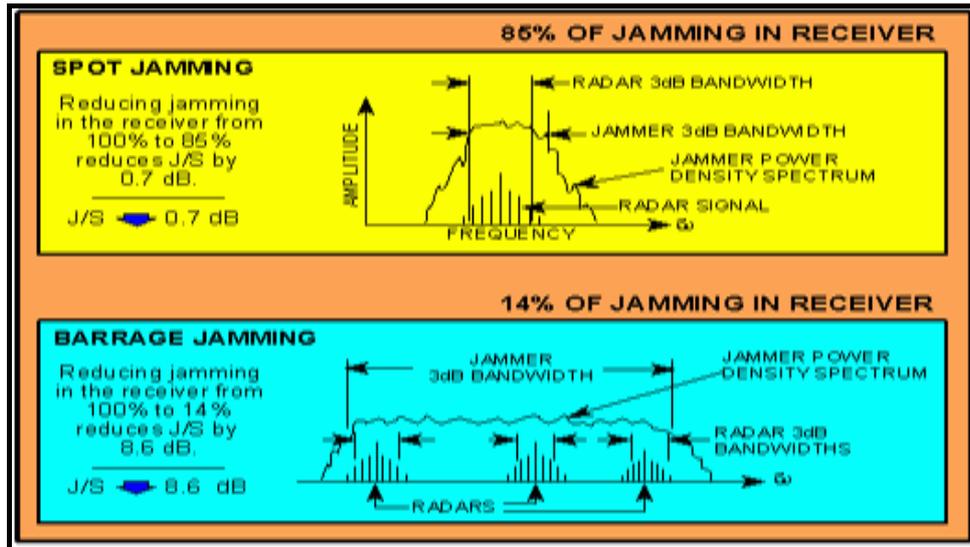


Figura 6.1 Ilustración de una Señal de Interferencia (Signal Jamming) en un Radar.

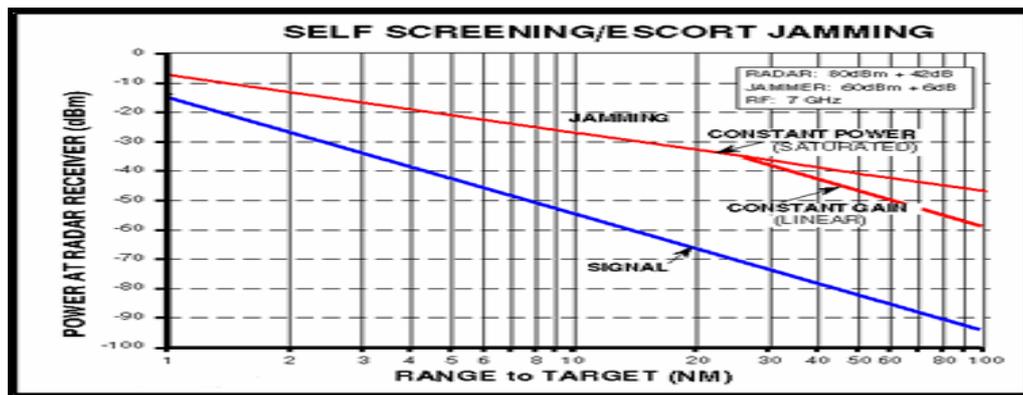


Figura 6.2 Ilustración de la Potencia de una Señal Jamming vs una Señal Normal

De manera general, la operación entre los Sistemas COMINT y JAMMING consiste en los siguientes aspectos:

- El sistema COMINT
 - Realiza la búsqueda e identificación de emisiones electromagnéticas.
 - Se dedica al control y escucha de operaciones.
 - Realiza la observación y registro de las observaciones importantes
 - Realiza la localización de direcciones de emisión de comunicaciones de interés.

- El sistema JAMMING
 - Su misión es interferir o bloquear parcial o totalmente el espectro de frecuencia, para lo cual utiliza amplificadores y antenas direccionales; tales equipos operan en función de la información proporcionada por el sistema COMINT.

La Fuerza Terrestre posee un vehículo de Guerra Electrónica en el cual se encuentra implementado un Sistema de JAMMING, por lo tanto, es necesario diseñar un Sistema de Comunicaciones entre los vehículos COMINT y JAMMING para que estén en capacidad de operar de manera conjunta y permita transmitir información recopilada por los dos vehículos, en la información que se compartirá en los dos vehículos será la posición, altura y estado de Operación, además, de esta manera se consigue evitar posibles anulaciones del un vehículo (JAMMING) al otro (COMINT).

6.3 DISEÑO DEL HARDWARE DE COMUNICACIÓN

6.3.1 Medio de transmisión

Cuando se piensa en comunicación de datos generalmente se piensa en comunicación a través de cable, debido a que la mayoría de nosotros tratamos con este tipo de tecnología en nuestro día a día. Haciendo a un lado las complicadas redes cableadas también tenemos la llamada comunicación inalámbrica muy comúnmente a nuestro alrededor.

La Comunicación de datos inalámbrica en las formas de microondas, enlaces de satélites, sistemas celulares, WiMAX, WLL, etc. son usados para transferir voz y datos a larga distancia. Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además son ampliamente utilizados para interconectar redes locales (LANs) con sus homólogas redes de área amplia (WANs) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos. Los enlaces vía satélite permiten no solo rebasar obstáculos físicos

sino que son capaces de comunicar continentes enteros, barcos, rebasando distancias sumamente grandes.

Los sistemas de satélites y de microondas utilizan frecuencias que están en el rango de los MHz y GHz, usualmente utilizan diferentes frecuencias para evitar interferencias pero comparten algunas bandas de frecuencias.

6.3.1.1 Comunicación Vía Microondas

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: El Transmisor, El receptor y El Canal Aéreo. El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, El Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitida es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de poder dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

Algunas de las ventajas debidas al uso de frecuencias en el rango de microondas son:

- Antenas relativamente pequeñas son efectivas.
- A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por ello la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas de embudo, además pueden ser reflejadas con reflectores pasivos.
- Otra ventaja es el ancho de banda, que va de 2 a 24 GHz.

Como todo en la vida, el uso de estas frecuencias también posee desventajas:

- Las frecuencias son susceptibles a un fenómeno llamado Disminución de Multicamino, lo que causa profundas disminuciones en el poder de las señales recibidas.
- A estas frecuencias las pérdidas ambientales se transforman en un factor importante, la absorción de poder causada por la lluvia puede afectar dramáticamente el desempeño del canal.

6.3.1.2 Comunicación por Satélite

Básicamente, los enlaces satelitales son iguales a los de microondas excepto que uno de los extremos de la conexión se encuentra en el espacio, como se había mencionado un factor limitante para la comunicación microondas es que tiene que existir una línea recta entre los dos puntos pero como la tierra es esférica esta línea se ve limitada en tamaño entonces, colocando sea el receptor o el transmisor en el espacio se cubre un área más grande de superficie.

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, la siguiente es una lista de algunas de estas ventajas:

- El costo de un satélite es independiente a la distancia que vaya a cubrir.
 - La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
 - Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.
-

- Grandes cantidades de ancho de banda están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, datos y vídeo sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Estas ventajas poseen sus contrapartes, alguna de ellas son:

- El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK esta alrededor de un cuarto de segundo, o de medio segundo para una señal de eco.
- La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
- Conexiones satelitales multiplexadas imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

Los satélites de comunicación están frecuentemente ubicados en lo que llamamos Orbitas Geosincronizadas, lo que significa que el satélite circulará la tierra a la misma velocidad en que esta rota lo que lo hace parecer inmóvil desde la tierra. Una ventaja de esto es que el satélite siempre está a la disposición para su uso.

Un satélite no puede retransmitir una señal a la misma frecuencia a la que es recibida, si esto ocurriese el satélite interferiría con la señal de la estación terrestre, por esto el satélite tiene que convertir la señal recibida de una frecuencia a otra antes de retransmitirla, para hacer esto lo hacemos con algo llamado "Transponders".

Al igual que los enlaces de microondas las señales transmitidas vía satélite son también degradadas por la distancia y las condiciones atmosféricas.

Otro punto que cabe destacar es que existen satélites que se encargan de regenerar la señal recibida antes de retransmitirla, pero estos solo pueden ser utilizados para señales digitales, mientras que los satélites que no lo hacen pueden trabajar con ambos tipos de señales (Análogas y Digitales).

Comparación entre enlaces por microondas y comunicaciones satelitales

En latitudes cercanas al Ecuador se han conseguido saltos entre repetidores de microonda de más de 120 km, dentro de las redes de transmisión digital de muchos países.

En sus primeras etapas utilizaron jerarquías plesiócronas (PDH), pero están ya evolucionando a la jerarquía síncrona SDH, con los interfaces eléctricos (STM-0e, STM-1e y en algunos casos hasta STM-4e) proporcionados por las microondas, marcando la gran importancia que tiene este medio de transmisión.

Los servicios a través de los sistemas satelitales han crecido mucho en nuestros países. Sistemas con terminales de apertura muy pequeña (VSAT o USAT) con la instalación de telepuertos en las principales ciudades. Sistemas satelitales regionales y domésticos apoyados inicialmente por Intelsat para servir a poblaciones rurales y periféricas. Los sistemas instalados por Panamsat en algunos bancos, compañías financieras y en organismos públicos, son una muestra del gran impulso dado a este medio de transmisión en Latinoamérica.

Las ventajas de los medios de transmisión convencionales, como los satelitales, son muchas, las principales: la amplia cobertura, muy conveniente para la difusión de Televisión y Radio; el costo del satélite independiente de la distancia entre la fuente y el destinatario de la información (1 km ó 5000 km cuestan lo mismo).

Sin embargo, el satélite solo es competitivo con la microonda para distancias superiores a 300 km.

6.3.1.3 WiMAX

WiMAX (del inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.MAN) proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base.

Las características de WiMAX son:

- Más alta productividad a rangos más distantes (hasta 50 km).
 - Mejor bits/segundo/HZ en distancias largas.
- Sistema escalable.
 - Fácil adición de canales maximiza las capacidades de las células.
 - Anchos de banda flexibles permiten usar espectros licenciados y exentos de licencia.
- Cobertura
 - Soporte de mallas basadas en estándares y antenas inteligentes.
 - Modulación adaptativa permite sacrificar ancho de banda a cambio de mayor rango de alcance.
- QoS (Quality of Service)
 - Grant/Request MAC permite vídeo y voz.
 - Servicios de nivel diferenciados: E1/T1 para negocios, mejor esfuerzo para uso doméstico.
- Coste y riesgo de investigación
 - El equipamiento interoperable permite a los operadores comprar equipamiento de más de un vendedor.
 - WiMAX-Certified

Una malla combinada de WiFi e implementación WiMAX, ofrece una solución más eficiente con base a costos que una implementación exclusiva de antena direccional de Wi-Fi o una malla de WiFi se conecta con backhaul protegido con alambre para abonados que quieren extender la red de área local o cubrir la última milla.

Las redes WiFi conducen la demanda para WiMAX aumentando la proliferación de acceso inalámbrico, aumentando la necesidad para soluciones del backhaul eficiente con base a costos y más rápida la última milla. WiMAX puede estar acostumbrado a agregar redes de Wi-Fi (como malla se conectan topologías y hotspots) y usuarios de Wi-Fi para el

backend, mientras WiMAX le ofrece un backhaul de gran distancia y solución de última milla.

La red ofrece un rango amplio de opciones inalámbricas de implementación para cubrir áreas grandes y de última milla. Lo mejor es que la solución varía de acuerdo a los modelos de uso, el tiempo de implementación, la posición geográfica y la aplicación de red (tanto en datos, VoIP y vídeo). Cada implementación puede estar hecha a la medida que mejor se adapte las necesidades de la red de usuarios. Los WiFi WLANs coexistirán con WiMAX. Las recomendaciones para las implementaciones:

- 802.16-2004 la aplicación se adapta en las áreas rurales.
- El intercambio de redes autorizadas de Wi-Fi trae consigo la posibilidad de un servicio inalámbrico barato para las áreas urbanas y suburbanas.
- WiMAX (802.16-2004) provee conectividad inalámbrica de banda ancha a las áreas más allá del alcance de la banda ancha tradicional (xDSL y T1) y permite el crecimiento de topología de Wi-Fi de la red de malla. Con la atención enfocada en WiMAX, es fácil de olvidarse de que Wi-Fi también evoluciona rápidamente. Las radios de Wi-Fi aparecen no sólo en computadoras portátiles y asistentes digitales personales (PDAs), sino también en equipos tan diversos como teléfonos móviles, cámaras y videoconsolas.

El IEEE 802.16 el estándar con revisiones específicas se ocupa de dos modelos de uso:

- Fijo
- Móvil

Fijo

El estándar del 802.16-2004 del IEEE (el cuál revisa y reemplaza versiones del IEEE del 802.16a y 802.16d) es diseñado para el acceso fijo que el uso modela. Este estándar puede ser al que se refirió como "fijo inalámbrico" porque usa una antena en la que se

coloca en el lugar estratégico del suscriptor. La antena se ubica generalmente en el techo de una habitación o en el mástil, parecido a un plato de la televisión del satélite. 802.16-2004 del IEEE también se ocupa de instalaciones interiores, en cuyo caso no necesita ser tan robusto como al aire libre. El estándar 802.16-2004 es una solución inalámbrica para acceso a Internet de banda ancha que provee una solución de clase interoperable de transportador para la última milla. WiMAX acceso fijo funciona desde 2.5-GHz autorizado, 3.5-GHz y 5.8-GHz exento de licencia. Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al módem cable y las líneas digitales de suscriptor de cualquier tipo (xDSL).

Móvil

El estándar del 802.16e del IEEE es una enmienda para la especificación de la base 802.16-2004 y le apunta al mercado móvil sumando portabilidad y la habilidad para clientes móviles con IEEE Los adaptadores del 802.16e para conectarse directamente al WiMAX enlazan en red del estándar. Se espera que el estándar 802.16e ha sido ratificado en 2005. El estándar del 802.16e usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), lo cual es similar a OFDM en que divide en las subportadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, se pasa un paso más allá para entonces agrupando subportadoras múltiples en subcanales. Una estación del cliente solo del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión, o los clientes múltiples podría transmitir con cada uno usando una porción del número total de subcanales simultáneamente. El estándar del 802.16-2004 del IEEE mejora última entrega de milla en varios aspectos cruciales:

- La interferencia del multicamino.
- El retraso difundido.
- La robustez.

La interferencia del multicamino y retraso mejora la actuación en situaciones donde no hay una línea de vista directo entre la estación base y la estación del suscriptor. El Control de Acceso a Medios emergente del 802.16-2004 es optimizado para enlaces de gran distancia porque es diseñado para tolerar retrasos más largos y variaciones de retraso. El 802.16 especificación acomoda mensajes de la gerencia de Control de Acceso a Medios que le permiten la estación base interrogar a los suscriptores, pero hay una cierta cantidad

de retraso de tiempo. El equipo WiMAX manejando en las bandas de frecuencia exentas en la licencia usará duplicación por división de tiempo (TDD); El equipo funcionando adentro las bandas de frecuencia autorizadas usará ya sea TDD o duplicación por división de frecuencia (FDD). El estándar del 802.16-2004 del IEEE usa a OFDM para la optimización de servicios inalámbricos de datos. Los sistemas basados en los estándares emergentes del 802.16-2004 del IEEE son el OFDM base sólo estandarizado, el área metropolitana inalámbrico enlaza en red (WMAN) plataformas. En caso de 802.16-2004, la señal OFDM está dividida en 256 transportadores en lugar de 64 al igual que con lo 802.11 estándar. Como previamente indicado, el mayor número de subportadoras sobre la misma banda da como resultado subportadoras más estrechas.

6.3.1.4 Wireless Local Loop (WLL)

El bucle local inalámbrico (Wireless local loop (WLL), radio in the loop (RITL), fixed-radio access (FRA) o fixed-wireless access (FWA) en inglés), es el uso de un enlace de comunicaciones inalámbricas como la conexión de "última milla" para ofrecer servicios de telefonía (POTS) e Internet de banda ancha a los usuarios.

Los operadores establecidos han implantado sus redes tras muchos años de despliegue de infraestructuras. La parte de la red que permite el acceso al abonado, lo que se conoce como "la última milla", se ha acometido tradicionalmente utilizando pares de cobre. Las liberalizaciones del mercado de las telecomunicaciones que han tenido lugar en los últimos años en muchos países y las nuevas licencias para operadores de servicios de telefonía fija, unido a la demanda de mayor ancho de banda, han sido los dos principales factores que han propiciado la aparición de nuevas tecnologías que optimicen el coste de "llegar" hasta el cliente.

Existe por tanto una necesidad de productos con los que el nuevo operador pueda acceder al usuario final con un despliegue rápido frente a los competidores y que garantice, no sólo los servicios clásicos de telefonía para POTS (Plain Old Telephone Service) sino también otros servicios más avanzados para Internet o telefonía digital como la [RDSI] (Red Digital de Servicios Integrados) ya sea BRA (Básico, dos canales) o PRA (Primario,

treinta canales), o servicios de datos a velocidades de Nx64Kbps, superiores a las que hasta ahora se ofertaban. La solución para no utilizar cable ya sea cobre, coaxial o fibra óptica y evitar que se ralentice el despliegue de una Red de Acceso es utilizar un sistema vía radio aunque tampoco está exento de dificultades como la accesibilidad a las frecuencias por saturación del espectro, la instalación de torres de antenas en ciudades, o la consecución permisos de instalación en azoteas e interior de inmuebles.

Es habitual oír hablar de WLL "Wireless Local Loop" o bucle de abonado sin hilos, englobando en este concepto otros sistemas de mayor capacidad como los de Acceso Radio Punto-Multipunto de Banda Ancha. En realidad es una cuestión de la capacidad de transmisión y no hay un límite oficial para separar unos de otros, podemos diferenciar como sistemas WLL aquellos que no alcanzan la capacidad de 2 Mbps por enlace.

Técnicamente se trata de utilizar una red de Estaciones Base que concentran el tráfico que le envían mediante radioenlaces los diferentes terminales instalados en los abonados.

Las Estaciones Base llevan dicho tráfico hasta la central de conmutación a través de las Redes de Transporte ya sea por fibra óptica o radioenlace.

Las plataformas WLL se pueden clasificar, según la tecnología que utilizan: aquellas que se basan en protocolos analógicos móviles, con la desventaja de tener limitaciones para servicios avanzados, las basadas en protocolos digitales móviles, GSM, TDMA, CDMA, las basadas en inalámbricos como DECT, CT-2, y, por último y de forma mucho más minoritaria y menos difundida, las soluciones propietarias de algunos fabricantes.

Otra tecnología avanzada de gran ancho de banda es la conocida como LMDS (Local Multipoint Distribution Service, léase parte 1) para dar servicio principalmente a empresas y con posibilidad de servicios como el Video on Demand (video bajo demanda) ofreciendo capacidades superiores a los 2Mbps por abonado. Se basa en tecnologías de alta frecuencia (entre 28 y 40 GHz) y que por tanto requieren visión directa entre la Estación base y la terminal del usuario. Existen diversos operadores de bucle inalámbrico en España, como es

el caso de Iberbanda, que ofrece telefonía y acceso a Internet de Banda ancha y está siendo fomentada por diversas Administraciones, como la Junta de Andalucía para el acceso a internet de banda ancha para usuarios residenciales y empresariales en el medio rural y montañoso.

Los nuevos operadores deben escoger el tipo de tecnología más adecuado en términos de costes para cada uno de los escenarios que se decidan a atacar, teniendo en cuenta la penetración que esperan conseguir, la densidad de población y otras consideraciones como las geográficas. Los costes del despliegue de la red son un factor importante a tener en cuenta, pero también lo son los costes de operación y mantenimiento de la misma, así como la competencia del cable, ADSL y satélite. Aplicaciones.

El bajo nivel de penetración de servicios básicos de telecomunicaciones, en zonas rurales y aplicando una de las tecnología para resolver el problema de interconexión en áreas rurales es la utilización de Wlan con la tecnología de Wifi , Wi-Fi utiliza la tecnología de radio denominada IEEE 802.11b o 802.11a ofreciendo seguridad, fiabilidad, y conectividad tanto entre equipos inalámbricos como en redes con hilos (utilizando IEEE 802.3 o Ethernet). Como se describe en la Figura 2-4, las redes Wi-Fi operan en las bandas de 2.4 y 5 GHz (no es necesario disponer de licencia), con una velocidad de 11Mbps (802.11b) o 54Mbps (802. 11a), ofreciendo un funcionamiento similar al de una red Ethernet. Aunque lo más probable es que los equipos de diferentes fabricantes que cumplan técnicamente los mismos estándares sean compatibles, el certificado Wi-Fi asegura que no presentan ningún tipo de incidencias al trabajar conjuntamente en una red. Los aspectos que debe cubrir un equipo para obtener el certificado Wi-Fi son: Diversas pruebas para comprobar que sigue el estándar Wi-Fi. Pruebas rigurosas de compatibilidad para asegurar la conexión con cualquier otro producto con certificado Wi-Fi y en cualquier espacio (casa, oficina, aeropuerto, etc.) equipado con un acceso Wi-Fi.

Por otra parte las LAN inalámbricas están sujetas a la certificación de equipo y los requisitos operativos establecidos por las administraciones reguladoras regionales y nacionales. Eso quiere decir que no podemos utilizar un equipo 802.11 homologado en EE.UU en Europa, ni podemos modificar nuestro equipo, tanto internamente como externamente al añadirle una antena, ni aunque esta antena sea comercial. Estas frecuencias

podrán ser utilizadas en redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en interior de edificios.

6.3.1.5 Sistemas Celulares

La telefonía celular, también llamada telefonía móvil, básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía celular) y los terminales (o teléfonos celulares) que permiten el acceso a dicha red.

La red de telefonía móvil o celular consiste en un sistema telefónico en el que mediante la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (estaciones base) y una serie de centrales telefónicas de conmutación, se posibilita la comunicación entre terminales telefónicos portátiles (teléfonos móviles) o entre terminales portátiles y teléfonos de la red fija tradicional.

El empleo de la palabra celular referido a la telefonía móvil, deriva del hecho de que las estaciones base, que enlazan vía radio los teléfonos móviles con los controladores de estaciones base, están dispuestas en forma de una malla, formando células o celdas (teóricamente como un panal de abejas). Así, cada estación base está situada en un nudo de estas células y tiene asignado un grupo de frecuencias de transmisión y recepción propio. Como el número de frecuencias es limitado, con esta disposición es posible reutilizar las mismas frecuencias en otras células, siempre que no sean adyacentes, para evitar interferencia entre ellas.

Básicamente existen dos tipos de redes de sistemas celulares:

- **Red de telefonía móvil analógica (TDMA).** Como su propio nombre indica, en esta red la comunicación se realiza mediante señales vocales analógicas tanto en el tramo radioeléctrico como en el terrestre. En su primera versión funcionó en la banda radioeléctrica de los 450 MHz, trabajando posteriormente en la banda de los 900 MHz.

- **Red de telefonía móvil digital.** En esta red la comunicación se realiza mediante señales digitales, lo que permite optimizar tanto el aprovechamiento de las bandas de radiofrecuencia como la calidad de transmisión. Su exponente más significativo en el ámbito público es el estándar GSM y su tercera generación, UMTS. Funciona en las bandas de 850/900 y 1800/1900 MHz. En 2004 llegó a los 1000 millones de usuarios. Hay otro estándar digital, presente en América y Asia, denominado CDMA. En el ámbito privado y de servicios de emergencias como policía, bomberos y servicios de ambulancias se utilizan los estándares Tetrapol y TERrestrial Trunked RAdio (TETRA) en diferentes bandas de frecuencia.

El avance de la tecnología ha hecho que los teléfonos celulares incorporen funciones que no hace mucho parecían futuristas, como juegos, reproducción de música MP3, correo electrónico, SMS, agenda electrónica PDA, fotografía digital y navegación por Internet. Las compañías operadoras de telefonía celular ya están pensando nuevas aplicaciones para este pequeño aparato que nos acompaña a todas partes. Algunas de esas ideas son: medio de pago, localizador e identificador de personas.

Actualmente comienzan a aparecer módems externos USB que conectan a Internet utilizando la red de telefonía móvil. No obstante, algunos sistemas tarifarios son obsoletos, ya que se cobra por cantidad de información emitida o recibida, en vez de utilizar una auténtica tarifa plana.

6.3.2 Alcance del Enlace

6.3.2.1 Redes punto a punto

Las redes punto a punto son aquellas en las que se usa cada canal de datos para comunicar únicamente a 2 nodos, en contraposición a las redes multipunto, en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos.

En una red punto a punto, los dispositivos en red actúan como socios iguales, o pares entre sí. Como pares, cada dispositivo puede tomar el rol de esclavo o la función de maestro. En un momento, el dispositivo A, por ejemplo, puede tomar una solicitud de un mensaje / dato del dispositivo B, al que responde enviando el mensaje / dato al dispositivo A. El dispositivo A funciona como esclavo, mientras que B funciona como maestro. Un momento después los dispositivos A y B pueden revertir los roles: B, como esclavo, hace una solicitud a A, y A, como maestro, responde a la solicitud de B. A y B permanecen en una relación recíproca o par entre ellos.

Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar. Su eficiencia decrece rápidamente a medida que la cantidad de dispositivos en la red aumenta.

Los enlaces que interconectan los nodos de una red punto a punto se pueden clasificar en tres tipos según el sentido de las comunicaciones que transportan:

Simplex.- La transacción sólo se efectúa en un solo sentido.

Semi-dúplex.- La transacción se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa.

Dúplex.- La transacción se puede llevar a cabo en ambos sentidos simultáneamente.

Cuando la velocidad de los enlaces Semi-dúplex y Dúplex es la misma en ambos sentidos, se dice que es un enlace simétrico, en caso contrario se dice que es un enlace asimétrico.

6.3.2.2 Redes multipunto

Se denominan redes multipunto a aquellas en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos. Este tipo de comunicación se empleará en caso de querer transmitir la información de las unidades móviles a un centro de gestión remoto.

6.3.3 Banda de Frecuencias

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia y longitud de onda. El conjunto de todas las frecuencias se denomina espectro.

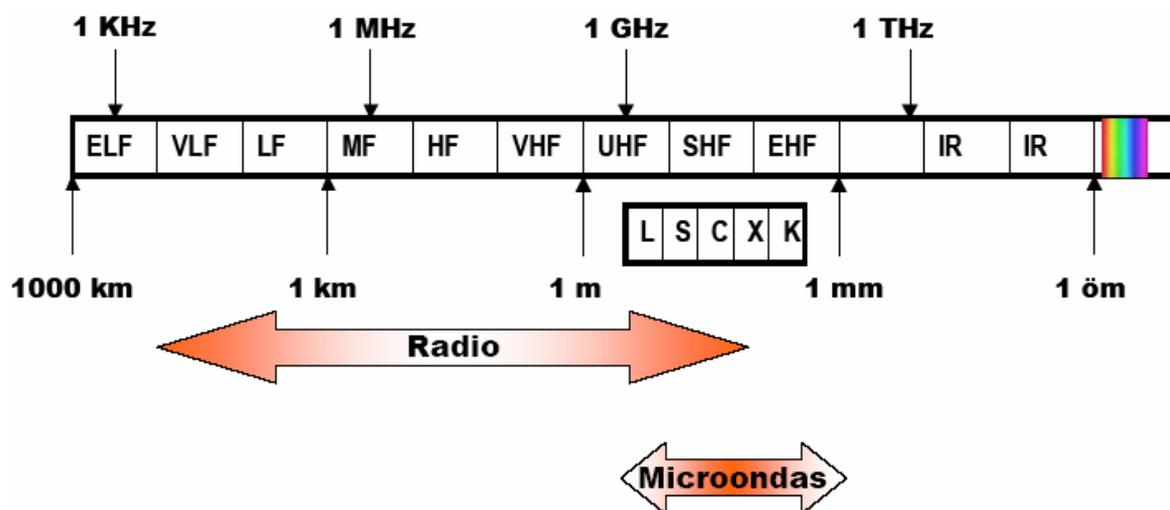


Figura 6.3 Espectro de Frecuencias

Las ondas se clasifican por bandas. Las denominaciones de las bandas de frecuencia se pueden realizar por décadas, como por ejemplo MF, HF, VHF, UHF.

Tabla 6.1 Bandas de Frecuencias

Banda	Denominación	frec. mínima	frec. máxima	λ máxima	λ mínima
ELF	Extremely Low Frequency	-	3 kHz	-	100 km
VLF	Very Low Frequency	3 kHz	30kHz	100 km	10 km
LF	Low Frequency	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	Medium Frequency	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	High Frequency	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	Very High Frequency	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	Ultra High Frequency	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	Super High Frequency	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	Extremely High Frequency	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

6.3.3.1 Características de la Banda HF

HF, del inglés High Frequency, son las siglas utilizadas para referirse a la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz.

En esta banda, también conocida como Onda Corta, se produce la propagación por onda ionosférica con variaciones según la estación del año y la hora del día.

Se distinguen: entre 14 y 30 MHz las bandas altas o bandas diurnas, y entre 3 y 14 MHz las bandas bajas o nocturnas. La banda de 14 MHz presenta características comunes a ambas.

Las bandas nocturnas son bandas cuya propagación es mejor durante la noche.

Las bandas diurnas son bandas que, debido a la física de la ionosfera, tienen una mejor propagación de día que de noche.

La estación del año influye no sólo en la duración respectiva del día y de la noche. También influye en la llamada propagación en zona gris, que permite aprovechar una buena propagación durante algunos minutos entre zonas que comparten la misma hora solar de amanecer o puesta del sol.

Los radioaficionados cuentan con varias bandas en HF: las de 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24 y 28 MHz, que corresponden a las bandas de 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 y 10 metros respectivamente.

Además de frecuencias reservadas a las fuerzas de seguridad y de defensa, a las transmisiones de onda corta, a los radioaficionados, existen otras mucho menos conocidas.

Por ejemplo, algunas frecuencias han sido reservadas para los aviones de línea como frecuencias secundarias cuando atraviesan los océanos; otras han sido reservadas para teléfonos inalámbricos, dispositivos de control remoto e incluso para la Banda Ciudadana o CB.

6.3.3.2 Características de la Banda VHF

VHF: Very High Frequency. Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30MHz a 300MHz.

En esta banda se produce generalmente la propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1dB si existe despejamiento en la primera zona de Fresnel. Las antenas utilizadas en los sistemas que operan en esta banda suelen ser el monopolo, el dipolo o las antenas Yagi.

Cuando la propagación es favorable, es posible recibir señales VHF a distancias inusitadas. Por ejemplo, es posible recibir canales de televisión de Montevideo desde Buenos Aires, a casi 400 km de distancia. En la banda de radioaficionados de 6m, cuando la propagación es favorable es posible contactar estaciones a miles de kilómetros alrededor de 52 MHz.

A partir de los 50 MHz encontramos frecuencias asignadas, según los países, a la televisión comercial; son los canales llamados "bajos" del 2 al 13. También hay canales de televisión en UHF.

Entre los 88 y los 108 MHz encontramos frecuencias asignadas a los radios comerciales en Frecuencia Modulada o FM. Se la llama "FM de banda ancha" porque para que el sonido tenga buena calidad, es preciso aumentar el ancho de banda.

En 137 MHz encontramos señales de satélites meteorológicos.

Entre 144 y 146 MHz, incluso 148 MHz en la Región 2, encontramos las frecuencias de la banda de 2m de Radioaficionados.

Por encima de esa frecuencia encontramos otros servicios como bomberos, ambulancias y radio-taxis.

6.3.3.3 Características de la Banda UHF

UHF (siglas del inglés: Ultra High Frequency, Frecuencia Ultra Alta) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300MHz a 3GHz. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1dB si existe despejamiento de la primera zona de Fresnel.

Entre los principales sistemas que trabajan en UHF tenemos:

- Televisión: Uno de los servicios UHF más conocidos por el público son los canales de televisión tanto locales como nacionales.
- Radioenlaces
- Telefonía móvil
- Radar

6.3.4 Protocolo de comunicaciones TCP/IP

TCP/IP facilita el intercambio de información independientemente de la tecnología y el tipo de subredes a atravesar, proporcionando una comunicación transparente a través de sistemas heterogéneos. Este protocolo define cuatro capas que se describen a continuación:

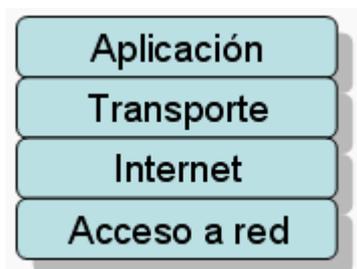


Figura 6.4 Capas del Protocolo TCP/IP

6.3.4.1 Capa de acceso a red

Esta capa también se denomina capa de host a red. Es la capa que se ocupa de todos los aspectos que requiere un paquete IP para realizar realmente un enlace físico y luego realizar otro enlace físico. Esta capa incluye los detalles de tecnología LAN y WAN y todos los detalles de la capa física y de enlace de datos del modelo OSI

6.3.4.2 Capa Internet (IP)

En situaciones en las que los dos dispositivos estén conectados a redes diferentes, se necesitarán una serie de procedimientos para permitir que los datos atraviesen las diferentes redes interconectadas. Esta será la función de esta capa.

El protocolo Internet (IP "Internet Protocol") se utiliza en esta capa para ofrecer el servicio de encaminamiento a través de varias redes.

6.3.4.3 Capa de origen-destino o de transporte (TCP)

Sería deseable asegurar que todos los datos lleguen a la aplicación destino y en el mismo orden en el que fueron enviados. Los mecanismos necesarios para ofrecer la seguridad son esenciales, independientemente de la naturaleza de la aplicación. El protocolo TCP ("Transmission Control Protocol") es el más utilizado para proporcionar estas funciones.

6.3.4.4 Capa de aplicación

Contiene toda la lógica necesaria para llevar a cabo las aplicaciones de usuario. Para cada tipo específico de aplicación, como es por ejemplo la transferencia de un fichero, se necesitará un módulo particular dentro de esta capa.

6.3.5 Propuesta de Diseño

Existen disponibles tecnologías alámbricas e inalámbricas para realizar la comunicación requerida. Sin embargo, las características de funcionamiento, operación y movilidad de los Sistemas de Guerra Electrónica demandan tener una comunicación inalámbrica.

La propuesta es diseñar un enlace punto-punto entre los vehículos, utilizando radios de aplicación militar, los cuales emplean técnicas de encriptación para proporcionar seguridad a la transmisión de la información. Se toma como consideración que los vehículos se encontrarán separados en un rango entre 5 y 10 km, como se ilustra en la siguiente figura:



Figura 6.5 Rango de distancias durante el desarrollo de operaciones entre las unidades móviles COMINT y JAMMING

Los Sistemas de Comunicación militar operan en las bandas de HF y VHF/UHF. En este punto cabe indicar que los sistemas que trabajan en las bandas VHF/UHF requerirán que exista línea de vista entre los vehículos para que puedan comunicarse, mientras que los sistemas que funcionan en HF no requieren línea de vista. Por lo tanto, consideramos utilizar equipos que operen en la banda de HF y VHF.

El protocolo para la transmisión de datos entre los ordenadores de cada unidad móvil y su respectivo equipo de comunicaciones (transmisor/receptor) de preferencia deber ser tcp/ip, porque es un estándar que proporciona muchas características útiles, entre ellas escalabilidad, y actualmente se constituye en la arquitectura más adoptada para la interconexión de sistemas.

El sistema de comunicaciones entre los vehículos, como requisito mínimo necesita transmitir los siguientes datos desde COMINT hasta JAMMING y viceversa:

- Ubicación Geográfica del vehículo (Latitud y Longitud).
- Ángulo respecto al norte de la dirección de arribo de la señal de interés (Direction Finding).
- Frecuencia de la señal de interés.

Se propone que la trama a transmitirse se genere como tipo de dato cadena de caracteres dentro del software desarrollado para este presente proyecto en la plataforma Visual Basic 2005. Una cadena de caracteres puede entenderse como una matriz unidimensional de elementos de tipo Char. En Visual Basic 2005 el tipo Char es utilizado para declarar datos enteros en el rango 0 a 65535, es decir, **cada caracter ocupa 2 bytes**.

El formato de trama para transmitir la información es el siguiente:

- 1 Caracter de inicio de trama
- 12 Caracteres para ubicación geográfica
- 1 Caracter separador
- 3 Caracteres para ángulo de arribo
- 1 Caracter separador
- 4 Caracteres para frecuencia (ingresada en MHz)
- 1 Caracter de fin de trama

Total Trama: 23 Caracteres

Como cada carácter ocupa 2 bytes, se tiene una trama de datos de 46 bytes o 368 bits. Por lo tanto, sin considerar la codificación de canal y las técnicas de modulación empleadas por el equipo transmisor, se requiere una tasa de transmisión de 368 bps.

Adicionalmente se plantea como requisito la transmisión de voz. Existen equipos de comunicaciones que permiten realizar una llamada con velocidad de 9.6 kbps. Lógicamente si se adquiere un equipo con mayor velocidad de transmisión (p ej: > 64 kbps) se tendrán mayores prestaciones, siendo posible incluso transmitir video en tiempo real.

6.3.6 Sistemas de Radio definidos por software

Desde hace algún tiempo los medios militares de comunicaciones han sido sometidos a cambios radicales sin precedentes. En el pasado, el avance en comunicaciones siempre fue realizado paso a paso. En términos de cantidad, los medios de comunicaciones fueron desarrollados para lograr un aumento de velocidad en los canales de transmisión, siempre con seres humanos como comunicadores, quienes transmitían un mensaje específicamente de un lugar a otro.

Hoy en día, la tecnología disponible en el área civil básicamente permite recibir cualquier información en cualquier parte del mundo sin asistencia humana y comunicarse con cualquier red de abonados virtualmente sin retardo; el desarrollo del Internet significa un aumento en calidad y cantidad de comunicaciones. Si este tipo de comunicaciones es usado para propósitos militares, se abren posibilidades completamente nuevas.

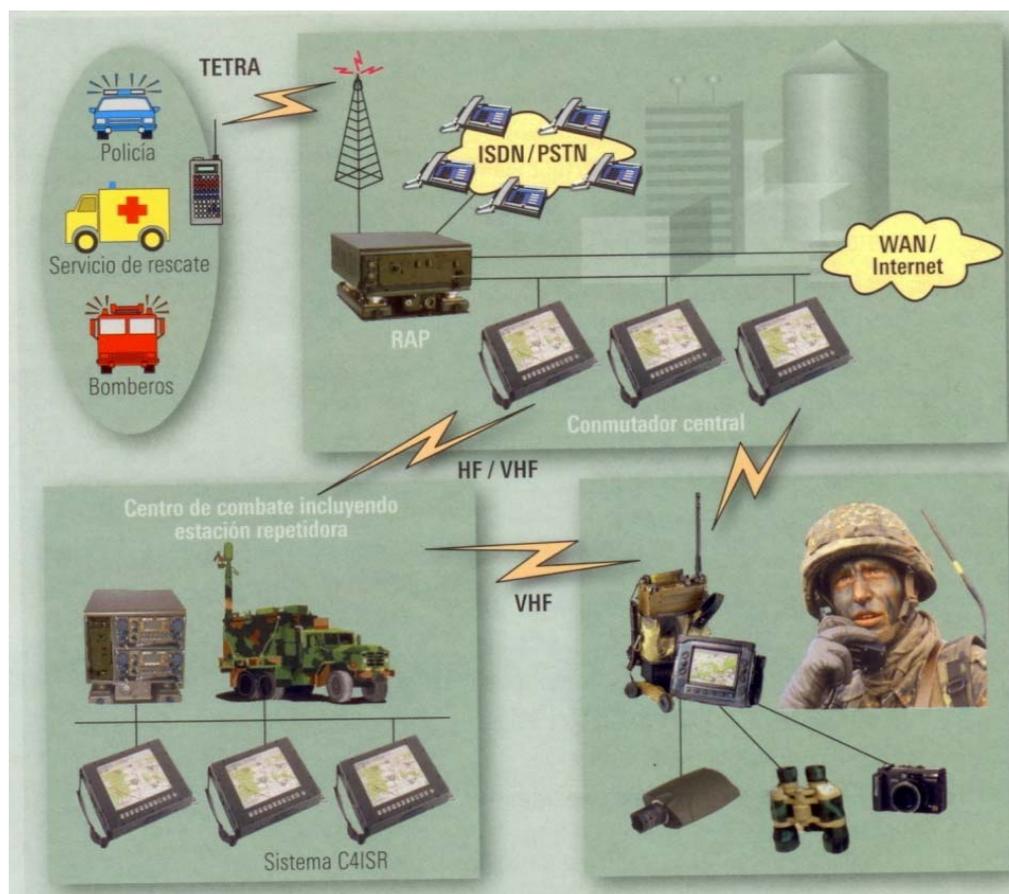


Figura 6.6 Transformación de Redes Convencionales de Radio en Redes Multimediales de Radio

Conceptos de guerra modernos, centrados en redes, proporcionan información apropiada y sin retardo, en el momento requerido. Sistemas de comunicaciones adecuados para estos propósitos están desarrollándose actualmente en forma intensa; ellos deben satisfacer requerimientos exigentes, tales como:

- Alta movilidad
- Máxima interoperabilidad.
- Transparencia de red.
- Acceso universal.
- Independencia de la infraestructura.

6.3.6.1 Radiocomunicaciones Tácticas basadas en IP

La radio táctica está basada en canales con un ancho de banda de 25 KHz actualmente, que normalmente permiten transmisión de 16 Kbps bruto, con FEC hasta 9.6 Kbps. El MODEM de datos rápidos R&S M3TR, que más adelante se propone como equipo seleccionado, permite incluso 64 kbit/s en un canal de 25 KHz.

6.3.6.2 Tasas altas de datos cobran su tributo

Cuando señales de radio son distribuidas a lo largo de la superficie terrestre, transceptores con altas velocidades de transmisión de datos y grandes anchos de banda de señal, están sujetos a las siguientes restricciones:

- Para asegurar un uso efectivo, se recomienda una gama de frecuencias más alta (255 MHz hasta 2 GHz o más). Sin embargo, el alcance R de señales de radio decrece en la medida que aumenta la frecuencia, como se muestra en la ecuación 6.1:

$$R \approx \frac{1}{c\sqrt{f}} \quad (\text{donde } c \approx 2) \quad (6.1)$$

Donde:

R: Alcance

f: Frecuencia

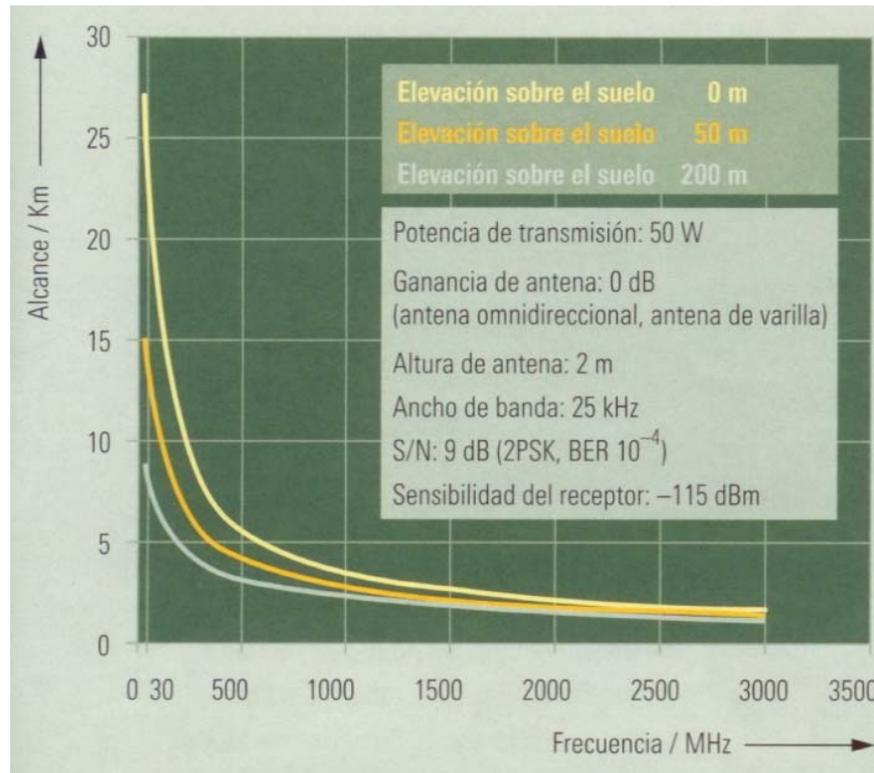


Figura 6.7 Alcance de señales de radio en función de la frecuencia

- Un aumento de potencia de transmisión amplía este alcance solo en forma marginal, como se muestra en la ecuación 6.2:

$$R \approx \sqrt[3]{P} \quad (6.2)$$

Donde:

R: Alcance

P: Potencia de Transmisión.

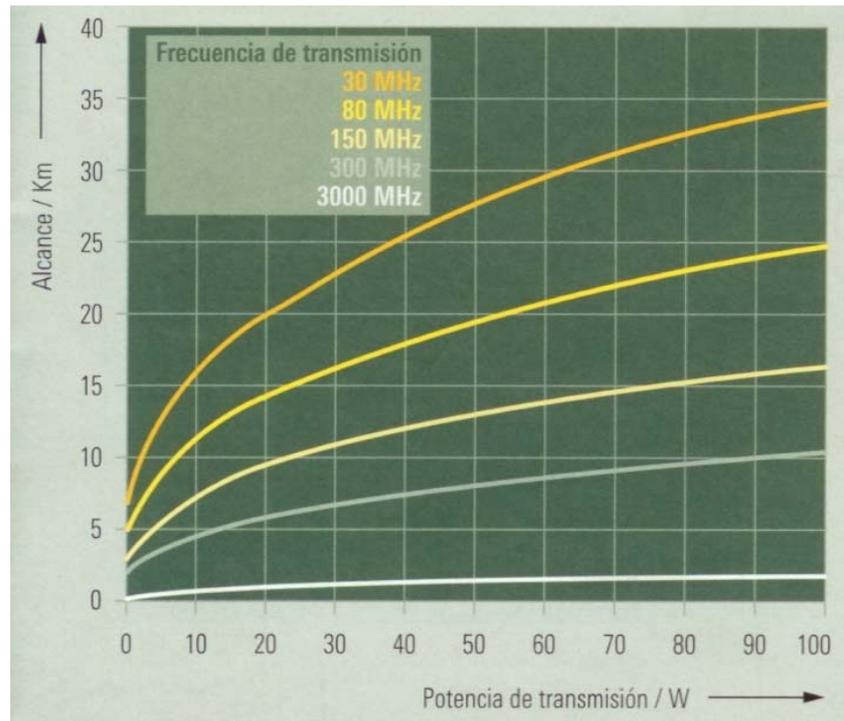


Figura 6.8 Alcance de señales de radio en función de la potencia de transmisión

- El ancho de banda requerido es proporcional a la tasa de datos solicitada, como se muestra en la ecuación 6.3. Sin embargo, el alcance disminuye al aumentar el ancho de banda, lo que se muestra en la ecuación 6.4:

$$B_{HF} \propto r_{bit} \quad (6.3)$$

Donde:

B_{HF} : Ancho de Banda

r_{bit} : Velocidad de Transmisión de Datos

$$R \propto \frac{1}{\sqrt[3]{B_{HF}}} \quad (\text{Donde } c \approx 3) \quad (6.4)$$

Donde:

R: Alcance

B_{HF} : Ancho de Banda

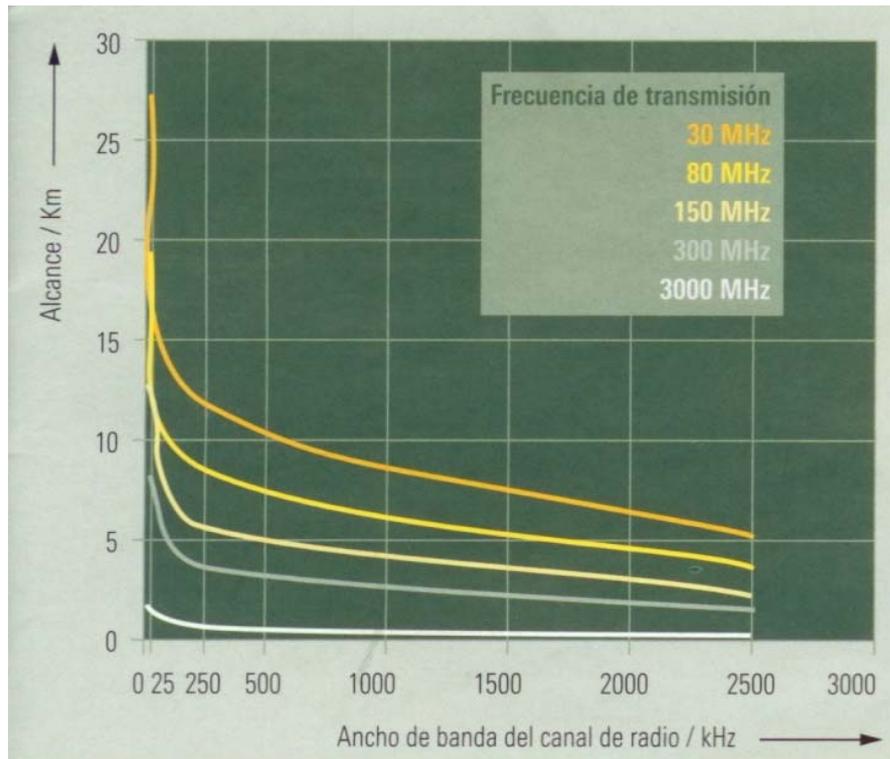


Figura 6.9 Alcance en función del ancho de banda del canal de radio a 50 W de potencia de transmisión

Como resultado, por ejemplo, un aumento en la tasa de datos de 16 Kbit/s a 1,6 MBit/s reduce el alcance en un factor de 4.64. Dado que anchos de banda grandes normalmente requieren frecuencias de transmisión más altas, hay que considerar una reducción adicional de alcance.

- Modos de modulación de orden alto requieren relaciones altas SNR (Relación Señal a Ruido), obteniéndose así un alcance menor para la misma potencia de transmisión.
- La cantidad de transceptores (N_T) requerida para la cobertura de radio depende fuertemente del alcance, como se muestra en la ecuación (6.5) y en la figura 6.10:

$$N_T \approx 2 \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \quad (6.5)$$

Donde:

N_T : Cantidad de transceptores

R: Alcance

R_0 : Alcance Inicial

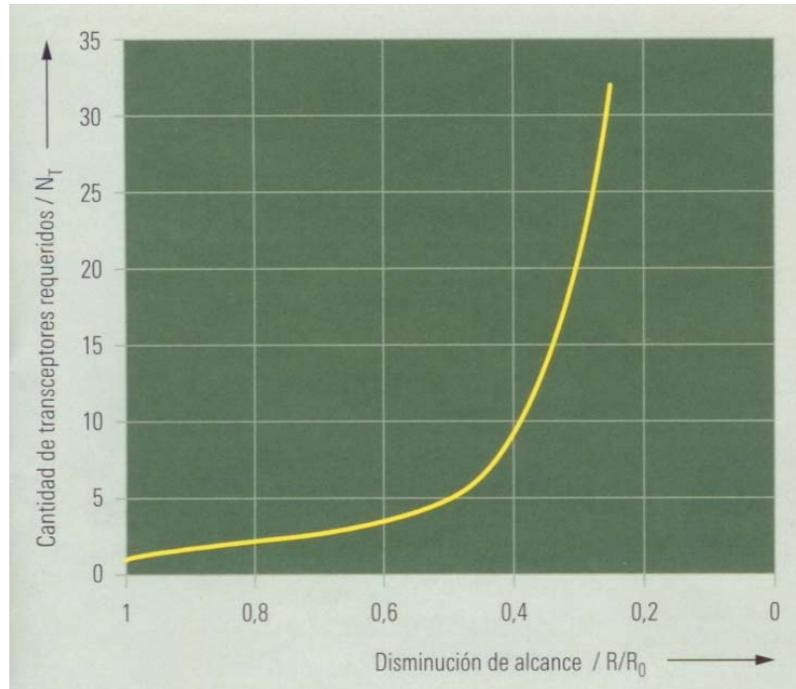


Figura 6.10 Cantidad de transceptores requeridos adicionalmente para cobertura idéntica de radio al disminuir el alcance.

Esto tiene numerosas consecuencias tales como:

- Aumento de esfuerzo técnico y de organización dentro de la red.
- Aumento de la carga de la red para enrutamiento y actualización.
- Aumento de la carga de la red debido a la transmisión de paquetes.
- Aumento de costos de equipos/sistema.

La figura 6.11, muestra un ejemplo de la cantidad de transceptores requeridos si la tasa de datos se aumenta de 16 Kbit/s a 1.6 MBit/s a una frecuencia de transmisión de 300 MHz, lo que implicaría que el alcance se reduzca a un cuarto. Como se puede observar en vez de un transceptor se necesitan 33 para lograr cobertura total.

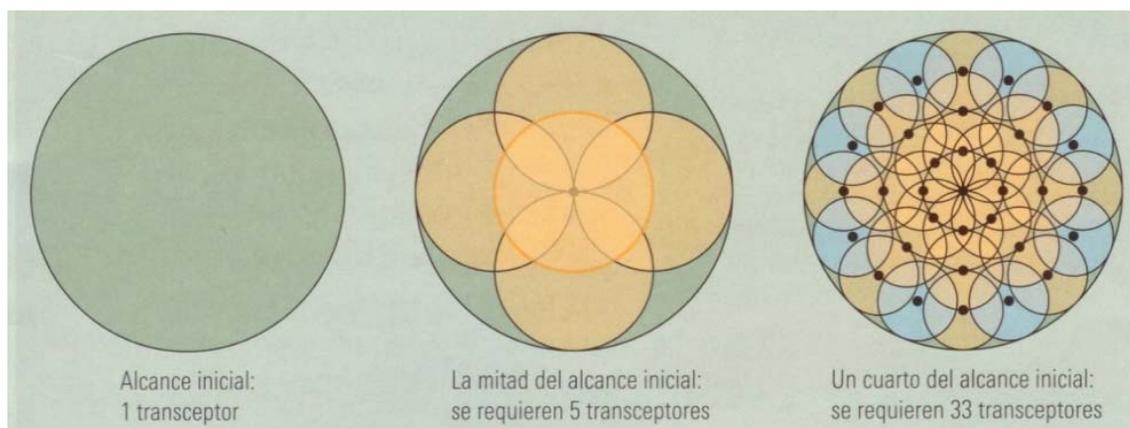


Figura 6.11 Transceptores requeridos para cubrir un área con alcances variables

Al considerar el argumento que un alcance reducido de transceptores de alta velocidad de transmisión de datos puede compensarse configurando una red con ellos, debe considerarse la cobertura de radio como una función de alcance. A un décimo del alcance se requieren 200 estaciones de radio en vez de una sola estación. Esto no solo aumenta la cantidad de transceptores requerida para cubrir el área; usualmente, también aumentan los costos de comunicación para organizar la red de radio. Además, la cantidad de nodos de red, que deben transmitir los paquetes, aumentan, y así también la carga de la red.

A pesar de que es posible ampliar el alcance de sistemas de banda ancha mediante estas medidas técnicas, las mismas solo hacen la red de comunicaciones más elaborada, más cara y más susceptible a interferencias.

6.3.7 Selección de equipos

6.3.7.1 Harris RF-5800H (Sistema de Radio HF-VHF avanzado)



Figura 6.12 Radio Harris RF-5800H

El RF-5800H forma parte de la familia de sistemas de radios multibanda FALCON II. Es una radio HF-SSB/VHF-FM que ofrece comunicaciones tácticas confiables a través de un rendimiento mejorado de seguridad de voz y datos, redes y vida útil de su batería. El rango de frecuencia extendida del transceptor (a 60 MHz) provee seguridad de voz CVSD FSK a 16 kbps y datos en la banda VHF a más de su capacidad de HF. Es como tener dos radios en un solo paquete compacto.

Las altas velocidades de datos, hasta 9600 bps (HF) y los modos ARQ seleccionables reducen el tiempo de transmisión en el aire y mejoran la transmisión de datos con seguridad para optimizar la confiabilidad de las comunicaciones y rendimiento general. La combinación de voz digital robusta (MELP, LPC-10) y modem de datos de tono serial le permiten funcionar en canales de comunicaciones imperfectos. El RF-5800H incluye un modo de voz de último recurso que transmite voz digital utilizando formas de onda 3G ultra-robustas para operar en canales donde no funciona ningún otro tipo de forma de onda.

Una forma de onda CCME de tono serial con filtrado de excisión basado en procesamiento digital de señales (DSP) y un vocoder de 600 bps se combinan para proveer comunicaciones en HF confiables y con seguridad en presencia de bloqueo. El modo CCME soporta seguridad de voz digital, datos de 75 a 2400 bps y modo ARQ.

Incluye la más reciente Automatización de Enlace en HF de tercera generación STANAG 4538, proveyendo ALE de alto rendimiento y protocolos de enlace de datos, permitiendo enlace superior y transferencia de datos libres de error.

El generador de Encriptación Harris Citadel® ASIC proporciona encriptación de datos a alta velocidad y voz digital utilizando un algoritmo estándar de Harris o un algoritmo propio de usuario.

La opción de receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) interno proporciona información de ubicación local y Reporte Automático de Ubicación (APR). Esta característica permite que la radio sea utilizada en los sistemas de Conocimiento Situacional sin PCs conectados a las radios remotas. Los datos de tiempo exacto del GPS pueden ser utilizados para la sincronización de CCME y ALE avanzado.

La capacidad de telefonía integrada permite al operador hacer y recibir llamadas de teléfono utilizando el teclado de la radio cuando ésta se utiliza con el Concentrador de Acceso a Red Táctica RF-6010.

La capacidad de datos y las características opcionales de manejo de redes del RF-5800H utilizan los protocolos estándar de la industria basados en IP para proveer comunicaciones rápidas, sencillas y directas, permitiendo fácil configuración y mantenimiento de las redes tácticas.

La unidad desmontable de Teclado/Pantalla permite fácil acceso a los controles para operación móvil.

Tabla 6.2 Especificaciones del Radio Harris RF-5800H

Radio Harris RF-5800H	
General	
Rango de Frecuencia	1.6 a 59.999 MHz
Impedancia de Entrada/Salida de RF	50 ohmios
Interfaz de Datos	Sincrónico o asincrónico (RS-232C; MIL-188-

	114A)
Dimensiones (con portabaterías)	26,7 ancho x 8,1 alto x 34.3 cm profundidad
Peso del Radio	10 lb (4,5 kg) sin baterías
Receptor	
Sensibilidad SSB	-113 dBm (0.5 uV) para 10 dB de SINAD
Rechazo de FI	Mayor a 80 dB
Control Automático de Ganancia (AGC)	Dependiente del modo, seleccionado automáticamente
Transmisor	
Potencia de Salida	1, 5, 20 W
Entrada de Audio	1.5 mV a 150 Ω o 0 dBm a 600 Ω para salida a plena carga
Supresión de portadora	Mayor a 60 dB por debajo de la salida de PEP (modo J3E)
Supresión de banda lateral no deseada	Mayor a 60 dB por debajo de la salida de PEP
Condiciones ambientales	
Vibración	Táctico en tierra
Temperatura de operación	-40 °C a 70 °C
Características	
Datos encriptados	HF: MIL-STD-188-1108 (9600 bps y 12800 bps sin codificación). VHF: FSK (16 Kbps)
Establecimiento automático del enlace (ALE)	STANAG 4538 FLSU, MIL-STD-188-141B
Configuración del Sistema	
RF-5800H-025	Encriptación Digital: Citadel
RF-5800H-026	Encriptación Digital: Citadel; GPS: Interno
RF-5800H-035	Encriptación Digital: Citadel, Datotek
RF-5800H-036	Encriptación Digital: Citadel, Datotek; GPS: Interno

Para utilizar el radio Harris RF-5800H en vehículos, el fabricante recomienda utilizar la antena que se describe a continuación:

6.3.7.1.1 Antena vehicular Harris RF-387-AT002

La antena vehicular de látigo RF-387-AT002 está diseñada para funcionar con el radio RF-5800H.



Figura 6.13 Antena Harris RF-387-AT002

Tabla 6.3 Especificaciones de la antena Harris RF-387-AT002

Rango de Frecuencia	30 – 108 MHz
VSWR	< 3.5
Impedancia normal	50 Ω
Potencia promedio	100 W
Ganancia	-4 dB a +1 dB
Patrón de radiación	Omnidireccional
Polarización	Vertical
Conector	BNC
Longitud	3.3 m
Peso	4.4 kg (incluida base para montaje)

6.3.7.2 Radio Rohde & Schwarz MR3000

El R&S MR3000, es un radio que puede ser controlado por software con arquitectura abierta, siendo posible realizar transmisiones inclusive sin que exista línea de vista. Este equipo representa una nueva generación de radios digitales de alto desempeño que satisfacen las más severas condiciones de interoperabilidad. El R&S MR3000 está diseñado para operar con modulaciones militares y civiles. Además proporciona capacidad de crecimiento flexible.

El R&S MR3000 cubre todo el espectro desde la banda HF hasta VHF. La flexibilidad de frecuencia de este equipo cumple varias regulaciones internacionales, proporcionando operación global en misiones y entornos cambiantes. Cada radio también puede ser conectado a amplificadores RF que incrementan la potencia de salida a 50 W en las bandas VHF y UHF (30 MHz a 512 MHz) y 150 W en la banda HF (3 MHz a 30 MHz).

Este equipo, a más de ofrecer una solución flexible respecto a la frecuencia de transmisión, cuenta con protocolos y modulaciones optimizados para alcanzar tasas de transmisión para voz digital, datos y video.

6.3.7.2.1 Características principales del radio R&S MR3000

En la Tabla 6.4 constan las especificaciones técnicas más relevantes de este equipo.

Tabla 6.4 Especificaciones del Radio R&S MR3000

Rango de frecuencia extendido	HF, VHF y UHF
Tasa de transmisión	Hasta 72 kbps para transmisión de datos y video en tiempo real.
Interfaz para transmisión de datos	IP
Configurable mediante software.	
Enlaces selectivos independientes en red	Punto – Punto Punto – Multipunto
GPS	Incorporado
Panel de control	Removible
Modulaciones	Sin línea de vista: AM, FM, SSB y modulaciones militares como ALE, STANAG En línea de vista: HQ I, II, SECOM-V
Seguridad	Embedded COMSEC

	Compatible con varios dispositivos externos de seguridad de comunicaciones
Dimensiones	19.9 cm x 30.9 cm x 7.4 cm (con batería incluida)
Peso	5.6 kg (con batería incluida)



Figura 6.14 Vista frontal parcial izquierda del radio R&S MR3000



Figura 6.15 Vista frontal parcial derecha del radio R&S MR3000

Para utilizar el radio R&S MR3000 en vehículos, el fabricante recomienda utilizar la antena que se describe a continuación:

6.3.7.2.2 Antena vehicular R&S HV3015

Se trata de una antena de dipolo diseñada para operar sobre todo tipo de vehículos incluyendo jeeps, camiones y otros vehículos militares. Según se requiera, existen diferentes tipos de bases disponibles para realizar instalaciones rígidas o flexibles.

En la Tabla 6.5 se indica las principales especificaciones técnicas de la antena:

Tabla 6.5 Especificaciones Técnicas de la antena R&S HV3015

Rango de Frecuencia	30 – 108 MHz
VSWR	< 3.5 (Ver Figura 6.12)
Impedancia normal	50 Ω
Potencia promedio	50 W
Ganancia	Ver Figura 6.13
Patrón de radiación	
Azimuth	Omnidireccional
Elevación	Ver Figura 6.14
Polarización	Vertical
Conector	BNC
Longitud	3.1 m (incluida base para montaje)
Peso	3.4 kg (incluida base para montaje)

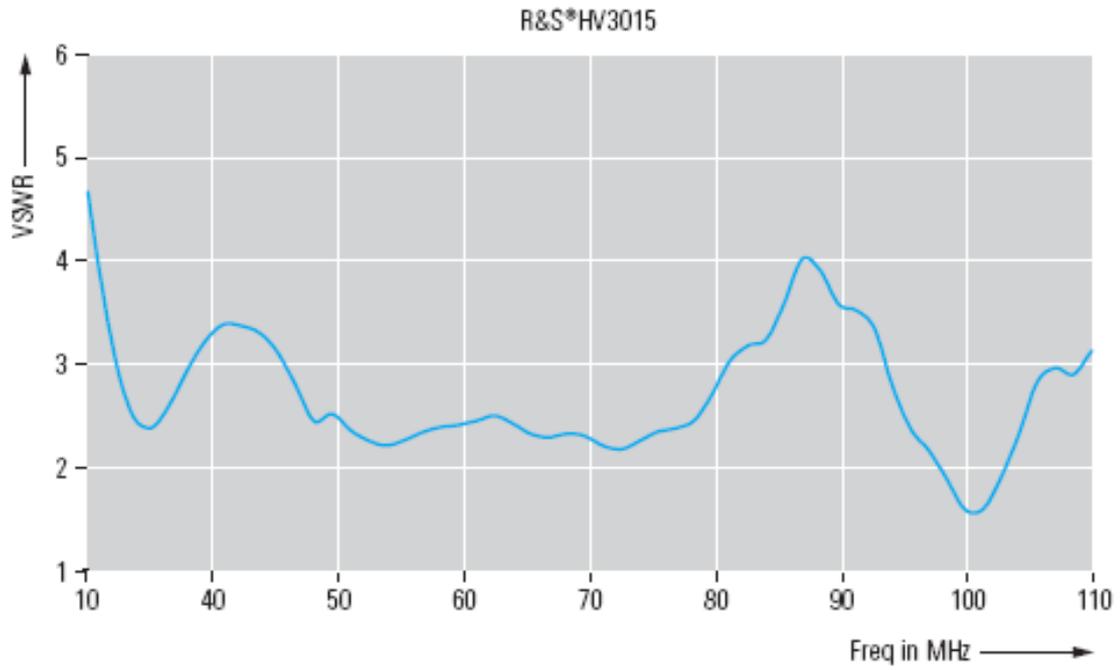


Figura 6.16 Antena R&S HV3015: Relación de Onda Estacionaria Típica

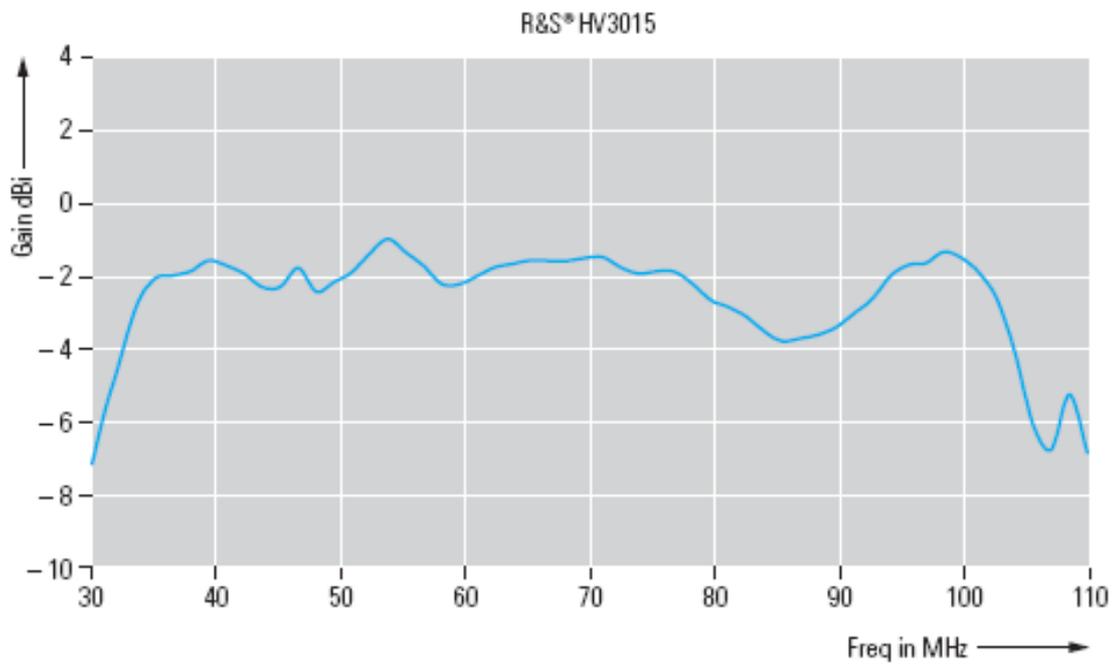


Figura 6.17 Antena R&S HV3015: Ganancia Típica

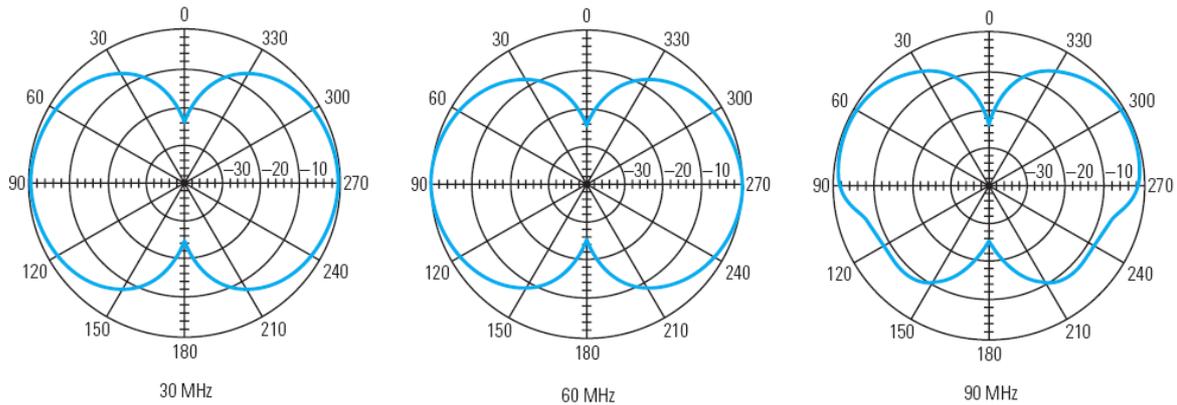


Figura 6.18 Antena R&S HV3015: Patrón de Radiación en Elevación

6.3.7.3. Radio Kenwood TK-80

El radio Kenwood TK-80 ha sido fabricado para proveer un servicio confiable cubriendo la banda de 1.8 a 30MHz, da la flexibilidad para operar a cualquier hora y ha cualquier distancia, con el simple cambio de sus 80 canales programables en el cual, además de programar frecuencia, también memoriza el modo y la potencia. Cualquier persona, sin conocimientos de radio puede operar este equipo, ya que su display alfanumérico lo hace perfectamente amigable.



Figura 6.19 Radio Kenwood TK-80

Este equipo posee 80 canales de memoria que están disponibles para la selección a la medida de las frecuencias de trans-recepción y monitoreo.

El barrido de exploración del canal de memoria presenta modos operados por quien transmite y operados por tiempo; umbral de recepción para ambos que puede ser controlado dinámicamente al ajustar el volumen de supresión.

Sistema de Llamadas Selectivas opcional (Se requiere un KPE-1) que permite llamadas individuales, grupales o abiertas, y es ideal para redes distribuidas de transreceptores HF.

Las opciones de Tono de Antena Internas o Externas le dan un rango flexible de opciones de antena. El KAT-2 interno no incrementa el tamaño del radio, es ideal para antenas yagi, de piano de tierra y tipo dipolar. El KAT-1 externo es para montar en la base de antenas aperiódicas tales como látigos y alambres largos.

Modo de Datos al tocar un botón le permite comunicaciones de computadoras en USB/LSB en hasta 300 bps en modo FSK. Se usa para adquisición de datos, transferencias de archivos basadas en textos y otras aplicaciones de comunicaciones de datos de baja velocidad.

La característica de Punto de Intercepción Avanzada (AIP) expande el rango dinámico y minimiza la interferencia de llamada cruzada. Además, el Eliminador de Ruido corta el ruido tipo pulso y el filtro CW de 500 Hz opcional (YK-107C), reduce la interferencia para operación de código morse.

Receptor de Cobertura General para todos los Modos desde 500 KHz hasta 30 MHz continuo para un monitoreo fácil de todas las bandas HF.

Tabla 6.6 Especificaciones del Radio Kenwood TK-80

Rango de frecuencia extendido	1.8 MHz a 30 MHz
Tasa de transmisión	300 bps
Interfaz para transmisión de datos	Serial RS-232

Modulaciones	AM, FM, SSB, CW, FSK
Dimensiones	27 cm x 27.1 cm x 9.6 cm
Peso	5.2 kg

6.3.7.4. Comparación entre los equipos

En la siguiente tabla se presenta un cuadro comparativo entre los equipos Harris RF-5800H, R&S MR3000 y Kenwood TK-80.

Tabla 6.7 Comparación entre equipos

	Harris RF-5800H	R&S MR3000	Kenwood TK-80
Rango de Frecuencias	1.6 a 59.999 MHz	3 MHz a 512 MHz	1.8 MHz a 30 MHz
Interfaz de datos	RS-232 serial sincrónica o asincrónica	TCP/IP vía LAN	Serial
Encriptación de datos	Si	Si	No
Máxima velocidad de transmisión	12.8 kbps	72 kbps	300 bps

Los dos primeros equipos cumplen estándares militares de seguridad como es la encriptación de datos, mientras el Kenwood TK-80 no cuenta con esta característica. El R&S MR3000 permite alcanzar una tasa de transmisión de 72 kbps, con la cual se puede llegar a transmitir video en tiempo real.

Otro aspecto que nos lleva a recomendar el equipo R&S MR3000, es el hecho que utiliza TCP/IP para la transmisión de datos, resulta sumamente aconsejable trabajar con TCP/IP como protocolo de comunicaciones entre los computadores de cada vehículo y su respectivo equipo transmisor, puesto que TCP/IP es la arquitectura actualmente más adoptada para la interconexión de sistemas; además, con este protocolo de comunicaciones, con el simple hecho de utilizar un switch y el direccionamiento IP adecuado, es posible enviar datos desde cualquiera de las cuatro computadoras que forman parte del vehículo de Guerra Electrónica COMINT.

6.3.8 Diagrama de bloques de los equipos

En la Figura 6.20 se ilustra el diagrama de bloques del sistema de comunicaciones, con las respectivas conexiones que deben realizarse en cada vehículo.

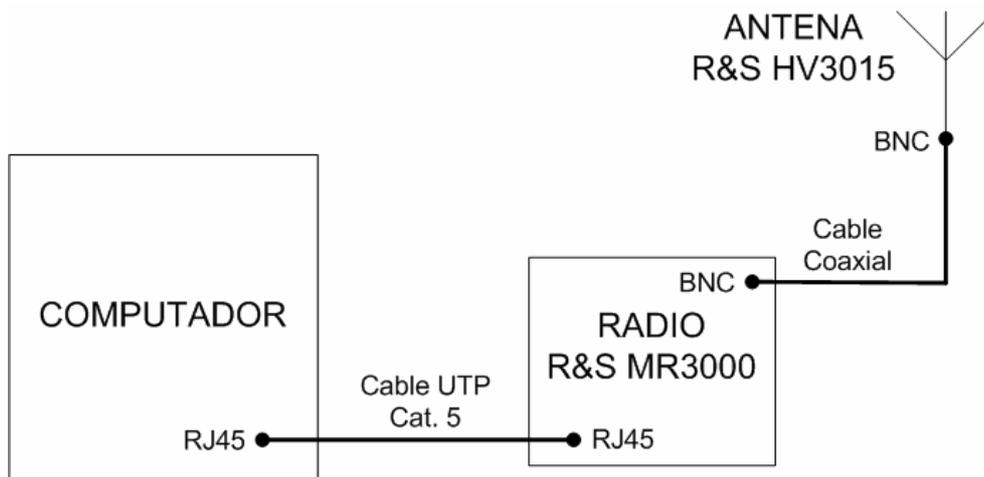


Figura 6.20 Diagrama de bloques del Sistema de Comunicación para cada vehículo

En el vehículo COMINT se tiene planificado instalar el radio MR 3000 en el Rack No. 5, como se ilustra en la Figura 6.21.

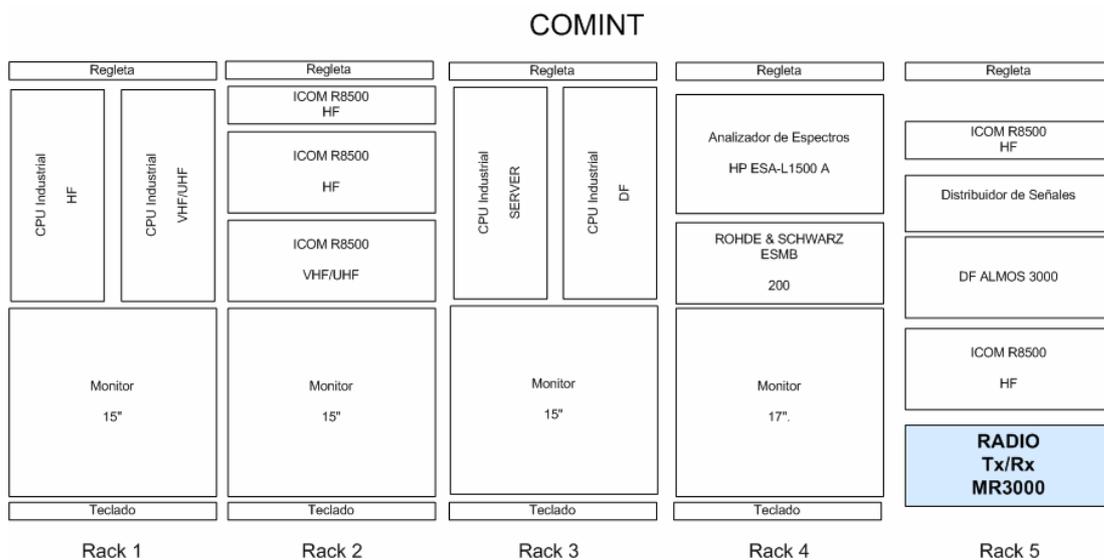


Figura 6.21 Ubicación del Radio MR3000 dentro del Sistema de Racks del vehículo COMINT

En el vehículo JAMMING existe el espacio suficiente para ubicar el radio MR 3000 en el Rack No. 3, como consta en la Figura 6.22.

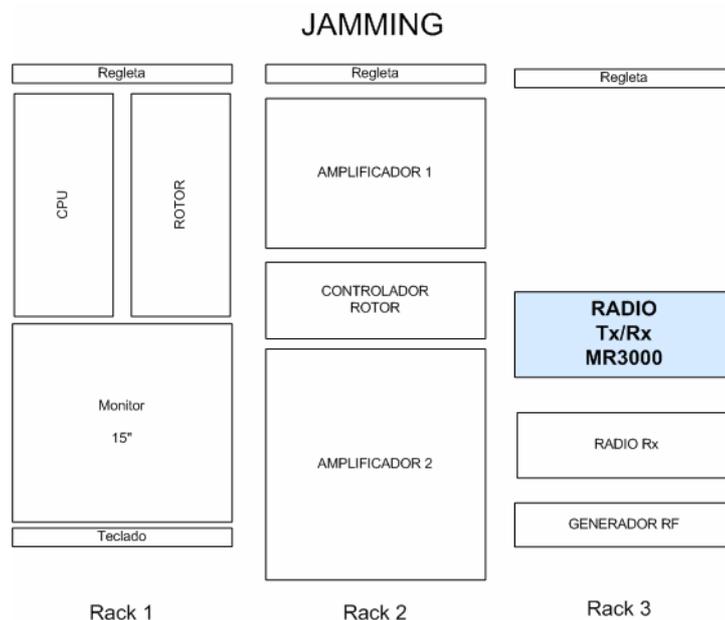

Rack 1
Rack 2
Rack 3

Figura 6.22 Ubicación del Radio MR3000 dentro del Sistema de Racks del vehículo JAMMING¹⁰

6.4. SIMULACIÓN DEL ENLACE

Para realizar la simulación utilizamos el software RadioMobile for Windows v6.7, en el cual ingresamos las características del sistema y del radio Rohde & Schwarz MR3000 propuesto para realizar el enlace, como consta en la tabla 6.8:

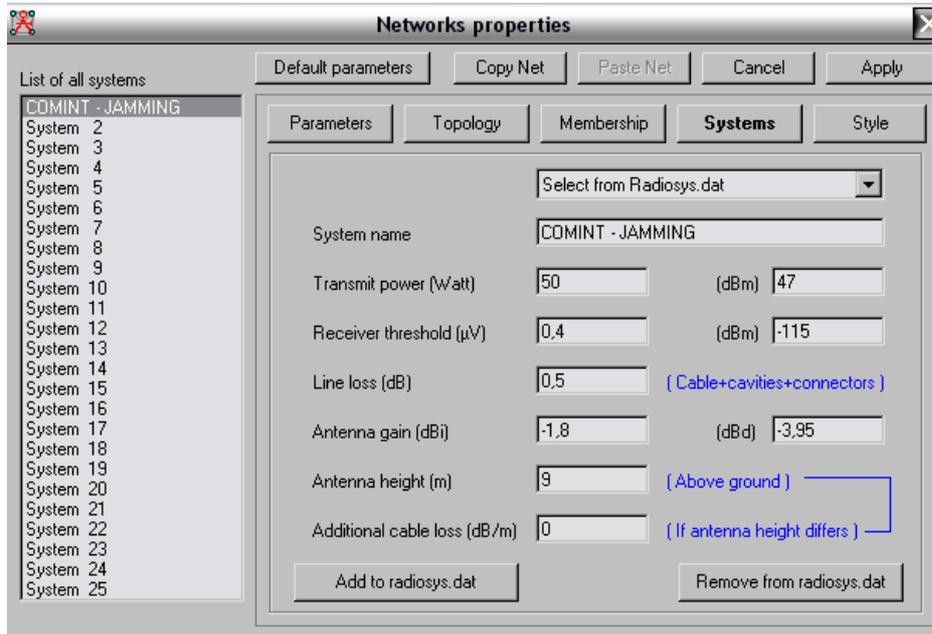
Tabla 6.8 Parámetros para la simulación

Frecuencia	Mínima: 70 MHz Máxima: 73 MHz
Potencia de transmisión (Watt)	50
Sensibilidad del receptor (dBm)	-115
Pérdidas en las líneas (dB)	0,5
Ganancia de la antena (dBi)	-1,8

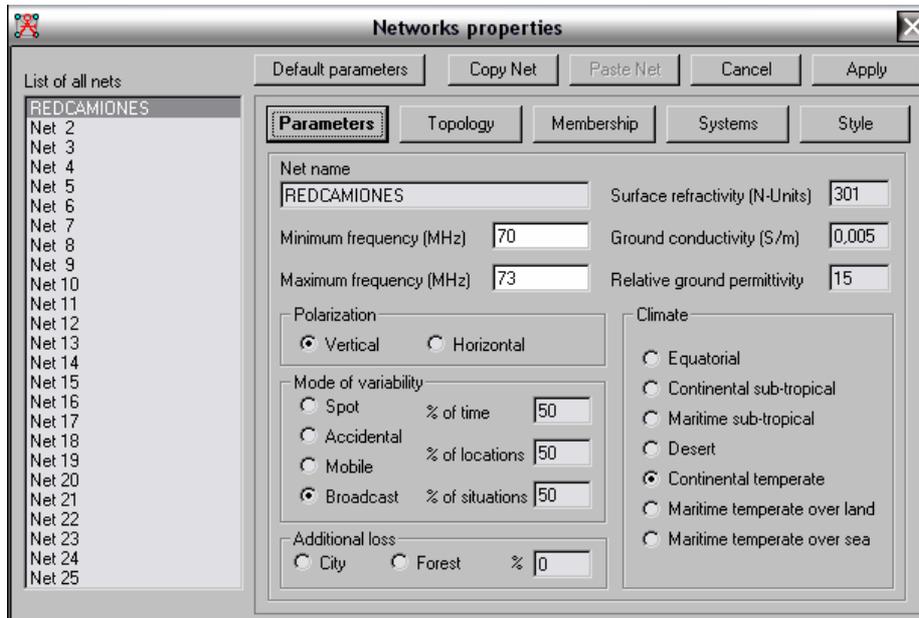
¹⁰ Basado en la Figura 4.16 del Proyecto de Tesis “Modernización y Repotenciación de la Unidad Móvil de Guerra Electrónica Activa (JAMMING)”.

Altura de la antena (m) (altura camión + mástil +antena)	9
---	---

En la Figura 6.23 se ilustra el ingreso de los parámetros al software:



(a)



(b)

Figura 6.23 Ingreso de parámetros en el software Radio Mobile

Para el enlace se consideró como escenario el perfil topográfico de la Sierra, alrededor de la ciudad de Quito, considerándose el caso crítico en el cual no existe línea de vista entre los vehículos y se encuentran separados por una distancia de 10 Km. En la tabla 6.9 se indica la ubicación de los vehículos utilizada para la simulación

Tabla 6.9 Ubicación de los vehículos para la simulación

Vehículo	Coordenadas	Altura
COMINT	Latitud: 00° 18' 05'' S Longitud: 78° 26' 42'' W	2496 m
JAMMING	Latitud: 00° 13' 36'' S Longitud: 78° 30' 24'' W	2789 m

La Figura 6.24 ilustra el enlace entre los vehículos:

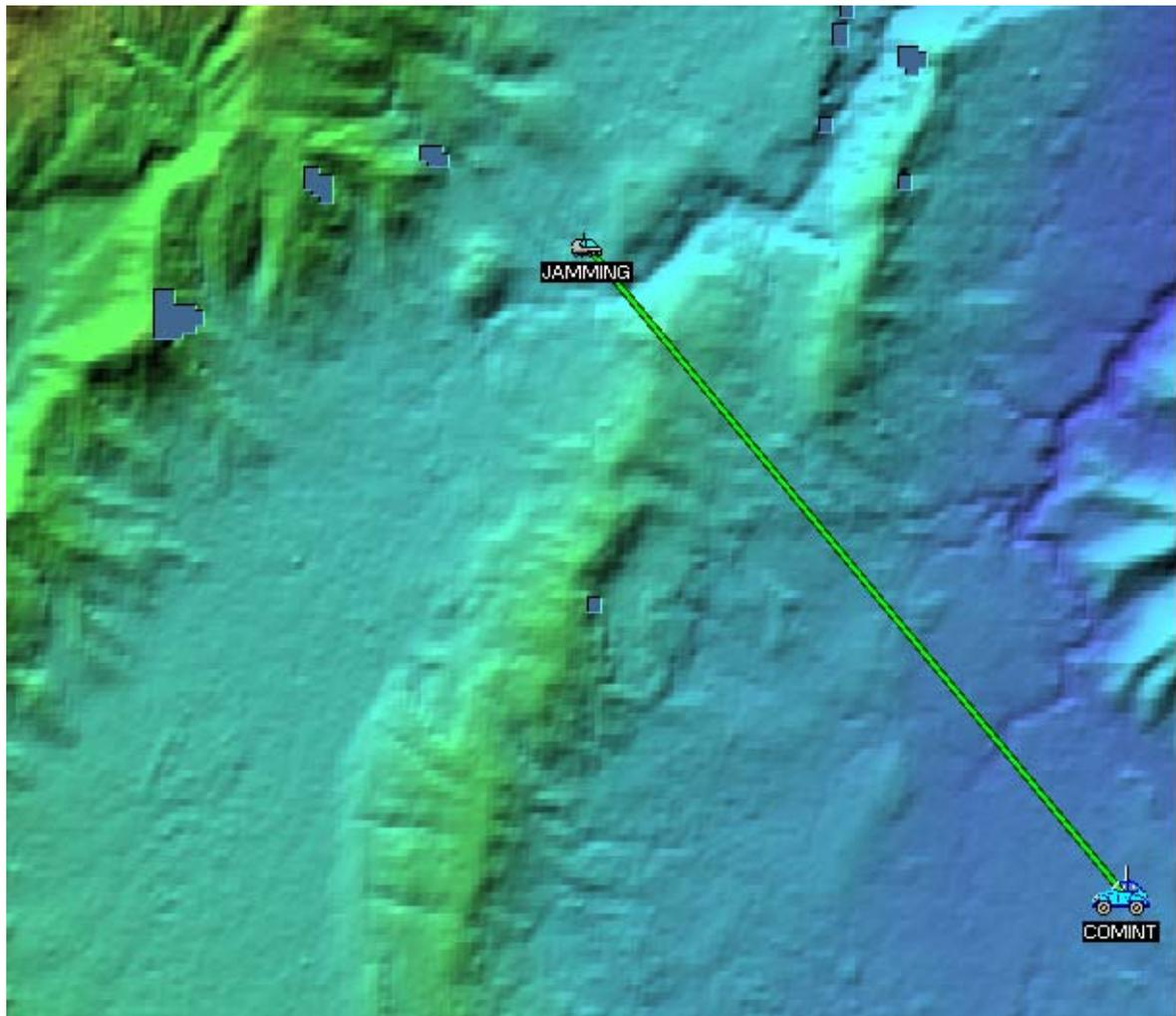


Figura 6.24 Enlace entre los vehículos

Como se puede apreciar en la Figura 6.24 (línea de enlace en color verde) y en la Figura 6.25, a pesar que no existe línea de vista entre los vehículos, es posible realizar el enlace a una frecuencia de 70 MHz.

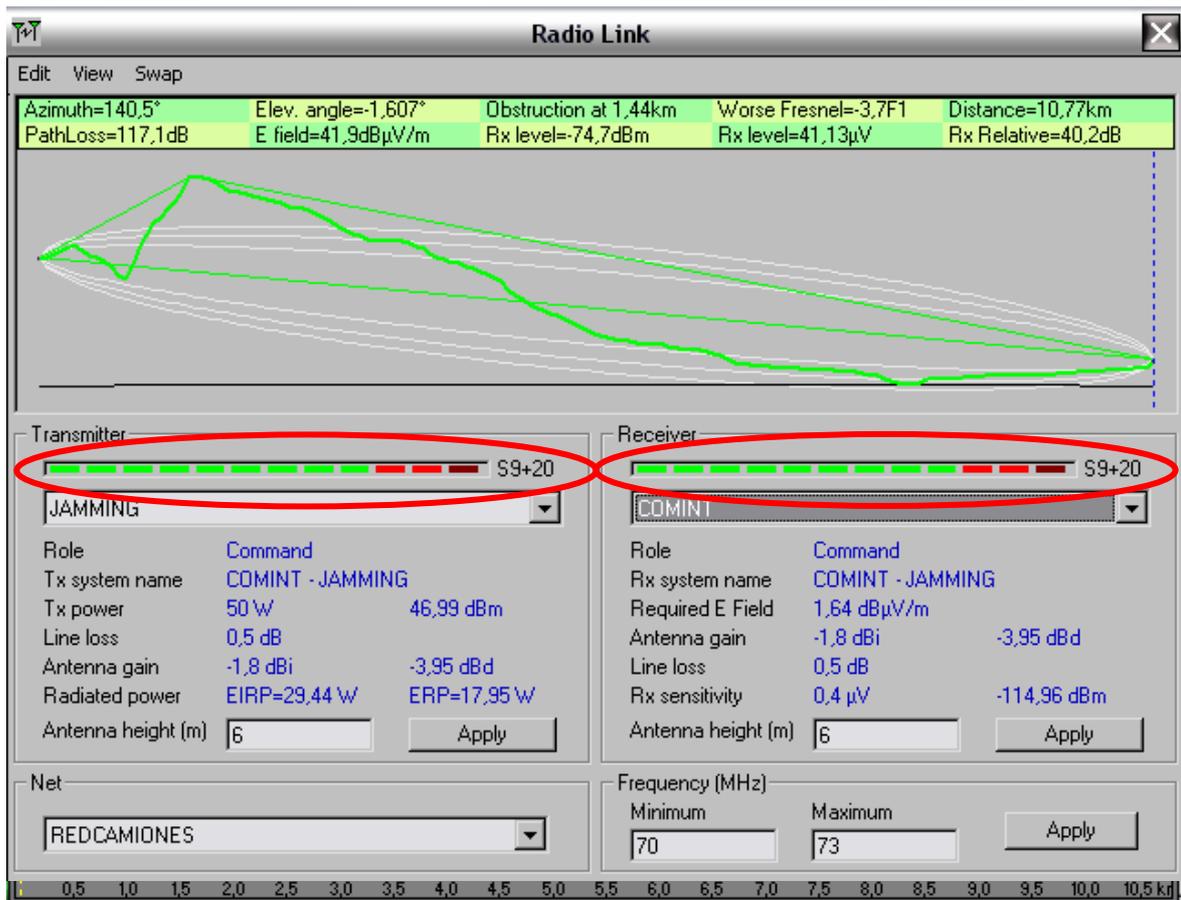


Figura 6.25 Perfil del enlace

CAPÍTULO VII

PRUEBAS DE CAMPO DEL SISTEMA DE DF DE LA UNIDAD MÓVIL DE GUERRA ELECTRÓNICA COMINT

7.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el diseño e implementación del Sistema DF 2.0, se procedió a realizar pruebas de campo en condiciones reales de funcionamiento. Las zonas de operación fueron designadas por la Dirección de Comunicaciones y Sistemas de la Fuerza Terrestre.

Uno de los propósitos de estas pruebas consiste en trabajar en conjunto con el personal que cumplirá la función de operarios del sistema, para de esta manera, establecer correcciones o mejoras al hardware o software.

Al final del presente capítulo se detalla los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas, tomando en consideración las correcciones que se realizaron y los problemas que tuvieron que superarse para optimizar el desempeño del sistema.

7.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE DF

7.2.1 Elección de la Zona de Monitoreo

Desde el punto de vista estratégico y en coordinación con la Dirección de Comunicaciones y Sistemas de la Fuerza Terrestre, se tomó como puntos de monitoreo a las ciudades de Santa Rosa y Arenillas de la Provincia del Oro, como se muestra en la Figura 7.1.



Figura 7.1 Región donde se realizaron las pruebas del Sistema DF 2.0

7.2.2 Desempeño del sistema en las pruebas realizadas

En este punto cabe indicar que el sistema tiene autonomía de funcionamiento respecto al suministro de energía eléctrica, ya que cuenta con un generador a gasolina, el cual se indica en la siguiente figura, tiene una capacidad de 2,2 KVA.



Figura 7.2 Generador de energía eléctrica

A continuación se analizan los resultados obtenidos en las visitas realizadas a las zonas que se indican en el punto anterior, los objetivos que se cumplieron y los problemas que tuvieron que ser solucionados.

Día 1

El vehículo se desplaza desde las instalaciones de la ESPE hasta la ciudad de Machala, realizando un recorrido de aproximadamente 1300 km por carreteras de primer orden. El recorrido tuvo una duración de 10 horas. Se llegó al Batallón de Infantería Chacras sin ninguna novedad en los equipos y en el rack.

Día 2

En el destacamento de la ciudad de Machala “Héroes de Chacras” se procedió a verificar el funcionamiento de todos los equipos, conexiones entre los mismos y el

desempeño del Sistema de Monitoreo DF 2.0, en la parte concerniente al sistema de manejo de cartografía digital y localización del vehículo mediante el GPS.

Durante estas pruebas se detectó un conflicto del driver del puerto mediante el cual se realiza la lectura de la información proporcionada por el GPS CW-45, siendo necesario descartar su uso y únicamente utilizar el GPS que está incorporado en el DF Almos-3000.

Mediante el empleo del GPS incorporado en el DF se logró establecer de manera satisfactoria la ubicación del vehículo, constatando físicamente que el error de localización es menor a 3 m. En la Figura 7.3 se ilustra la localización del vehículo COMINT mediante un círculo de color rojo.

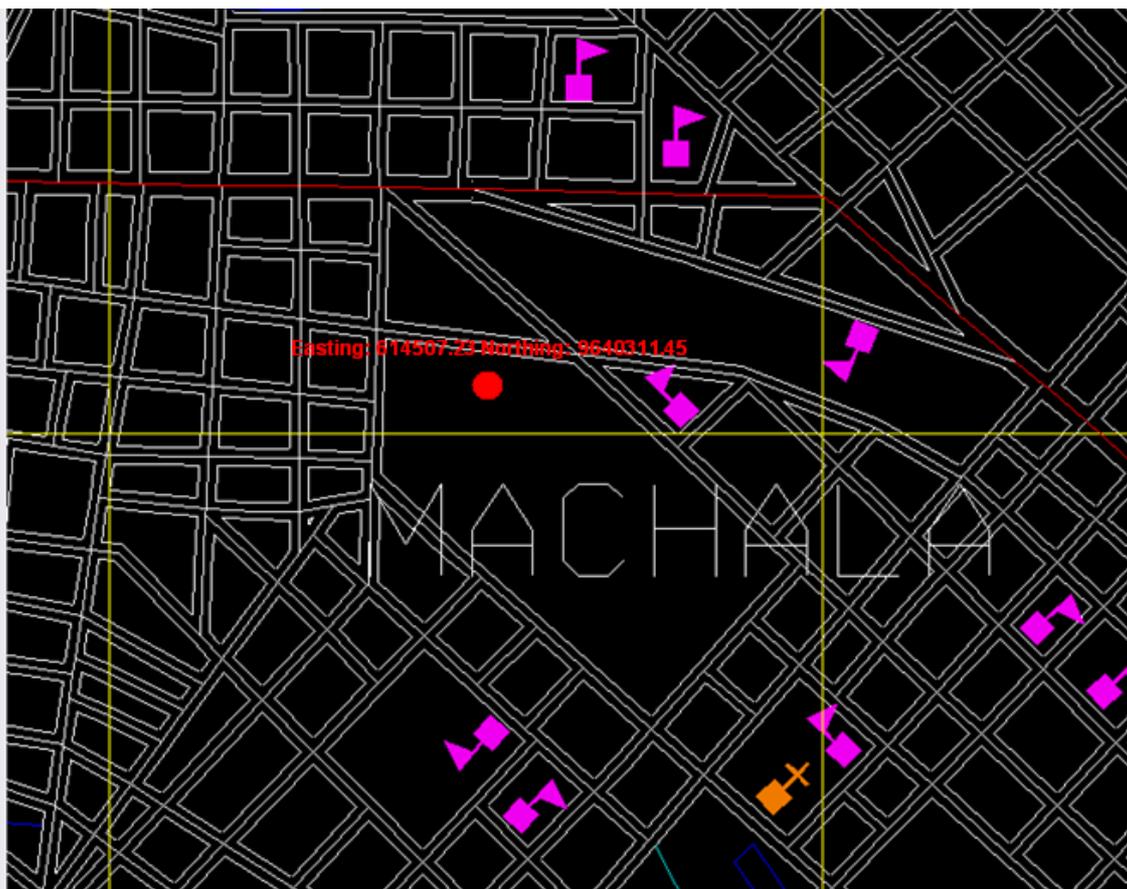


Figura 7.3 Pruebas de localización del vehículo COMINT en la ciudad de Machala

Día 3

Este día corresponde a las pruebas de interceptación y localización de emisiones con el radio receptor y el equipo de DF, para lo cual se coordinó con el destacamento de comunicaciones de la ciudad de Santa Rosa BI-2 para que transmitan mensajes mediante su sistema de radio troncalizado, durante un lapso de cuatro horas. Entonces se trasladó el vehículo de Guerra Electrónica a tres puntos diferentes, desde cada uno de los cuales se estableció la ubicación del vehículo y el ángulo de arribo de la señal, como se detalla en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Pruebas de campo en la ciudad de Santa Rosa

	Coordenadas Geográficas	Distancia Aproximada al Objetivo Real	Ángulo de arribo de la señal medido en sentido horario respecto al norte
Punto A	Latitud: 03° 27' 14.5'' S Longitud: 79° 58' 38.4'' W	1600 mts.	89°
Punto B	Latitud: 03° 26' 19.9'' S Longitud: 79° 57' 59.6'' W	2500 mts.	166°
Punto C	Latitud: 03° 26' 28.3'' S Longitud: 79° 57' 8.2'' W	2500 mts	201°

En la Figura 7.4, se muestra el resultado de la prueba, mediante el procesamiento de los datos obtenidos en la Tabla 7.1.

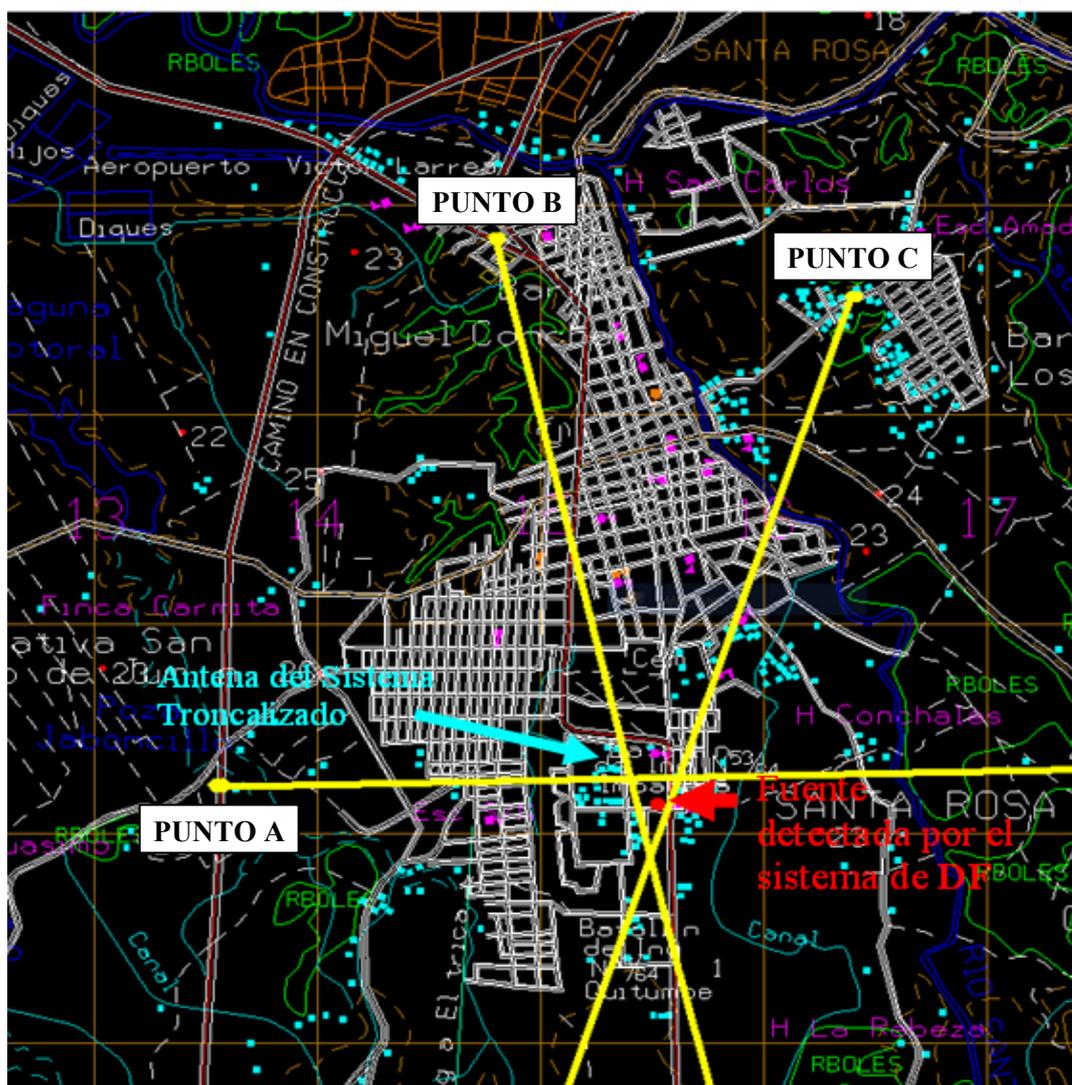


Figura 7.4 Resultados de la prueba realizada en la ciudad de Santa Rosa.

En la Figura 7.4 se puede observar la localización del sistema de DF y el lugar exacto en donde se encontraba la antena del sistema Troncalizado, existiendo una diferencia aproximada de 400 metros entre estos.

Día 4

En este día se realizó una evaluación técnica del software con los operadores del sistema, para de esta manera determinar la versión definitiva del mismo, de acuerdo a sus necesidades. Los operarios se encuentran satisfechos con el desempeño del software, por lo que no se necesita realizar mayores cambios, salvo algunas validaciones de ingreso de datos y de manejo de los controles.

Durante este día tuvo lugar una segunda evaluación del sistema de DF en la ciudad de Arenillas, con este propósito se coordinó con el destacamento de Arenillas para que transmitan mensajes mediante su sistema de radio troncalizado, durante un lapso de cuatro horas. Entonces se trasladó el vehículo de Guerra Electrónica a tres puntos diferentes, desde cada uno de los cuales se estableció la ubicación del vehículo y el ángulo de arribo de la señal, como se detalla en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2 Pruebas de campo en la ciudad de Arenillas

	Coordenadas Geográficas	Distancia Aproximada al Objetivo Real	Ángulo de arribo de la señal medido en sentido horario respecto al norte
Punto A	Latitud: 03° 33' 31.6'' S Longitud: 80° 04' 23.4'' W	1600 mts.	62°
Punto B	Latitud: 03° 33' 24.6'' S Longitud: 80° 03' 42.8'' W	1400 mts.	327°
Punto C	Latitud: 03° 32' 47.3'' S Longitud: 80° 02' 26.2'' W	3000 mts	274°

En la Figura 7.5, se muestra el resultado de la prueba, mediante el procesamiento de los datos obtenidos en la Tabla 7.2.

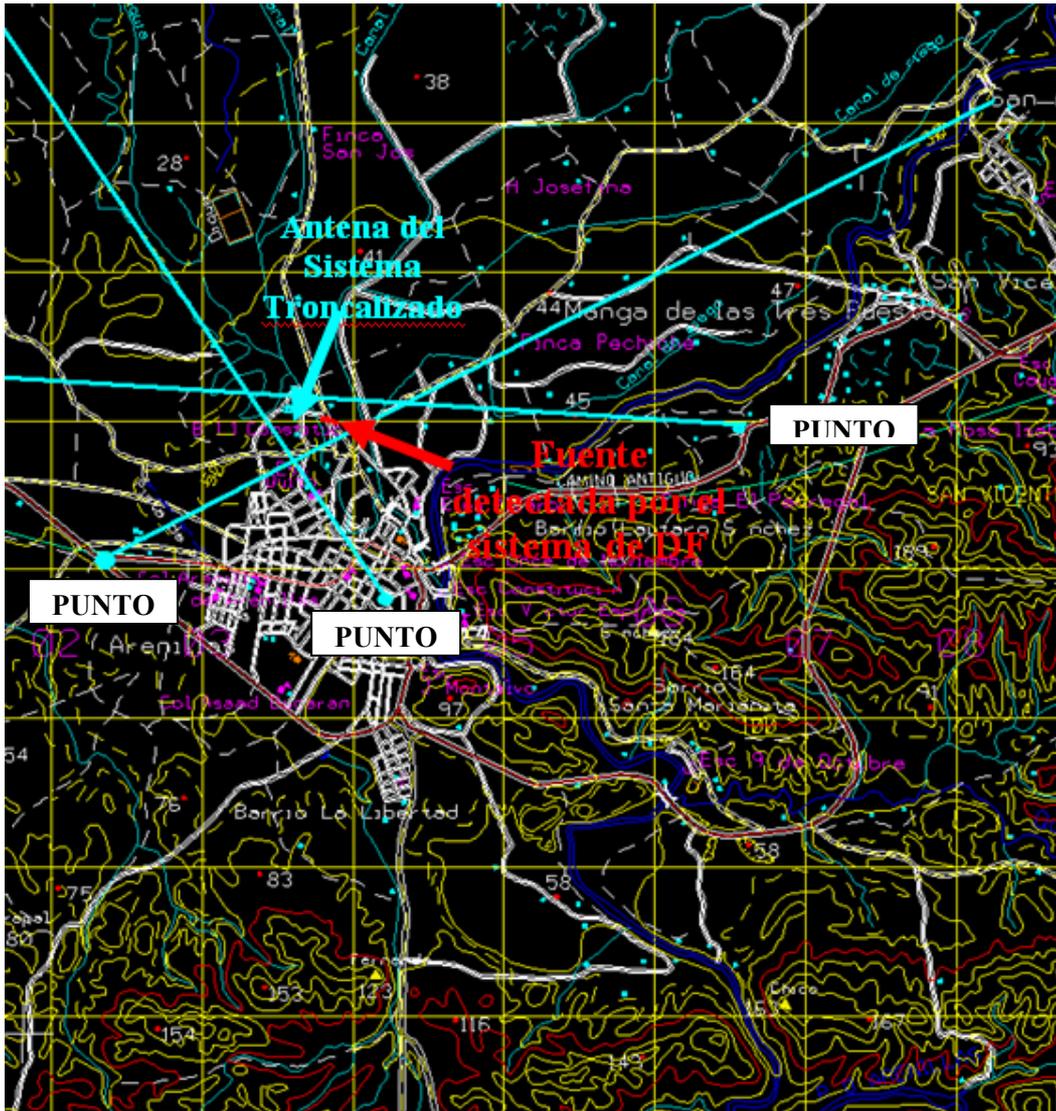


Figura 7.5 Pruebas de localización del Sistema Troncalizado en la ciudad de Arenillas.

En la Figura 7.5 se puede observar la localización del sistema de DF y el lugar exacto en donde se encontraba la antena del sistema Troncalizado, existiendo una diferencia aproximada de 300 metros entre estos.

7.3 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO

Considerando que el DF tiene una exactitud de $\pm 1^\circ$ en la lectura de la dirección de arriba, se tiene mayor error mientras más alejados nos encontremos de la fuente, la Figura 7.6 nos permitirá ilustrar esta consideración

En la Figura 7.6, R representa la distancia entre la fuente y el sistema de DF, los puntos P1 y P2 son las posibles ubicaciones de la fuente, el ángulo θ representa la variación en la lectura de la dirección de arribo, S representa el arco de circunferencia comprendido entre P1 y P2.

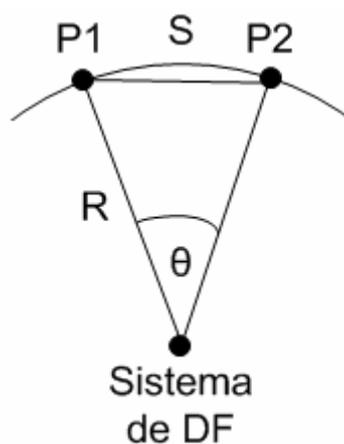


Figura 7.6 Consideraciones de error de DF según la distancia a la fuente

Al existir una variación de 1° en la dirección de arribo, tenemos:

$$\theta = 1^\circ \approx 0.0175 \text{ radianes}$$

$$\text{Distancia P1 P2} \approx S = \theta \cdot R = 0.0175 R$$

Por lo tanto las dos posibles ubicaciones de la fuente van a estar separadas por una distancia aproximadamente igual a $0.0175 R$, siendo R la distancia entre la fuente y el sistema de DF.

Tabla 7.3 Errores de DF según la distancia a la fuente

R	$S = 0.0175 R$
1 km	17.5 m
2 km	35 m
5 km	87.5 m
10 km	175 m

20 km	350 m
50 km	875 m
100 km	1750 m

Cómo se puede apreciar en la Tabla 7.3, únicamente considerando la exactitud del equipo de DF, estando separados a una distancia de 5 km de la fuente, tendremos un error de ± 87.5 m, lógicamente en una prueba real de campo, este error es mayor, porque deben tomarse en cuenta otros factores entre los cuales principalmente tenemos la homogeneidad del medio, el perfil topográfico, las características de la frecuencia de trabajo, posibles obstáculos, etc.

La mayoría de Direction Finding de aficionado se lleva a cabo por señales de onda directa o de tierra, en la que el transmisor rara vez se encuentra a más de 20 km. de distancia. Incluso cuando la posición de un transmisor ha sido localizada por medidas de onda espacial, generalmente no es posible localizar determinar la ubicación precisa del transmisor sin tomar algunas lecturas de la onda de tierra.

La mejor precisión al determinar la dirección hacia la fuente de señal se obtiene cuando el camino de propagación es sobre terreno homogéneo, y cuando solo esta presente la componente de polarización vertical de la onda de tierra. Si existe un límite (frontera), por ejemplo entre tierra y agua, las diferentes conductividades de los dos medios para la onda de tierra producen curvatura (refracción) del frente de onda. Además, la reflexión de energía de RF por objetos verticales (montañas, edificios, etc.) pueden sumarse con la onda directa y producir errores de DF.

Los efectos de la refracción y de la reflexión se muestran en la Figura 7.7. En (A), la señal esta realmente llegando con una dirección diferente de la dirección verdadera hacia el transmisor. Esto ocurre debido a que la onda se refracta en la línea de costa.

En (B), hay dos fuentes aparentes para la señal que llega (una onda directa desde la propia fuente, y otra onda que se refleja desde la ladera de la montaña). En este caso las dos señales se suman en la antena del equipo de DF. Si no se tiene cuidado al realizar las

mediciones, el observador no iniciado podría obtener una medición falsa en una dirección aproximadamente centrada entre las dos fuentes.

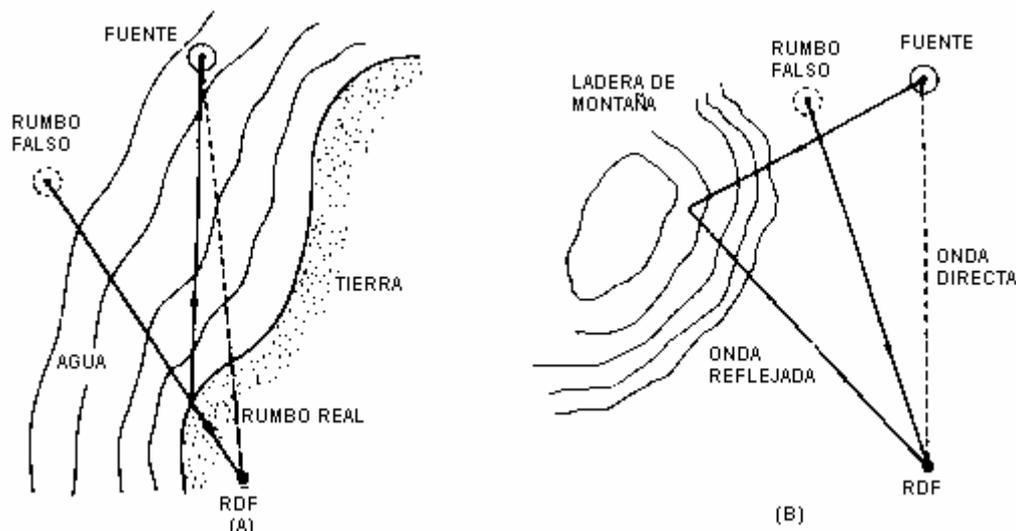


Figura 7.7 Errores de RDF comunes.

Los objetos locales también tienden a distorsionar el campo, como los edificios construidos con hormigón y acero, las líneas eléctricas y similares. Es importante que la antena de RDF¹¹ este despejada. Los árboles con hojas también pueden crear efectos adversos, especialmente en VHF.

Errores de RDF producidos por refracción Figura 7.7 (A), y reflexión Figura 7.7 (B). En (A) se obtiene una lectura falsa debido a que la señal llega realmente en una dirección que es diferente de la fuente. En (B), la señal directa de la fuente se combina con la señal reflejada por la ladera de la montaña. Las dos se promedian en la antena dando un rumbo falso situado entre las dos fuentes recibidas.

Si se toman dos mediciones de rumbo de RDF desde ubicaciones que están separadas por una distancia significativa, las líneas de dirección pueden dibujarse a partir de esas posiciones tal como se presenta en las Figuras 7.4 y 7.5. El punto en el que se crucen las dos líneas, indicará un "fix" o situación aproximada del transmisor.

¹¹ RDF: Radio Direction Finding

Distintos tipos de mapas son adecuados para la triangulación. Sin embargo, los mapas de carreteras carecen de suficiente detalle, y generalmente, no son satisfactorios. En campo abierto son preferibles los mapas topográficos de la zona. Mientras estos sean de menor escala y con mayor detalle, se puede tener mayor precisión en la ubicación de la fuente, considerando realizar una actualización continua de los mismos.

En las fases finales de ubicación de una fuente, se utilizan equipos portátiles de RDF para determinar la posición exacta. A medida que el equipo se aproxima al transmisor, las señales se vuelven muy intensas. La sobrecarga de los circuitos de entrada del receptor puede llevar a la confusión y a un error en las lecturas. Un sistema para combatir este problema es intercalar un atenuador entre la antena y el receptor, o hacer las mediciones por mínimos de señal, en vez de máximos, para perfilar más exactamente la dirección.

Incluso con un atenuador en la línea, en presencia de un fuerte campo electromagnético, puede haber algo de energía acoplada directamente en el circuito del receptor. Este efecto se nota como una no directividad aparente de la antena. En otras palabras, la intensidad de la señal recibida cambia muy poco o quizá nada cuando se gira la antena de RDF. El único recurso contra este efecto es blindar el receptor.

Un Método para la triangulación es el de Sectores de rumbo o dirección desde tres posiciones de RDF dibujadas en un mapa. Para lo cual, no se precisa de antena determinante de sentido en ninguna de las posiciones de RDF; las antenas con dos indicaciones de nulo separadas 180° son suficientes.

Algoritmos computacionales también son de utilidad para determinar la posición de la fuente, si este algoritmo evalúa mayor cantidad de datos proporcionados por el sistema de RDF, como intensidad de señal, varianza, etc., este determinará la posición de la fuente con un menor margen de error.

En la Figura 7.8 se muestra la antena para VHF (817 Mhz.) utilizada en la práctica de RDF.



Figura 7.8 Antena de VHF utilizada en práctica de RDF

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente proyecto permitió realizar la Modernización y Repotenciación del Sistema de DF (Direction Finding) del vehículo de Guerra Electrónica de la Fuerza Terrestre COMINT y diseñar el sistema de comunicación con el vehículo de Guerra Electrónica JAMMING.
- El software desarrollado es amigable y de fácil operación, el cual, mediante una sola pantalla permite al usuario contar de manera visual con todos los controles y ayudas necesarios para operar el hardware y realizar la localización de radio-comunicaciones en el rango desde 20 hasta 3000 MHz, mejorando el desempeño y tiempo en el operativo de Guerra Electrónica.
- Se realizó una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), que permite la administración de mapas digitales conocida como COMINT – DF 2006 v2.0, debido a que la aplicación lo necesitaba, facilitando el manejo de las cartas y optimizando la operación táctica de la ubicación del vehículo y la ubicación del objetivo.
- Para el desarrollo del software se utilizó el control PCSCUS.ocx, de la empresa Pangaea CAD Solutions, debido a que permitió implementar en la aplicación las funciones y propiedades características del software Microstation, el cual es utilizado para trabajar con archivos de extensión *.dgn, en la cual nos fueron proporcionados los mapas digitales.
- La Plataforma de desarrollo del software COMINT – DF 2006 v2.0 fue Visual Basic 2005, debido a que facilita la creación de hilos para permitir que dos o más tareas se ejecuten de manera simultánea, es decir, el manejo paralelo y en tiempo real de todos los equipos que forman parte del Sistema DF 2.0, ofrece mejores herramientas para la

presentación y manejo de formularios y permite la depuración de código compilado optimizado.

- El software COMINT – DF 2006 v2.0 fue desarrollado en forma modular, de tal manera que presenta características de crecimiento como escalabilidad y versatilidad.
- El uso del Radio R&S EB200, mejora el desempeño del Sistema utilizándolo para la interceptación y búsqueda en tiempo real de señales en el rango desde 10 KHz hasta 3 GHz, con las siguientes modulaciones: AM, FM, LSB, USB, CW. Además el analizador de espectros incorporado al radio facilita la búsqueda de frecuencias utilizadas para realizar comunicaciones.
- Localizar un transmisor con técnicas de Direction Finding requiere conocimientos previos de programación de alto nivel y de radiocomunicaciones. Familiarizarse con la antena y equipo que se utiliza y especialmente con sus limitaciones es, probablemente, el criterio más importante. Naturalmente también se requiere conocer el equipo de medida. Pero además, hay que conocer como se comportan las señales de radio en diferentes frecuencias y en diferentes tipos de terreno.
- Distintos tipos de mapas son adecuados para la triangulación. Sin embargo, en campo abierto son preferibles los mapas topográficos puesto que presentan mayores detalles de la zona de operación.
- Para el enlace de comunicaciones con el vehículo de Guerra Electrónica JAMMING se escogió utilizar los radios R&S MR3000 porque cumplen con estándares militares de seguridad como encriptación de datos, permiten realizar enlaces sin línea de vista y se puede alcanzar una tasa de transmisión de 72 kbps, con la cual se puede llegar a transmitir video en tiempo real.

La interfaz de datos del R&S MR3000 es de tipo TCP/IP, lo cual resulta sumamente aconsejable porque es la arquitectura actualmente más adoptada para la interconexión de sistemas; además, con este protocolo de comunicaciones, únicamente utilizando un switch y el direccionamiento IP adecuado, es posible enviar datos desde cualquiera de

las cuatro computadoras que forman parte del vehículo de Guerra Electrónica COMINT.

- Operativamente es necesaria la comunicación entre los vehículos de guerra electrónica, para saber la ubicación exacta de los vehículos, en operación y lugar del objetivo. Y así no causar una anulación entre las dos unidades.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la ejecución de la nueva fase del proyecto en lo concerniente a la incorporación del sistema de comunicaciones entre las unidades móviles de Guerra Electrónica COMINT y JAMMING.
 - Adquirir los equipos e implementar dos sistemas de Direction Finding para realizar la triangulación mediante la operación simultánea de los tres sistemas de DF, ubicando exactamente al objetivo.
 - Adquirir la cartografía digital de todo el país, para que, según lo amerite la situación, el sistema pueda operar a nivel nacional.
 - Se recomienda realizar mantenimiento técnico de todos los equipos del sistema, de preferencia cada tres meses, para de este modo garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad.
 - Se aconseja que los operarios cuenten con conocimientos básicos de computación, para así realizar una capacitación a todo el personal sobre el manejo del software y de hardware del sistema de DF.
-

ANEXOS

ANEXO I

MANUAL DE USUARIO RADIO R&S EB 200

Remote and manual control functions

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Basic functions								
Offset correction	[SENSe:]FREQUency[:CW FIXed]:AFC	ON OFF	OFF	SCPI	64	Hardkey: AFC 2fold toggle ON OFF	every	16
Bandwidth	[SENSe:]BANDwidth BWIDth[:RESolution]	UP DOWN MIN MAX bandwidth in Hz	120 kHz	SCPI	58	Hardkey: BW + and -	every	13
Attenuation display	INPut:ATTenuation:STATe?		depending on level	SCPI	38	Indirect by scaling of level bar meter	with level bar display	8
Attenuation selection	INPut:ATTenuation:AUTO INPut:ATTenuation:STATe	ON OFF ON OFF	ON	SCPI	38	Hardkey: ATT 3fold toggle: OFF ON AUTO	every	15
Receive frequency	[SENSe:]FREQUency	Frequency 10 kHz to 3 GHz	98.5 MHz	SCPI	64	Rollkey if FRQ active or entry of value and acknowledgement by FRQ	every	6
Volume	SYSTem:AUDio:VOLume	0...1 MIN MAX	0.2	no SCPI	103	VOL digital potentiometer	every	20
Modulation mode	[SENSe:]DEModulation	AM FM PULSe A1 CW LSB USB	FM	no SCPI	61	Hardkey: MOD + and -	every	13
Level measurement	[SENSe:]DETEctor[:FUNCTion]	PAverage POSitive FAST	PAverage	SCPI	62	Hardkey: LEV 3fold toggle AVG PEAK FAST	every	16
Squelch ON/OFF	OUTPut:SQUelch[:STATe]	ON OFF	OFF	no SCPI	48	Hardkey: SQU 2fold toggle ON OFF	every	14
Squelch value	OUTPut:SQUelch:THReshold[:UPPer]	-30...+110[dBuV] MIN MAX	10 dB μ V	no SCPI	50	MST digital potentiometer: if SQU active, value displayed below hardkey	every	14

Squelch value increment	OUTPut:SQUelch:THReshold[:UPPer]:STEP[:INCRement]	0.1...10[dB] MIN MAX	1 dB	no SCPI	50	Stepwidth for manual control always 1 dB		14
-------------------------	---	---------------------------	------	---------	----	--	--	----

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Test key	no direct equivalent		none			Loop test as long as key is pressed	every	20
Tone ON/OFF	OUTPut:TONE	ON OFF	OFF	no SCPI	51	Hardkey: TONE 2fold toggle ON OFF	every	14
Tone value	OUTPut:TONE:THReshold	-14...+94[dBuV] MIN MAX	15 dB μ V	no SCPI	52	MST digital potentiometer: if TONE active, value displayed below hardkey	every	14
Tone value increment	OUTPut:TONE:THR:STEP	0...10[dB] MIN MAX	1 dB	no SCPI	53	Stepwidth for manual control always 1 dB		14
Gain control mode	[SENSe:]GCONtrol:MODE	FIXed MGC AUTO AGC	AUTO	no SCPI	79	Hardkey: MGC 2fold toggle ON OFF	every	14
Gain control value	[SENSe:]GCONtrol[:FIXed MGC]	-30...+110[dBuV] MIN MAX	50 dB μ V	no SCPI	78	MST digital potentiometer: if MGC active, value displayed below hardkey	every	14
Increment of gain control value	[SENSe:]GCONtrol[:FIXed MGC]:STEP[:INCRement]	1...10[dB] MIN MAX	1 dB	no SCPI	78	Stepwidth for manual control always 1 dB	every	14
MSCAN								
Number of scans	[SENSe:]MSCan:COUNT	1..1000 INFINity MINimum MAXimum	INFINity	no SCPI	82	Hardkey SEL: CYCLES Rollkey: 1...1000	M-SCAN :CONFIG	27
Erase all memories	MEMory:CLEar	MEM0, MAXimum	none	no SCPI	42	Softkey: DELETE...ALL	M-SCAN :CONFIG	27
Erase specific memory	MEMory:CLEar	<name><name>: MEM0...MEM999	none	no SCPI	42	Softkey: DELETE...CURRENT	M-SCAN :CONFIG	27

Reset memory for MSCAN	MEMory:CONTents:MPAR	<name>,<ACT> ON<name>: MEM0...MEM999	none	no SCPI	43	Softkey: SUPP	M-SCAN :CONFIG	27
Set memory for MSCAN	MEMory:CONTents:MPAR	<name>,<ACT> ON <name>: MEM0...MEM999	none	no SCPI	43	Softkey: ACTIVATE	M-SCAN :CONFIG	27

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Replace contents of memory by receiver settings	MEMory :EXCHange	<name> RX, <name> RX <name>: MEM0...MEM999	none	no SCPI	45	Softkey: RX<->MEM	M-SCAN :CONFIG	27
Squelch from memory	OUTPut:SQUelch:CONTRol	MEMory NONE	MEMory	no SCPI	49	Hardkey SEL: SQ FROM MEM ON/OFF	M-SCAN :CONFIG	27
Start scan downwards from stop frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:] MSCan:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate] or *TRG	MSCan DOWN	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN- receive frequency outside scan range	M-SCAN and M- SCAN :CONFIG	26
Start scan upwards from start frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:] MSCan:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate] or *TRG	MSCan UP	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN+ receive frequency outside scan range	M-SCAN and M- SCAN :CONFIG	26
Stop scan	ABORt		none	SCPI	18	Softkey: STOP	M-SCAN	26
Continue scan downwards from instantaneous frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:] MSCan:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate] or *TRG	MSCan DOWN	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN- receive frequency in scan range	M-SCAN and M-SCAN :CONFIG	26
Continue scan upwards from instantaneous frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:] MSCan:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate] or *TRG	MSCan UP	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN+ receive frequency in scan range	M-SCAN and M-SCAN :CONFIG	26
Dwell time	[SENSe:]MSCan:DWELl	0..10[s] INFinity	0.5 s	no SCPI	83	Hardkey SEL: T_DWELL Rollkey: 0.0...10.0/infinite sec	M-SCAN :CONFIG	27

Continue scan under signal control	[SENSe:]MSCan:HOLD:TIME [SENSe:]MSCan:CONTRol[:ON]	0..10[s] "STOP:SIGNal" "STOP:SIGNal"	0.0 " "	no SCPI	84	Hardkey SEL: T_NOSIG Rollkey: combination of ON/OFF function and value: 0.0...10.0 sec	M-SCAN :CONFIG	27
------------------------------------	---	--	------------	---------	----	--	-------------------	----

Function	Remote Control Command	Remote Control	*RST	SCPI	Page	Manual Control	Menu	Page
		Parameter	Value	Info	4.			3.
Memory functions								
Instrument settings -> memory	MEMory:COPY	<src_name> RX, <dest_name> RX	none	no SCPI	42	Hardkey: SAVE acts on current memory or: editor entry	every	16
		especially: RX, <dest_name>				of memory number and then		
		dest_name: MEM0...MEM999				hardkey: SAVE		
Memory -> instrument settings	MEMory:COPY	<src_name> RX, <dest_name> RX	none	no SCPI	42	Hardkey: RCL acts on current memory or: editor entry of	every	16
		especially: <src_name>, RX				memory number and then		
		src_name: MEM0...MEM999				hardkey: SAVE		
Contents of memories	MEMory:CONTents	<name>, <mem_paras> <packed_struct>name: MEM0	none	no SCPI	43	Cannot be edited directly	M-SCAN :CONFIG	27
		to MEM999 RX CURRENT						
Number of memory	MSCan:CHANnel	<dest_name> dest_name: MEM0 to MEM999	MEM0	no SCPI	80	Rollkey: if MEM active or entry of number to be confirmed by	every	18
						MEM or entry of number and		
						then hardkey: SAVE or RCL or : by means of MSCAN		
Status of memory	MEMory:CONTents	<ACT>	none		43	Symbolic display beside	every	11
						memory number:		

						'[]'=data in memory '[+]'=data in memory and set		
						for query		
						' + ' empty and set for query ' ' empty and not set		
Define target memory	MEMory:COpy	RX, CURRENT NEXT	none	no SCPI	42	Hardkey SEL: KEYS SAVE Rollkey: CURRENT MEM /	SETUP : KEYS	16
						NEXT FREE / CURRENT MEM+ACT / NEXT		
						FREE+ACT		

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
FSCAN								
Number of sweeps	[SENSe:]SWEep:COUnT	1...1000 INFIinity MINimum MAXimum	INFIinity	SCPI	89	Hardkey SEL: CYCLES Rollkey: 1...1000	F-SCAN :CONFIG	30
Start frequency	[SENSe:]FREQuency:STARt	10 kHz...3 GHz	20 MHz	SCPI	72	Hardkey SEL: F-START " <-" Rollkey: 10 kHz...3GHz	F-SCAN :CONFIG	30
Step frequency	[SENSe:]SWEep:STEP	100 Hz...10 MHz	10 kHz	SCPI	92	Hardkey SEL: F-STEP "<->" Rollkey: 100 Hz... 10 MHz	F-SCAN :CONFIG	30
Stop frequency	[SENSe:]FREQuency:STOP	10 kHz...3 GHz	650 MHz	SCPI	74	Hardkey SEL: F-STOP "->" Rollkey: 10 kHz...3GHz	F-SCAN :CONFIG	30
Start sweep downwards from stop frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:]SWEep:DIRection INITiate[:IMMediate]	SWEep DOWN	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN- receive frequency outside of sweep range	F-SCAN and F-SCAN :CONFIG	29
Start sweep upwards from start frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:]SWEep:DIRection INITiate[:IMMediate]	SWEep UP	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN+ receive frequency outside of sweep range	F-SCAN and F-SCAN :CONFIG	29

Stop sweep	ABORT		none	SCPI	18	Softkey: STOP	F-SCAN	29
Continue sweep downwards from instantaneous frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:]SWEep:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate]	SWEep DOWN	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN- receive frequency in sweep range	F-SCAN and F-SCAN :CONFIG	29
Continue sweep upwards from instantaneous frequency	[SENSe:]FREQuency:MODE [SENSe:]SWEep:DIRection INITiate:CONM[:IMMediate]	SWEep UP	CW UP	SCPI	71	Softkey: RUN+ receive frequency in sweep range	F-SCAN and F-SCAN :CONFIG	29
Dwell time	[SENSe:]SWEep:DWELI	0..10[s] INFinity	0.5 s	no SCPI	91	Hardkey SEL: T_DWELL Rollkey: 0.0...10.0/infinite sec	F-SCAN :CONFIG	30
Continue sweep under signal control	[SENSe:]SWEep:HOLD:TIME [SENSe:]SWEep:CONTRol[:ON]	0..10[s] "STOP:SIGNal" "STOP:SIGNal"	0.0 " "	no SCPI	91	Hardkey SEL: T_NOSIG Rollkey: combination of ON/OFF function and value: 0.0...10.0 sec	F-SCAN :CONFIG	30

Function	Remote Control Command	Remote Control	*RST	SCPI	Page	Manual Control	Menu	Page
		Parameter	Value	Info	4.			3.
FSCAN SUPP								
Number of suppressed ranges	no command		none			SUPPRESSED FREQUENCY RANGES 0...100, only display parameter	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Index of suppress table	TRACe:POINts?	SSTART SSTOP the result is always 100	none	SCPI	118	Hardkey SEL: INDEX Rollkey: 0...99	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Suppress channel	[SENSe:]SWEep:SUPPress		none	no SCPI	93	Softkey: SUPP suppresses a	F-SCAN	29

						frequency range depending on the current bandwidth		
Erase all entries in suppress table	TRACe[:DATA] TRACe[:DATA]	SSTART, 0 SSTOP,0	none	SCPI	112	Softkey: DEL ALL	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Erase a line in suppress table	TRACe:VALue	SSTART, index, 0	none	SCPI	119	Softkey: DELETE	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Sort frequency ranges	[SENSe:]SWEp:SUPPess:SORT		none	no SCPI	93	Softkey: SORT	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Start frequency of suppressed frequency range	TRACe:VALue	SSTART, index, frequency value	none	SCPI	119	Hardkey SEL: F-START Rollkey: 10 kHz ..3GHz	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31
Stop frequency of suppressed frequency range	TRACe:VALue	SSTOP, index, frequency value	none	SCPI	119	Hardkey SEL: F-STOP Rollkey: 10 kHz ..3GHz	F-SCAN :CONFIG :SUPP	31

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
DSCAN								
Speed	[SENSe:]FREQUency:DSCan:SPEEd	LOW NORMAl HIGH	NORMAl	no SCPI	68			
Start frequency	[SENSe:]FREQUency:DSCan:STARt	10 kHz to 2.999985750 GHz	85 MHz	no SCPI	69	Hardkey SEL: F-START " <" Rollkey: 10 kHz to 3GHz	D-SCAN	32
Stop frequency	[SENSe:]FREQUency:DSCan:STOP	24.250 kHz to 3 GHz	110 MHz	no SCPI	69	Hardkey SEL: F-STOP " ->" Rollkey: 10 kHz to 3GHz	D-SCAN	32
Mark frequency	[SENSe:]FREQUency:DSCan:MARKer	10 kHz to 3 GHz	98.5 MHz	no SCPI	66	Hardkey SEL: FREQ " ^" Rollkey: 10 kHz to 3GHz	D-SCAN	32
Center frequency	[SENSe:]FREQUency:DSCan:CENTer	17.125 kHz	97.5 MHz	no SCPI	65	Hardkey SEL: F-CENTER " _	D-SCAN	32

		to 2.999992875 GHz				> <-"		
						Rollkey: 10 kHz to 3GHz		
Span frequency	[SENSe:]FREQuency:DSCan:SPAN	14.250 kHz to 2.999990000 GHz	25 MHz	no SCPI	67	Hardkey SEL: F-SPAN " <->" Rollkey: 10 kHz to 3GHz	D-SCAN	32
Start DSCAN	[SENSe:]FREQuency:MODE INITiate[:IMMediate]	DSCan	CW	SCPI	71	Softkey: RUN / STOP	D-SCAN	32
Stop DSCAN	ABORt		none	SCPI	18	Softkey: RUN / STOP	D-SCAN	32
Normal or differential mode	no command		NORM			Softkey: NORM / DIFF	D-SCAN :CONFIG	33
Bandwidth zoom mode	[SENSe:]FREQuency:DSCan :RESolution:AUTO[?]	ON OFF	OFF	no SCPI	66	Softkey: BW ZOOM	D-SCAN	32
Marker frequency to next signal peak	CALCulate:DSCan:MARKer:MAXimum :NEXT		none	no SCPI	66	Softkey: MARKER TO PEAK	D-SCAN	32
Marker frequency to absolute signal peak	CALCulate:DSCan:MARKer:MAXimum :[PEAK]		none	no SCPI	66			
Reference level	[SENSe:]VOLTage:AC:RANGe	UP DOWN MIN MAX 0 to +110[dBuV]	70 dBuV	SCPI	94	Softkey:REF	D-SCAN :CONFIG	33
Spectrum display maximum values or current values	CALCulate:DSCan:AVERage:TYPE[?]	MAXimum OFF		no SCPI	22	Softkey: MAX / CLRWRT	D-SCAN :CONFIG	33
Clear spectrum	CALCulate:DSCan:CLEar		none	no SCPI	22	none		

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Start, stop, marker frequency or span, center, marker frequency	no command					Softkey: <-> -> <-	D-SCAN :CONFIG	33
Spectrum display	no command		60 [dB]			Softkey: RNG 20 RNG 40	D-SCAN	33

range in dB						RNG 60 RNG 80	[:CONFIG]	
DSCAN speed	[SENSe]:FREQUency:DSCan:SPEEd[?]	LOW NORMal HIGH MTIME	NORMal	no SCPI	68	Hardkey SEL: D-SCAN SPEED	D-SCAN	33
						Rollkey: MTIME PER CHANNEL LOW NORMAL HIGH	:CONFIG	
Number of runs	[SENSe]:DSCan:COUNT[?]	1 to 1000 MINimum MAXimum INFINITY	INFINITY	SCPI	63	Hardkey SEL: CYCLES Rollkey: 1 to 1000	D-SCAN :CONFIG	33
Measuring time	MEASure:TIME[?]	0.5 to 900 sec MINimum MAXimum DEFAULT	DEFAULT	SCPI	41	Hardkey SEL: MEASURE TIME	D-SCAN :CONFIG	33
						Rollkey: DEFAULT 0.5 to 900		
Receiver configuration								
Antenna name	ROUTE:PATH:CATalog? ROUTE:PATH[:DEFine]	<name>, <channel_list> <name>, <channel_list>	none	SCPI	55	Hardkey SEL: ANTENNA CODE	RX-CONF :ANT /ATT	37
	ROUTE:PATH:DELete:ALL					Softkey: < ->		
	ROUTE:PATH:DELete[:NAME] ROUTE:SElect					Rollkey: ABCDEFGHIJKLM (13 characters)		
Antenna number	ROUTE:CLOSe	<channel_list>	0	SCPI	54	Hardkey SEL: ANTENNA NUMBER	RX-CONF :ANT /ATT	37
	ROUTE:CLOSe:STATe?					Rollkey: 0..99		
Output ports at	OUTPut:AUXMode	FREQUency ANTCtrl	ANTCtrl	no SCPI	46	Hardkey SEL: AUX OUTPUT	RX-CONF	
AUX connector X8						Umschaltung: FREQ / ANT+CTRL	:ANT	
K-factor table	[SENSe]:CORREction:ANTenna[?]	ACTive PASSive	PASSive	SCPI		Softkey: ANT PAS ANT ACT	RX_CONF	37
passive or active							:ANT / ATT	
antenna								

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
----------	------------------------	--------------------------	------------	-----------	---------	----------------	------	---------

AF balance left-right	SYSTem:AUDIo:BAALance	-0.5...0.5	0.0	no SCPI	101	Hardkey SEL: BALANCE Rollkey: bar -50...+50	RX_CONF :AF	39
Loudspeaker	SYSTem:SPEaker:STATe	ON OFF	ON	no SCPI	108	Hardkey SEL: SPEAKER Rollkey: ON / OFF	RX_CONF :AF	39
Reference frequency	[SENSe:]ROSCillator:EXTernal :FREQuency? [SENSe:]ROSCillator[:INTernal] :FREQuency? [SENSe:]ROSCillator:SOURce	Answer always 10 MHz Answer always 10 MHz INTernal EXTernal	10 MHz INTernal	SCPI	86	Switchover INTERNAL / EXTERNAL	SETUP :REF	54
Tone operating mode	OUTPut:TONE:CONTRol	ONLY WITHaf	ONLY	no SCPI	52	Hardkey SEL: TONE Rollkey: ONLY / WITH AF	RX_CONF :AF	39
Measuring functions								
Measuring time	MEASure:TIME[?]	0.5 to 900 sec MINimum MAXimum DEFault	DEFault	SCPI	41	Hardkey SEL: MEASURE TIME Rollkey: DEFAULT 0.5 to 900	RX_CONF :MEASURE	38
Measuring mode	MEASure:MODE[?]	CONTinuous PERiodic	CONTin- uous	SCPI	40	Softkey:CONTIN PERIODIC	RX_CONF :MEASURE	38

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
System								
Hardware options	*OPT?	-> SU -> BP	none	SCPI	16	IF_PAN BATTERY PACK	Start screen and	40
		-> ER				ERAM	RX-CONF	
		> CM -> FS				Coverage Measurement Field Strength	:SYSTEM	
Enter option code	SYSTem:SECurity:OPTion	<option_code>	none	no SCPI	107	Softkey: INSTALL	RX-CONF	40
							:SYSTEM	
							:SW OPT	
Software options	*OPT?	-> DS	none	SCPI	16	DIGI SCAN OPTION	RX-CONF	40
							:SYSTEM	

							:SW OPT	
Erase password			none			Softkey: DEL PW	RX-CONF	40
							:SYSTEM :	
							PROTECT	
Enter password			none			Softkey: EDIT PW entry of an 8-digit numeral	RX-CONF	40
							:SYSTEM	
							:PROTECT	
Password status			none			PASSWORD STATUS display: ON OFF	RX-CONF	40
							:SYSTEM	
							:PROTECT	
Reset -> default setting	*RST		none	SCPI	3	Softkey: RESET	RX-CONF :SYSTEM	40
Serial number	*IDN?		none	SCPI	16	Display only	RX-CONF :SYSTEM	40
Software date	DIAGnostic:INFO:SDATe?		none	SCPI	24	Display only	RX-CONF :SYSTEM	40
Software version	DIAGnostic:INFO:SVERsion? or : *IDN?	<numeric suffix>:1...5	none	SCPI	24	Display only	RX-CONF :SYSTEM	40

Function	Remote Control Command	Remote Control	*RST	SCPI	Page	Manual Control	Menu	Page
		Parameter	Value	Info	4.			3.
Test								
Module status	Indirect by error message, partly by Event Status Register				134	Display for every module: "- "=not fitted "?"=not identifiable	Startup screen and RX-CONF	43
						"FAIL"=defective	:TEST	
						"OK"=good		
Short test	TEST? or *TST?	SHORT, REPort QUIet	none	SCPI	109	Test key	every	19

Long test	TEST?	LONG, REPort QUIet	none	SCPI	109	Triggering an overall test Softkey: LONGTEST	RX-CONF :TEST	43
Test point limit violation	DIAGnostic[:MEASure]:TPOint?	P1 V1 S1 S2 Z1 DC SU	none	SCPI	26	Symbolic display: value too large, value too small	RX-CONF :TEST	43
	(symbol in ASCII output)							
Test point selection						Hardkey SEL: TEST POINT	RX-CONF :TEST	43
Test point limits	DIAGnostic:MONitor?	P1 V1 S1 S2 Z1 DC SU ALL	none	SCPI	25	Display: MIN and MAX Lower and upper limit	RX-CONF :TEST	43
Test point values (module)	DIAGnostic:MONitor?	P1 V1 S1 S2 Z1 DC SU ALL	none	SCPI	25	Display of modules and test points in a window	every	43
Test point values (single test point)	DIAGnostic[:SERVice] :TPOint<numeric suffix>?	P1 V1 S1 S2 Z1 DC SU	none	SCPI	26	Display of modules and test points in a window	every	43

Function	Remote Control Command	Remote Control	*RST	SCPI	Page	Manual Control	Menu	Page
		Parameter	Value	Info	4.			3.
Display								
Offset display	[SENSe:]FUNcTion[:ON]	"FREQuency:OFFSet"	VOLTage	SCPI	76	Symbolic display: value in HZ	DEFAULT	9
	[SENSe:]FUNcTion[:ON]:COUNT?		:AC			in range +_1/2 BW or:		
	[SENSe:]DATA?					numeric x.xx kHz		
Type of offset display	no command		none			Hardkey SEL: TUNING AID, Rollkey: SYMBOLIC NUMERIC IF PAN	DISPLAY :CONFIG	45
Remote control light	active in case of data traffic		none			DATA: display at the bottom left	if KEYBOARD LOCKED	10
Display mode LCD:	DISPlay:CMAP: DEFAULT DISPlay:CMAP	DEFAULT NORMal INVerted	NORMal	SCPI	29	Hardkey SEL:DISPLAY MODE	DISPLAY	45

normal/inverse						Rollkey: NORMAL, INVERSE	:DEFAULT	
							:CONFIG	
Display types	DISPlay:MENU[:NAME]	<menu_name>menu_name:	DEFAULT	SCPI	32	Softkeys :DEFAULT, IF- PAN, LEVEL, TONE, FREQ, (display also maintained in basic menu)	DISPLAY	45
		DEFAULT, IFPAN, LEVEL, FREQ						
Backlighting switch- off time	DISPlay:BRIGHtness:DWELI	30 60 120 180 600 1200 INF[sec]	INFinity	no SCPI	28	Hardkey SEL: SWITCH OFF Rollkey: NEVER, ½ MIN to 20 MIN	DISPLAY :DEFAULT :CONFIG	45
Backlighting intensity	DISPlay:BRIGHtness	0..1	1.0	SCPI	27	Hardkey SEL: ILLUMINATION Rollkey: OFF, STEP1 to STEP6	DISPLAY :DEFAULT :CONFIG	45
Level display	[SENSe:]FUNctIon[:ON] [SENSe:]DATA?	VOLTage:AC	VOLTage :AC	SCPI	78	Symbolic display as a bar: -30 to 60 dBµV -10 to 80 dBµV 10 to 100 dBµV (or 0 to 90 dBµV 20 to 110 dBµV 40 to 130 dBµV at ATT ON) or numerically	DISPLAY :LEVEL :CONFIG	8
Field strength display	[SENSe:]FUNctIon[:ON] SENSe:DATA?	"FSTRength"	"VOLTage :AC"	SCPI	78	Numerical display in dBµV/m	DISPLAY :LEVEL :CONFIG	9
with SW option EB200FS only								

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
IFPAN								

Frequency range of panorama display	FREQuency:SPAN	UP DOWN MIN MAX frequency range 0.15 to 1000 kHz	none		72	Hardkey SEL: PAN RANGE Rollkey: $\pm 12.5, 25, 50, 100, 250, 500$ kHz	DISPLAY :CONFIG	45
Selection of the averaging process for the IF panorama data	CALCulate:IFPan:AVERAge:TYPE	MINimum MAXimum SCALar	SCALar	SCPI	19	Softkeys : MIN MAX AVG CLRWRT	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Setting the averaging time for the IF panorama data	CALCulate:IFPan:AVERAge:TIME or: MEASure:TIME[?]	0.5 to 900 [s]	0.2 [s]	SCPI	19		DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Restart of the process MIN- or MAX-Hold	CALCulate:IFPan:CLEar		none	SCPI	20	Softkeys: MIN or MAX	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Scaling of the IF panoramic display by REF and RNG on the LCD	no command		REF: 60 dB μ V RNG: 80 dB			Hardkey SEL:REF or RNG Rollkey: xx dB	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Centering on absolute level maximum	CALCulate:IFPan:MARKer:MAXimum:[PEAK]		none	SCPI	21	none	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Centering on left level maximum	CALCulate:IFPan:MARKer:MAXimum:LEFT		none	SCPI	21	Softkeys: left Max to Mark	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47
Centering on right level maximum	CALCulate:IFPan:MARKer:MAXimum:RIGHT		none	SCPI	21	Softkeys: right Max to Mark	DISPLAY :IFPAN :CONFIG	47

Large IF panorama	no command		none			DISPLAY : IF-PAN		10
Small IF panorama	no command		none			TUNING AID IF-PAN		10

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Messages								
Error beep	SYSTem:BEEPer:VOLume	0...1 (OFF 0.5 1)	1	SCPI	104	Hardkey SEL: MESSAGE BEEP Rollkey: OFF / QUIET / LOUD	SETUP :MESSAGE	53
Error display time	no command		none			Hardkey SEL: MESSAGE DISPLAY Rollkey: DURATION 1...5 SEC / infinite	SETUP :MESSAGE	53
Error messages	SYSTem:ERRor? STATus:QUEue[:NEXT]?		none	SCPI	105	Display covers softkeys, 40 characters	every	12
Component error	no command		none			Hardkey SEL: COMPONENT FAILURE Rollkey: ON OFF	SETUP :MESSAGE	53
Warnings	no command		none			Hardkey SEL: USER WARNINGS Rollkey: ON / OFF	SETUP :MESSAGE	53

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Operating elements								
Disable display	DISPlay:ENABle	ON OFF	ON	SCPI	30	No manual control, no dynamic display => increase in performance	REMOTE CONTROLLED	56

Info string display lock	DISPlay:ENABle:LABel	"string with 24 characters max"	"CON TROLLED BY REMOTE"	no SCPI	31	No manual control, display of string entered via remote interface	REMOTE CON TROLLED	56
Info string key lock	SYSTem:KLOCK:LABel	"string with 24 characters max"	"KEY-BOARD LOCKED BY RE MOTE!"	no SCPI	107	No manual control, display of string entered via remote interface	KEYLOCK	59
Key click	no command		none			Hardkey SEL: KEYS KEYCLICK Rollkey: OFF, SOUND1...3, QUIET/ LOUD	SETUP :KEYS	52
Rollkey progression	no command		none			Hardkey SEL: ROLLKEY PROGRESSION Rollkey: OFF....Step1...9	SETUP :KEYS	52
Rollkey stepwidth	[SENSe:]FREQuency:STEP	<numeric value>numeric value: 1 Hz..1MHz	1 kHz	SCPI	73	Hardkey SEL: ROLLKEY INCR VALUE Rollkey: 1 Hz to 1MHz	SETUP :KEYS	52
Lock keyboard	SYSTem:KLOCK	ON OFF	OFF	SCPI	106	No manual control, only display	KEYLOCK	59

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
LAN Interface								
LAN gateway	none		none			Hardkey SEL: GATEWAY Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE	56
LAN IP address	none		none			Hardkey SEL: IP-ADDRESS Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE	56

LAN port	none		none			Hardkey SEL: PORT Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE	56
LAN subnet mask	none		none			Hardkey SEL: SUBNETMASK Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE	56
RS232 interface (PPP)								
RS232 baud rate	no command	150 300 600 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200	none			Hardkey SEL: BAUDRATE Rollkey: 50 to 115k	SETUP :REMOTE :PPP	57
RS232 IP address	none		none			Hardkey SEL: IP- ADDRESS Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE :PPP	57
RS232 port	none		none			Hardkey SEL: PORT Rollkey: xxx.xxx.xxx.xxx	SETUP :REMOTE :PPP	57
Apply	none		none			Softkey: APPLY	SETUP :REMOTE :PPP	57
Standard	none					Softkey: STANDARD	SETUP :REMOTE :PPP	57
User-programmable byte at rear-panel connector	OUTPut:BITaux[1 2 3 4 5 6 7 8]::STATe] OUTPut:BYTaux[::STATe]	ON OFF 0...255 #B0...#B11111111 #Q0...#Q377 #H0...#H0FF	0	no SCPI	47	CTRL	SETUP :AUX	55

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
----------	---------------------------	-----------------------------	---------------	--------------	------------	----------------	------	------------

RS232 interface (standard)								
Baud rate	no command	150 300 600 1200 2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200	none			Hardkey SEL: BAUDRATE Rollkey: 50...115k	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
Frame	none		none			Hardkey SEL: FRAME Rollkey: 7 8 BIT 1 2 STOP	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
Parity	none		none			Hardkey SEL: PARITY Rollkey: NO ODD EVEN	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
Handshake	none		none			Hardkey SEL: HANDSHAKE Rollkey: NO ODD EVEN	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
Apply	none		none			Softkey: APPLY	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
PPP	none		none			Softkey: PPP	SETUP :REMOTE :STANDARD	58
Binary transmission with byte escaping	SYSTem:COMMunicate: SERial:BYTeesc SYSTem:COMMunicate: SERial:BYTeesc?	ON OFF	OFF		105			

Rear panel interfaces								
User-programmable byte at rear-panel	OUTPut:BITaux[1 2 3 4 5 6 7 8]::STATE]	ON OFF 0...255 #B0...#B11111111 	0	no SCPI	47	CTRL	SETUP :AUX	55

Trace							
Query trace data	TRACe[:DATA]?	MTRACE ITRACE IFPAN SSTART SSTOP	none	SCPI	112		
Set trace data source	TRACe:FEED:CONTRol	MTRACE ITRACE, ALWays SQUelch NEVer	NEVer	SCPI	116		
Set trace data source	TRACe:FEED:CONTRol	IFPAN, ALWays NEVer	NEVer	SCPI	116		
Set trace element	TRACe:VALue	SSTART SSTOP, index, frequency value	none	SCPI	119		
Trace configuration	TRACe:FEED?	MTRACE ITRACE IFPAN SSTART SSTOP	none	SCPI	116		

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu 3.
Load trace	TRACe[:DATA]	SSTART SSTOP, frequency value(s)	none	SCPI	112		
Adapt trace length	TRACe:POINts:AUTO?	MTRACE ITRACE IFPAN SSTART SSTOP	none	SCPI	118		
Query trace warning limit	TRACe:LIMit[:UPPer]?	MTRACE ITRACE IFPAN SSTART SSTOP	none	no SCPI	117		
Set trace warning limit	TRACe:LIMit[:UPPer]	MTRACE ITRACE, 0..100[PCT]	50 PCT	no SCPI	117		
Number of trace results	TRACe:POINts?	MTRACE ITRACE SSTART SSTOP	none	SCPI	118		
Trace name	TRACe:CATalog?		none	SCPI	112		
Status reporting - operation							
Main register Condition section	STATus:OPERation:CONDition?		none	SCPI	97		
Main register Enable section	STATus:OPERation:ENABle	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	97		

Main register Event section	STATus:OPERation[:EVENT]?		none	SCPI	98			
Main register Negative Transition filter	STATus:OPERation:NTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	98			
Main register Positive Transition filter	STATus:OPERation:PTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	99			
Set status register to default values	STATus:PRESet		none	SCPI	100			

Function	Remote Control Command	Remote Control Parameter	*RST Value	SCPI Info	Page 4.	Manual Control	Menu	Page 3.
Status reporting - operation - sweep								
Sweep status Condition section	STATus:OPERation:SWEeping:CONDition?		none	SCPI	136			
Sweep status Enable section	STATus:OPERation:SWEeping:ENABLE	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	136			
Sweep status Event section	STATus:OPERation:SWEeping[:EVENT]?		none	SCPI	136			
Sweep status Negative Transition filter	STATus:OPERation:SWEeping:NTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	136			
Sweep status Positive Transition filter	STATus:OPERation:SWEeping:PTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	136			
Status reporting - extension								
Receiver status Condition section	STATus:EXTension:CONDition?		none		139			

Status reporting - trace							
Trace status Condition section	STATus:TRACe:CONDition?		none	SCPI	138		
Trace status Enable section	STATus:TRACe:ENABle	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	138		
Trace status Event section	STATus:TRACe[:EVENT]?		none	SCPI	138		
Trace status Negative Transition filter	STATus:TRACe:NTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	138		
Trace status Positive Transition filter	STATus:TRACe:PTRansition	0..32767 #H0..#H7FFF #B0..#B1111111111111111	none	SCPI	138		

ANEXO II

MANUAL DE USUARIO DEL DF ALMOS 3000

Almos 3000

Remote Application Programming Interface

Document version: 01
SW-Version: ALMOS-v.1.1.5

1. INTRODUCTION

1.1 Scope

This document describes the Almos 3000 DF Remote API - the interface of Almos 3000 remote control. This document comprises both a user manual part as well as a reference manual part for the Remote API.

Design and implementation aspects of this API are not in the scope of this document.

2. Message Structure

2.1. General Message Structure:

A general Almos-3000 DF remote control message consists of 5 different parts.

- frame begin ('\$')
- header
- body
- CRC checksum
- frame end (“\r\n”)

\$ + header + body+ CRC checksum + \r\n

(The `+' characters are not parts of the message)

Frame begin:

Every message begins with the character '\$'.

Header:

The header is a hexadecimal number and has a length of 4 characters. These hexadecimal numbers are represented by ASCII lower case characters (0...f).

The message headers which are sent from GUI to DF system start with '0'. The answers which come from DF system to GUI start with '8'.

For instance:

A header of a question (GUI->DF System)

0202

A header of a the answer (DF System-> GUI)

8202

If there is any defect in the question message (e.g. wrong header, wrong CRC) the DF system sends back an answer message starting with header ffff.

Body:

The length of body depends of the header. The body consists of hexadecimal numbers (0...f) or/and lower case letters (a...z).

CRC:

Every message contains a 16bit CRC checksum. The CRC checksum consists of 4 hexadecimal characters. Determining CRC checksum the 0x8005 polynomial is used.

Frame end:

Every message ends with characters '\r' and '\n' (carriage return, line feed)..

For instance: (these are real messages)

Question (GUI->DF System): \$0206fd3a\r\n

Where:

header: 0206
body: there is no body
CRC checksum: fd3a

Answer (DF System-> GUI): \$8206b4defa\r\n

Where:

header: 8206
body: b4
CRC checksum: defa

Question and answer messages:

During the description of question and answer messages only the message header and the message body are shown.

The question messages are sent by GUI, in response these question messages the DF system sends back answer messages.

1.q. Setting the DF average length:

The length of average denotes how many measured sample are used to determine the angle of arrival.

Header: 0102

Body: length: 4 byte, (-> 4 hexa number)

For example: Change the average length to 128 samples the following message is used

\$010200803343\r\n

Where:

0102 -> question message header

0080 -> body 0x0080 is the hexadecimal representation of 128

3343 -> the CRC checksum

1.a. Answer for the question 1q.

The 1q question is sent to DF system. The DF system tries to process it. If the body is 4 bytes long and the CRC checksum is OK, than the DF system sends back the following message, otherwise it sends an error message.

Header: 8102

Body: length: 4 bytes, (-> 4 hexadecimal numbers)

For example: The average length is changed to 128(decimal) the DF system sends back the following answer message:

\$810200809542\r\n

Where:

8102 -> answer message header

0080 -> body 0x0080 is the hexadecimal representation of 128

9542 -> the CRC checksum

Error message:

If there is any defect in the question message the following answer message (error message) starts whit ffff hexadecimal number, and the answer body will contain the entire faulty question message.

For example:

Question message: \$010200803393\r\n (the CRC checksum is wrong)

Answer message: \$ffff010200803393d731\r\n

Where:

ffff -> answer message header

010200803393-> body contains the faulty question message

d731-> the CRC checksum

2.q. Get the average length:

Header: 0102

Body: 0 byte, so there is no body

For example:

\$01023ecb\r\n

Where:

0102-> question message header
3ecb -> the CRC checksum

2.a. Answer for the question 2q:

Header: 8102
Body: length: 4 bytes, (-> 4 hexadecimal numbers)

For example

\$810200809542\r\n

Where:

8102 -> answer message header
0080 -> body 0x0080 is the hexadecimal representation of 128
9542-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

For example:

Question message: \$01023e2b\r\n (the CRC checksum is wrong)

Answer message: \$ffff01023e2b31f8\r\n

Where:

ffff -> answer message header
01023e2b-> body contains the faulty message
31f8-> the CRC checksum

3.q Get the Angle of arrival:

This message gets the angle of arrival (AOA).

Header: 0105

Body: there is no body

For example:

\$0105fc8a\r\n

Where:

0105-> question message header
fc8a -> the CRC checksum

3.a Answer for the question 3.q:

Header: 8105
Body: 4 bytes, (4 hexadecimal number)

The body is determined in the following way: the AOA is multiplied by 65535 and divided by 360. The result is rounded to an integer by adding 1/2, and taking the floor of the result, after all the number must be converted to hexadecimal.

8106-> answer message header
 0d0e -> body, represents the variance = 5,1
 7a35-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

5.q Setting the frequency of DF system

The measurement frequency of DF system is set by the aid of this message.

Header: 0202

Body: 8 bytes (8 hexadecimal numbers)

The allowed frequencies are between 20 MHz and 520 MHz. Frequency must be entered in Hz.

For example:

If you would like set the frequency to 100 MHz:

100MHz -> 100000000Hz

100000000 -> 5f5e100 (hexadecimal)

Therefore the message is:

\$020205f5e100a625\r\n

Where:

0202-> question message header

05f5e100-> body, represents the frequency = 100MHz

a625-> the CRC checksum

5.a Answer for the question 5.q:

Header: 8202

Body: 8 bytes (8 hexadecimal numbers)

The possible frequencies are between 20 MHz and 520 MHz. And frequency is represented in Hz.

For example:

\$820205f5e10079c4\r\n

Where:

8202-> answer message header

05f5e100-> body, represents the frequency = 100MHz

79c4-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

6.q Get the frequency of DF system

This message gets the working frequency of DF system.

Header: 0202

Body: there is no body

For example:

```
$02023e3b\r\n
```

Where:

0202 -> question message header

3e3b -> the CRC checksum

6.a Answer for the question 6.q:

Header: 8202

Body: 8 bytes (8 hexadecimal numbers)

The possible frequencies are between 20 MHz and 520 MHz. Frequency is represented in Hz.

For example:

```
$820205f5e10079c4\r\n
```

Where:

8202 -> answer message header

05f5e100-> body, represents the frequency = 100MHz

79c4-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

7.q Set the demodulation mode

Change the demodulation mode of DF system. The possible modes are: AM (Amplitude Modulation) FM (Frequency Modulation).

Header: 0203

Body: 1byte (1 hexadecimal number)

Set the demodulation mode to FM -> 0

Set the demodulation mode to AM -> 1

For example,

Set the demodulation mode to FM.

```
$02030577e\r\n
```

Where:

0203 -> question message header

0 -> body, FM

79c4 -> the CRC checksum

7.a Answer for the question 7.q:

Header: 8203

Body: 1byte (1 hexadecimal number)
In case of FM the body is 0
In case of AM the body is 1

For example,

The demodulation mode was set to FM, hence the answer is
\$82030969f\r\n

Where:

8203-> answer message header
0-> body, denotes the FM modulation
969f-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

8.q Get the demodulation mode

This message gets the demodulation mode of the DF system. The possible demodulation modes are: AM (Amplitude Modulation) FM (Frequency Modulation).

Header: 0203

Body: there is no body

For example,

\$0203fefa\r\n

Where:

0203 -> question message header
fefa -> the CRC checksum

8.a Answer for the question 8.q:

This message returns with the demodulation mode of DF system.

Header: 8203

Body: 1byte (1 hexadecimal number)
In case of FM the body is 0
In case of AM the body is 1

For example,

\$82031565e\r\n

Where:

8203-> answer message header
1-> body, denotes the AM modulation
565e -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

9.q Set the IFBW

This message changes the IFBW (Intermediate Frequency Bandwidth) of the DF system. The possible modes are: 15 kHz, 50 kHz

Header: 0204

Body: 1byte (1 hexadecimal number)
Set the IFBW to 15 kHz -> 2
Set the IFBW to 50 kHz -> 3

For example,
Set the IFBW to 15 kHz.

```
$02042a6fd\r\n
```

Where:

0204-> question message header
2-> body, represents the IFBW = 15 kHz
a6fd -> the CRC checksum

9.a Answer for the question 9.q:

Returns with the IFBW of DF system.

Header: 8204

Body: 1byte (1 hexadecimal number)
In case of 15 kHz the body is 2
In case of 50 kHz the body is 3

For example,
The IFBW is 15 kHz, hence the returned message is:

```
$82042671c\r\n
```

Where:

8204-> answer message header
2-> body, represents the IFBW = 15 kHz
671c -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

10.q Get the IFBW

This message gets the IFBW of DF system. The possible modes are: 15 kHz, 50 kHz

Header: 0204

Body: there is no body

For example,

```
$02043cbb\r\n
```

Where:

0204 -> question message header

3cbb -> the CRC checksum

10.a Answer for the question 10.q:

Returns with the IFBW of DF system.

Header: 8204

Body: 1byte (1 hexadecimal number)

In case of 15 kHz the body is 2

In case of 50 kHz the body is 3

For example,

The IFBW is 15 kHz, hence the returned message is>

```
$82042671c\r\n
```

Where:

8204-> answer message header

2-> body, represents the IFBW = 15 kHz

671c -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

11.q Get the signal level

This message gets the signal level of DF system on measurement's frequency. The signal level is between 0...255.

Header: 0206

Body: there is no body

For example,

```
$0206fd3a\r\n
```

Where:

0206 -> question message header

fd3a -> the CRC checksum

11.a Answer for the question 11.q:

Returns with the signal level on measurement frequency.

Header: 8206

Body: 2 bytes, (2 hexadecimal numbers) the signal level is between 0x0 and 0xff.
(decimal 0...255)

For example,

The signal level is 70 (decimal). The hexadecimal representation of signal level is 46.

```
$820646bf44\r\n
```

Where:

8206 -> answer message header

46 -> body, represents the 70 (decimal) signal level

bf44-> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

12.q Set the attenuator ON or OFF

Change the attenuator state.

Header: 0207

Body: 1byte (1 hexadecimal number)

Set the attenuator OFF -> 0

Set the attenuator ON -> 1

For example,

Set the attenuator ON

```
$0207157bd\r\n
```

Where:

0207-> question message header

1 -> body, attenuator ON

57bd -> the CRC checksum

12.a Answer for the question 12.q:

Return with the state of attenuator (ON or OFF).

Header: 8207

Body: 1byte (1 hexadecimal number)

Switch the attenuator OFF -> 0

Switch the attenuator ON -> 1

For example,

If the attenuator is switched ON the following message is returned

\$82071965c\r\n

Where:

8207-> answer message header
1 -> body, attenuator ON
965c -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

13.q Get the current state of attenuator

Get the attenuator state (ON or OFF).

Header: 0207

Body: there is no body

For example,

\$02073dfb\r\n

Where:

0207-> question message header
3dfb -> the CRC checksum

13.a Answer for the question 13.q:

Return with the state of attenuator.

Header: 8207

Body: 1byte (1 hexadecimal number)
Set the attenuator OFF -> 0
Set the attenuator ON -> 1

For example,

If the attenuator is ON, the following message returns
\$82071965c\r\n

Where:

8207-> answer message header
1 -> body, attenuator ON
965c -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

14.q Get the compass angle

This message gets the compass angle.

Header: 0302

Body: there is no body

Header: 8303

Body: 12 bytes (12 decimal numbers!!!)

The format of body: hhmmssYYMMDD

Where:

hh – hour

mm – minute

ss – second

YY – year

MM – month

DD – day

The first 6 numbers in the body represents the time, the last 6 numbers in the body represents the date.

For example:

Current time is: 15:55:33

Current date is: 30.04.2005. (April 30.)

Body which shows the current time and date: 155533050430

The message:

\$83031555330504301911\r\n

Where:

8303 -> answer message header

155533050430 -> body, 2005. April 30. ; 15:55:33

1911 -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

16.q Get GPS information

This message gets GPS information from DF system. It provides information about number of satellites, deviation, position and altitude.

Header: 0304

Body: there is no body

For example:

\$0304fcea\r\n

Where:

0304-> question message header

fcea -> the CRC checksum

16.a Answer for the question 16.q:

The answer message contains information about number of satellites, deviation, position and altitude.

Header: 8304

Body: 25byte, 25 ASCII karakter

The contents of the answer message body:

Number of satellites – shows the number of available satellites between 0...f (1 byte, 1 hexadecimal number)

Deviation – describes the GPS quality, the deviation is a number between 0.0 and 10.0. The measured deviation is multiplied by 2.55. The result is rounded to an integer by adding 1/2, and taking the floor of the result, after all the number must be converted to hexadecimal. (1 byte, 1 hexadecimal number)

Altitude – the altitude. Add 8000m (decimal) to the measured altitude, and convert it to hexadecimal (4 bytes, 4 hexadecimal numbers)

Position – the position information (19 bytes)

9 bytes - degree of latitude (e.g. N 47° 33,1244' -> N47331244)

10 bytes - degree of longitude (e.g. E 19° 22,4567' -> E019224567)

For example:

Message:

Number of satellites: 5 5

Deviation: 1.21 $1.21 * 2.55 = 3,0855$ 3

Altitude: 127m $127m + 8000m = 8127m$ 1fbf

Position (latitude): N 1° 23,456' N01234560

Position (longitude): E 7° 8,901' E007089010

The whole message:

\$8304531fbfN01234560E007089010d17a\r\n

Where:

8304-> answer message header

531fbfN01234560E007089010 -> body

d17a -> the CRC checksum

If there is any defect in the question message the answer message starts with ffff header, and the answer body will contain the entire faulty question message.

ANEXO III

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE COMINT – DF 2006 v2.0

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE COMINT – DF 2006 V 2.0

1. INTRODUCCIÓN

COMINT – DF 2006 V 2.0 es un software especializado que nos permite visualizar en un computador todos los controles necesarios para manejar los equipos del Sistema de DF del vehículo de guerra electrónica pasiva COMINT, ofreciendo velocidad y eficiencia en el manejo de los mismos.

El programa está proyectado a trabajar con determinados modelos y marcas de equipos, sin embargo bajo pedido se puede proveer de versiones que se acoplen a nuevos aparatos, lo que confiere a COMINT – DF 2006 V 2.0 las características de versatilidad y evolución.

El presente manual nos muestra detalladamente el manejo del software desde su instalación hasta el entendimiento de todos sus controles.

2. CONTENIDO DEL CD DE INSTALACIÓN

2.1. Contenido del CD

El CD de instalación cuenta con una carpeta y un archivo de tipo PDF (Ver Figura III.1), en la carpeta llamada INSTALADOR vamos a encontrar la versión 2.0 del software COMINT – DF 2006. Finalmente encontramos un archivo en formato PDF que es el manual de usuario.

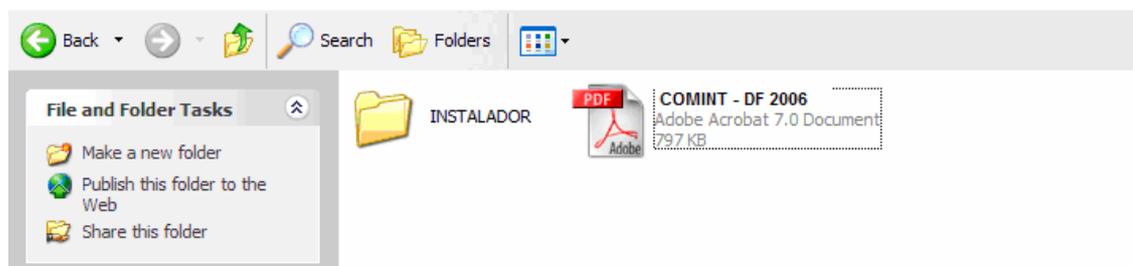


Figura III.1 Contenido del CD de Instalación

3. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

3.1 Encendido de los Equipos

Para usar el sistema de COMINT – DF 2006 se debe de empezar por encender los equipos, la secuencia en la cual se debe de encender cada uno de los mismos es la siguiente:

1. Se debe de energizar todo el shelter.
2. Se enciende el DF ALMOS 3000
3. Se enciende la Radio R&S EB 200
4. Luego se enciende el computador.

Este orden de arranque del sistema es el más aconsejable para que el sistema funcione de manera correcta.

3.2 Instalación del Software

Los pasos para la instalación del Software COMINT – DF 2006 se muestran a continuación:

1. Abra la carpeta Instalador, mostrada en la Figura III.1, para instalar haga doble click en el icono COMINT-DF-SETUP, he inmediatamente se presentará la pantalla que se muestra en la Figura III.2.

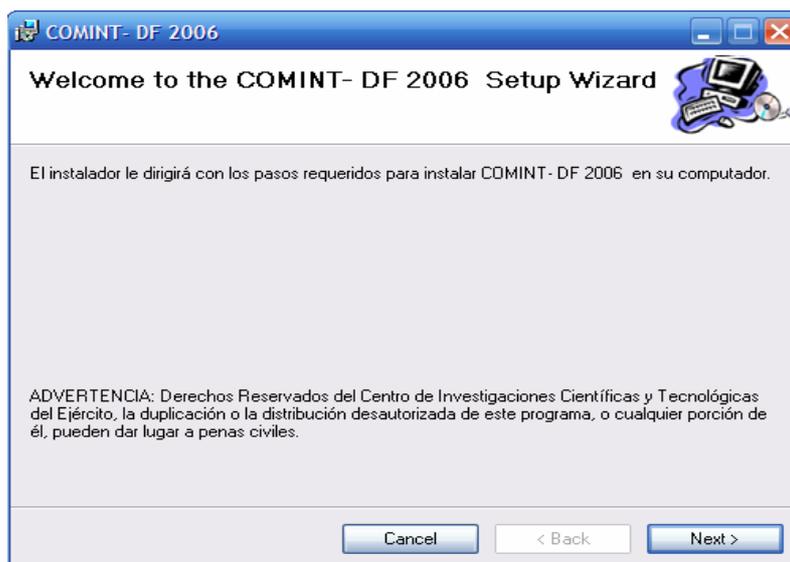


Figura III.2 Instalación Software COMINT – DF 2006

2. El instalador le indicará paso a paso como realizar la instalación, para lo cual, se debe elegir el botón NEXT en cada pantalla.



Pantalla 1



Pantalla 2



Pantalla 3

Figura III.3 Pasos de Instalación del Software COMINT – DF 2006

3.3 Ejecución del Software

Cuando los equipos ya se encuentran encendidos se debe ejecutar el Software de la siguiente forma:

1. Hacer doble click en el ícono del programa COMINT – DF 2006.



Figura III.4 Ícono del Software COMINT – DF 2006

2. Conectarse al DF ALMOS 3000 y a la Radio R&S EB 200 mediante los íconos y controles que se indican en las siguientes figuras.



Figura III.5 Conexión con la Radio R&S EB 200



Figura III.6 Conexión con el DF ALMOS 3000

3. Abrir un nuevo mapa o cargar datos previamente almacenados, mediante los íconos que se muestran en las siguientes figuras.



Figura III.7 Abrir un nuevo mapa



Figura III.8 Cargar un Mapa previamente almacenado.

4. Realizar las operaciones que requiera el operador.

Si no se cumple con el orden indicado anteriormente el programa puede tener un mal funcionamiento.

4. CONTROLES DE MANEJO

En la Figura III.9 se muestra la interfaz gráfica de usuario y en la tabla III.1 se hace la descripción de cada uno de los controles que forman parte de esta interfaz.

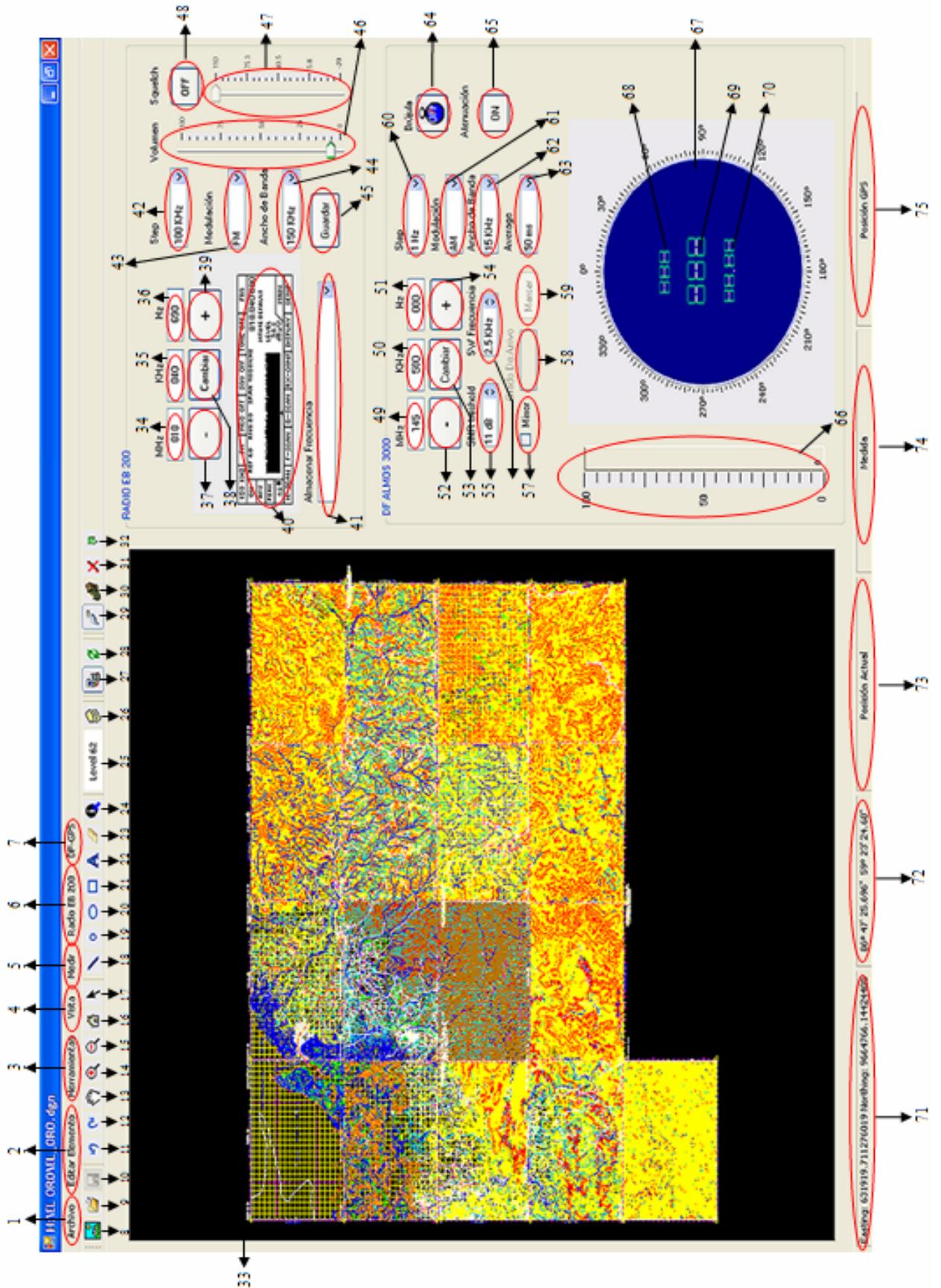


Figura III.9 Pantalla Principal Software COMINT - DF 2006 V2.0

Tabla III.1 Tabla de Controles de la GUI del Software COMINT - DF 2006 V2.0

Item	Nombre	Descripción
Controles de la Barra de Menús		
1	ArchivoToolStripMenuItem	Despliega el menú Archivo.
2	EditarToolStripMenuItem	Despliega el menú Editar Elemento.
3	HerramientasToolStripMenuItem	Despliega el menú Herramientas.
4	VistaToolStripMenuItem	Despliega el menú Vista.
5	MedirToolStripMenuItem	Despliega el menú Medir.
6	RadioEB200ToolStripMenuItem	Despliega el menú de la Radio R&S EB 200.
7	DFGPSToolStripMenuItem	Despliega el menú del DF Almos 3000 y del GPS.
Controles de la Barra de Herramientas		
8	TolbNuevo	Abre un nuevo mapa digital.
9	TolbOpen	Abre un mapa y datos guardados anteriormente.
10	TolbSave	Guarda un mapa y datos de la Radio y del DF.
11	TolbUndo	Deshace la última acción realizada sobre el mapa.
12	TolbReUndo	Rehace la última acción realizada sobre el mapa.
13	TolbPan	Mueve el mapa mientras se presiona el botón izquierdo del Mouse.
14	TolbZoomIn	Realiza un Zoom In sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
15	TolbZoomOut	Realiza un Zoom Out sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
16	TolbFit	Coloca el mapa proporcionalmente en toda la ventana del control PSCMAP.

17	TolbCursor	Selecciona un cursor del mouse, para poder localizar un elemento del mapa.
18	TolbLinea	Dibuja una línea de modo interactivo ¹² .
19	TolbCirculo	Dibuja un círculo de modo interactivo.
20	TolbElipse	Dibuja una elipse de modo interactivo.
21	TolbRectangulo	Dibuja un rectángulo de modo interactivo.
22	TolbText	Presenta una ventana para el ingreso de texto y posteriormente colocarlo sobre el mapa de modo interactivo.
23	TolbBorrar	Borra un elemento del mapa de modo interactivo.
24	TolbInfo	Muestra la información de un elemento por la acción de dos click derechos sobre este.
25	TolbCapaActiva	Muestra la capa activa del mapa, en la que se crearán nuevos elementos.
26	TolbLayer	Muestra una ventana con todas las capas que forman el mapa.
27	TolbConectarRadio	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con la Radio R&S EB 200.
28	TolbActualizar	Actualiza la vista del control WebRadioScreen.
29	TolbConectarDFGPS	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con el DF Almos 3000.
30	TolbUbicarPos	Ubica la posición actual enviada por el GPS sobre el mapa.
31	TolbUbicarEliminar	Elimina la última posición dibujada sobre el mapa.
32	TolbUbicarLocalizar	Localiza la posición dibujada sobre el mapa.
Control para la presentación de Cartografía Digital		

¹² Modo interactivo: mediante la acción del mouse.

33	PCSMAP	Control para la presentación y manipulación de mapas digitales.
Controles de Manejo de la Radio R&S EB 200		
34	txtMEGA	Ingreso de la frecuencia en MHz en la Radio R&S EB 200.
35	txtKILO	Ingreso de la frecuencia en kHz en la Radio R&S EB 200.
36	txtHz	Ingreso de la frecuencia en Hz en la Radio R&S EB 200.
37	cmbMENOS	Disminuye la frecuencia, en la Radio R&S EB 200, en pasos seleccionados en el control comboSTEP.
38	cmbCAMBIAR	Cambia la frecuencia en la Radio R&S EB 200, por el ingreso de un nuevo valor en los controles txtMEGA, txtKILO y txtHz.
39	cmbMAS	Incrementa la frecuencia, en la Radio R&S EB 200, en pasos seleccionados en el control comboSTEP.
40	WebRadioScreen	Presenta la pantalla de la Radio R&S EB 200.
41	ComboBoxDatosRadio	Control que almacena y recarga los diferentes datos de la Radio R&S EB 200.
42	comboSTEP	Indica los saltos que tienen que dar los botones cmbMENOS y cmbMAS.
43	comboMODU	Cambia el tipo de modulación en la Radio R&S EB 200
44	comboBW	Cambia el Ancho de Banda en la Radio R&S EB 200.
45	cmbGuardarFreq	Botón que almacena los diferentes datos de la Radio R&S EB 200 en el control ComboBoxDatosRadio.
46	VolBar	Cambia el Volumen en la Radio R&S EB 200.

47	SquBar	Cambia el nivel de Squelch de la Radio R&S EB 200.
48	cmbSQUELCH	Activa o desactiva el Squelch en la Radio R&S EB 200.
Controles para Manejo del DF ALMOS 3000		
49	txtMEGADF	Ingreso de la frecuencia en MHz en el DF Almos 3000.
50	txtKILODF	Ingreso de la frecuencia en kHz en el DF Almos 3000.
51	txtHzDF	Ingreso de la frecuencia en Hz en el DF Almos 3000.
52	cmbMENOSDF	Disminuye la frecuencia, en el DF Almos 3000, en pasos seleccionados en el control comboSTEPDF.
53	cmbCAMBIARDF	Cambia la frecuencia en el DF Almos 3000, por el ingreso de un nuevo valor en los controles txtMEGADF, txtKILODF y txtHzDF.
54	cmbMASDF	Incrementa la frecuencia, en el DF Almos 3000, en pasos seleccionados en el control comboSTEPDF.
55	UpDTresholdDF	Cambia el nivel de Treshold en el DF Almos 3000.
56	UpDSWFrequencyDF	Cambia el Switch Frequency en el DF Almos 3000.
57	chkBMirror	Activa o desactiva el desplazamiento de los valores de la dirección enviadas por el DF Almos 3000.
58	txtAnguloDF	Ingreso por el usuario de la dirección de arribo de la señal enviada por el DF Almos 3000, para dibujarla en el mapa.
59	cmbMarcarDF	Dibuja la dirección ingresada en el control

		txtAnguloDF.
60	comboSTEPDF	Indica los saltos que tienen que dar los botones cmbMENOSDF y cmbMASDF.
61	comboMODUDF	Cambia el tipo de modulación en el DF Almos 3000.
62	comboBWDF	Cambia el Ancho de Banda en el DF Almos 3000.
63	comboAverageDF	Cambia el Average en el DF Almos 3000.
64	cmbBRUJULADF	Activa o desactiva la brújula en el DF Almos 3000.
65	cmbATENUADF	Activa o desactiva la atenuación en el DF Almos 3000.
66	PicBSignal	Presenta el nivel de señal enviado por el DF Almos 3000.
67	PicBArea	Dibuja en una brújula la dirección de la señal enviada por el DF Almos 3000.
68	LblCompas	Presenta la dirección de la brújula enviada por el DF Almos 3000.
69	LblGrad	Presenta la dirección de arribo de la señal enviada por el DF Almos 3000.
70	LblError	Presenta la varianza en la dirección enviada por el DF Almos 3000.
Controles de la Barra de Estado		
71	StatbarUTM	Presenta las coordenadas del mapa en UTM.
72	StatbarGeo	Presenta las coordenadas del mapa en Geográficas.
73	StatbarPosicion	Presenta la posición actual tomada del GPS.
74	StatbarMedir	Presenta el resultado de realizar las acciones del menú MedirToolStripMenuItem.
75	StatbarPosGPS	Presenta las coordenadas Geográficas enviadas por el GPS.

Como se pudo observar en la Figura III.9, la interfaz gráfica de usuario contiene una Barra de Menús, en las siguientes figuras (Figuras: III.10 a la III.16) se presentan los submenús, para posteriormente en las tabla III.2 a la III.9 realizar una descripción de la función de cada uno de estos.

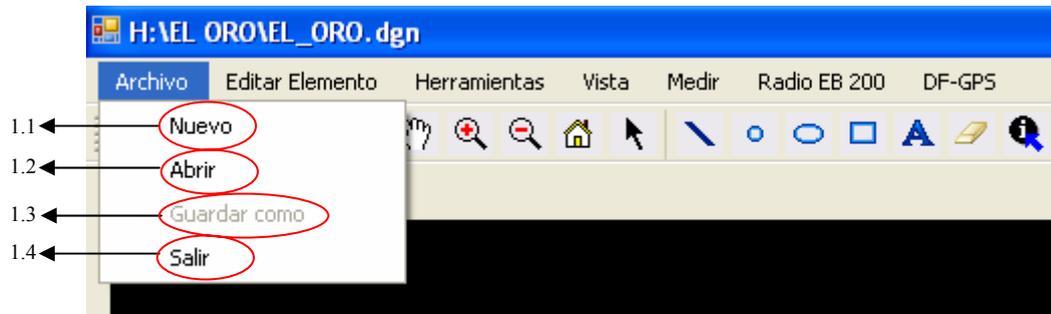


Figura III.10 Menú Archivo

Tabla III.2 Tabla del Menú Archivo

Item	Nombre	Descripción
1.1	NuevoToolStripMenuItem	Abre un nuevo mapa digital.
1.2	AbrirToolStripMenuItem	Abre un proyecto guardado anteriormente.
1.3	GuardarToolStripMenuItem	Guarda un proyecto.
1.4	SalirToolStripMenuItem	Cierra el programa.

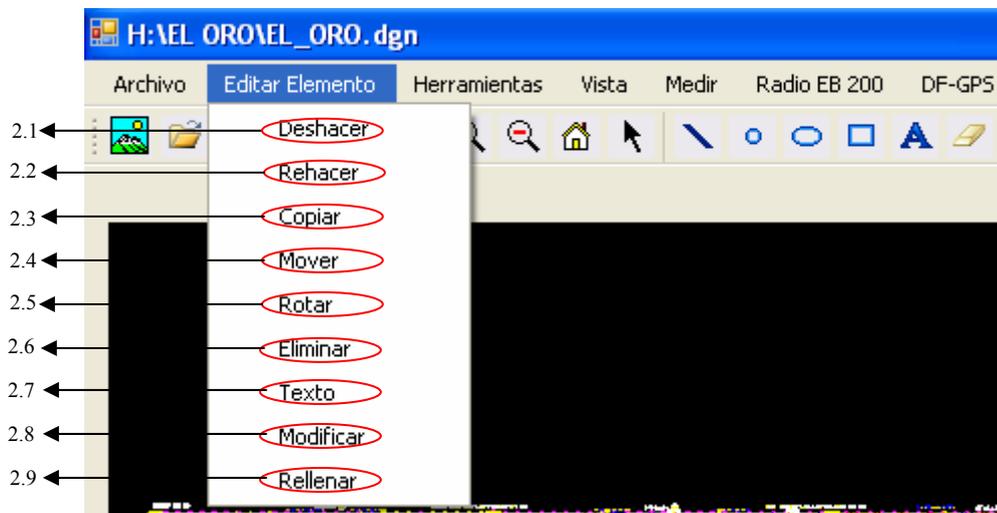


Figura III.11 Menú Editar Elemento

Tabla III.3 Tabla del Menú Editar Elemento

Item	Nombre	Descripción
2.1	DeshacerToolStripMenuItem	Deshace la última acción realizada sobre el mapa.
2.2	RehacerToolStripMenuItem	Rehace la última acción realizada sobre el mapa.
2.3	CopiarToolStripMenuItem	Copia un elemento del mapa y lo coloca en una nueva posición de modo interactivo.
2.4	MoverToolStripMenuItem	Mueve un elemento del mapa y lo coloca en una nueva posición de modo interactivo.
2.5	RotarToolStripMenuItem	Rota un elemento del mapa de modo interactivo.
2.6	EliminarToolStripMenuItem	Elimina un elemento del mapa de modo interactivo.
2.7	TextoToolStripMenuItem	Edita el contenido de un elemento de tipo texto del mapa.
2.8	ModificarToolStripMenuItem	Cambia los atributos de un elemento, de modo interactivo.
2.9	RellenarToolStripMenuItem	Rellena una figura poligonal de modo interactivo.



Figura III.12 Menú Herramientas

Tabla III.4 Tabla del Menú Herramientas

Item	Nombre	Descripción
3.1	DibujarToolStripMenuItem	Despliega un submenú para la creación de figuras sobre el mapa.
3.2	PropiedadesToolStripMenuItem	Muestra la información de un elemento por la acción de dos click derechos sobre este.
3.3	TitilarToolStripMenuItem	Hace titilar un elemento del mapa, de modo interactivo.

Tabla III.5 Tabla del Submenú Dibujar

Item	Nombre	Descripción
3.1.1	ArcoToolStripMenuItem	Dibuja un arco en modo interactivo.
3.1.2	ArcoPorRadioToolStripMenuItem	Dibuja un arco, con un radio definido por el usuario, de modo interactivo.
3.1.3	CadenaDeLineasToolStripMenuItem	Dibuja una cadena de líneas de modo interactivo.
3.1.4	CirculoToolStripMenuItem	Dibuja un círculo de modo interactivo.
3.1.5	CurvaToolStripMenuItem	Dibuja una curva de modo interactivo.
3.1.6	ElipseToolStripMenuItem	Dibuja una elipse de modo interactivo.
3.1.7	LineaToolStripMenuItem	Dibuja una línea de modo interactivo.
3.1.8	PoligonoToolStripMenuItem	Dibuja una figura poligonal de modo interactivo.
3.1.9	RectanguloToolStripMenuItem	Dibuja un rectángulo de modo interactivo.
3.1.10	DibTextoToolStripMenuItem	Presenta una ventana para el ingreso de texto y posteriormente colocarlo sobre el mapa de modo interactivo.

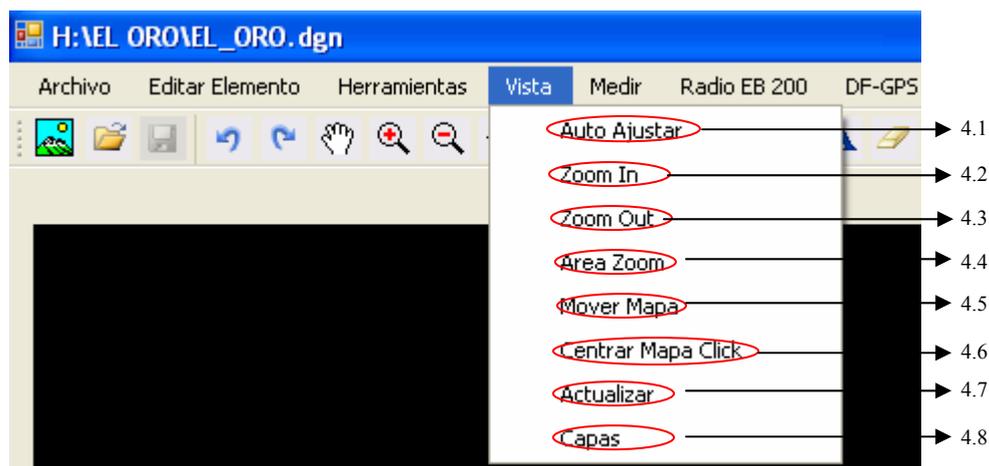


Figura III.13 Menú Vista

Tabla III.6 Tabla del Menú Vista

Item	Nombre	Descripción
4.1	AutoAjustarToolStripMenuItem	Coloca el mapa proporcionalmente en toda la ventana del control PSCMAP.
4.2	ZoomInToolStripMenuItem	Realiza un Zoom In sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
4.3	ZoomOutToolStripMenuItem	Realiza un Zoom Out sobre el mapa al momento de dar un click izquierdo.
4.4	AreaZoomToolStripMenuItem	Realiza el Zoom en un área definida por el usuario.
4.5	MoverMapaToolStripMenuItem	Mueve el mapa mientras se presiona el botón izquierdo del Mouse.
4.6	CentrarMapaClickToolStripMenuItem	Centra el mapa en la posición indicada por un click izquierdo del mouse.
4.7	ActualizarToolStripMenuItem	Actualiza la vista sobre el mapa.
4.8	CapasToolStripMenuItem	Muestra una ventana con todas las capas que forman el mapa.



Figura III.14 Menú Medir

Tabla III.7 Tabla del Menú Medir

Item	Nombre	Descripción
5.1	DistanciaToolStripMenuItem	Presenta la distancia en metros entre dos puntos definidos de modo interactivo.
5.2	AreaToolStripMenuItem	Presenta y calcula el área en metros cuadrados de un polígono, definido de modo interactivo.



Figura III.15 Menú Radio EB 200

Tabla III.8 Tabla del Menú Radio EB 200

Item	Nombre	Descripción
6.1	ConectarRadioToolStripMenuItem	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con la Radio R&S EB 200.
6.2	ActualizarRadioToolStripMenuItem	Actualiza la vista del control WebRadioScreen.

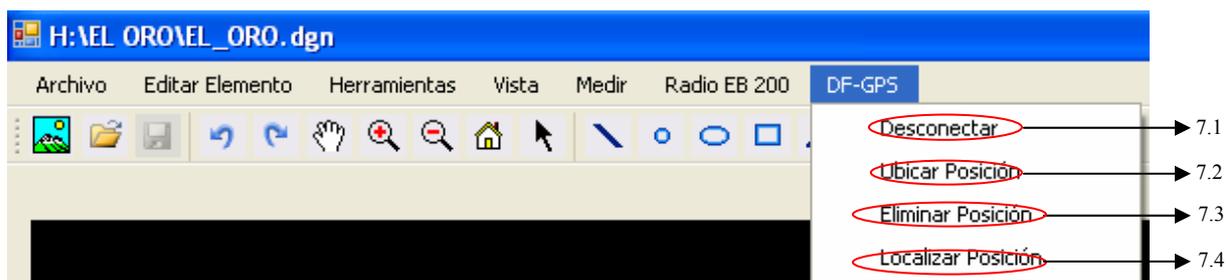


Figura III.16 Menú DF-GPS

Tabla III.9 Tabla del Menú DF-GPS

Item	Nombre	Descripción
7.1	ConectarDFGPSToolStripMenuItem	Realiza el procedimiento necesario para la conexión/desconexión con el DF Almos 3000.
7.2	UbicarPosicionToolStripMenuItem	Ubica la posición actual enviada por el GPS sobre el mapa.
7.3	EliminarPosicionToolStripMenuItem	Elimina la última posición dibujada sobre el mapa.
7.4	LocalizarPosicionToolStripMenuItem	Localiza la posición dibujada sobre el mapa.

5. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

5.1 Comunicación entre los equipos y el computador

La comunicación entre la Radio R&S EB 200, el DF ALMOS 3000 y el computador es bidireccional. Para el caso de la Radio R&S EB 200, esto significa que si usted hace un cambio con los controles del programa se verá casi al instante reflejado en el equipo, y viceversa si usted cambia algún estado en el equipo se verá en el programa.

Por ejemplo si manipula la frecuencia de trabajo en el programa, la pantalla del Radio nos indicará el cambio, de igual forma si usted cambia la frecuencia en la Radio se verá en los recuadros respectivos de la pantalla del programa.

Para el caso del DF ALMOS 3000, solo se puede modificar los parámetros de forma remota desde el software COMINT – DF 2006.

5.2 Ubicación de Posición Geográfica sobre Cartografía Digital

Con los íconos Ubicar Posición y Localizar Posición, que se muestran en la Figura III.17, el usuario puede conocer la posición actual del camión de Guerra Electrónica Pasiva COMINT y ubicarla sobre el Mapa Digital.



Figura III.17 Ícono de ubicación sobre el Mapa Digital

BIBLIOGRAFÍA

- 📖 LIPSKY Stephen, *Microwave Passive Direction Finding*.
- 📖 SOCLOF I., *Two Interferometer-type Direction-finding Systems*, University of Michigan Research Institute.
- 📖 *Introduction to Communication Electronic Warfare Systems*, Artech House Information Warfare Library.
- 📖 POISEL Richard, *Modern Communications Jamming Principles and Techniques*, The Artech House Information Warfare Library.
- 📖 *Target Acquisition in Communication Electronic Warfare Systems*, The Artech House Information Warfare Library.
- 📖 USBECK Carlos, *Sistemas Avanzados de Telecomunicaciones*.
- 📖 Rohde & Schwarz, *Novedad Militares: Electrónica para la seguridad y defensa*, No. 8, 2004.
- 📖 Almos_remote_control_v1.1.5^a_18Jul05.
- 📖 Documentation R&S EB 200, Rohde & Schwarz.

📖 Documentation PCSCUS.

📄 Radio Kenwood: www.kenwood.nl/WebFiles/File/nl/download/flyer/comm/TK-80.pdf. Manual Radio Kenwood.

📄 Harris: www.rfcomm.harris.com/products/tactical-radio-communications/rf-5800h-mp-spanishb.pdf, Radio Harris.

📄 Rohde & Schwarz: www.rohde-schwarz.com/www/dev_center.nsf/html/113215, Manual Radio Rohde&Schwarz.

📄 Rohde & Schwarz: [www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter1_introduction.pdf/\\$file/chapter1_introduction.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter1_introduction.pdf/$file/chapter1_introduction.pdf)

📄 [www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter2_df_principles.pdf/\\$file/chapter2_df_principles.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter2_df_principles.pdf/$file/chapter2_df_principles.pdf)

📄 [www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter3_classical_df_methods.pdf/\\$file/chapter3_classical_df_methods.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter3_classical_df_methods.pdf/$file/chapter3_classical_df_methods.pdf)

📄 [www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter4_df_saprocessing.pdf/\\$file/chapter4_df_saprocessing.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter4_df_saprocessing.pdf/$file/chapter4_df_saprocessing.pdf)

📄 [www.rsd.de/www/downcent.nsf/file/chapter5_display_o_bearings.pdf/\\$file/chapter5_display_o_bearings.pdf](http://www.rsd.de/www/downcent.nsf/file/chapter5_display_o_bearings.pdf/$file/chapter5_display_o_bearings.pdf)

📄 [http://www.rsd.de/www/downcent.nsf/file/chapter6_error_sources.pdf/\\$file/chapter6_error_sources.pdf](http://www.rsd.de/www/downcent.nsf/file/chapter6_error_sources.pdf/$file/chapter6_error_sources.pdf)

📄 [http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter7_references.pdf/\\$file/chapter7_references.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/file/chapter7_references.pdf/$file/chapter7_references.pdf).

📄 Aprende a convertir coordenadas geográficas en UTM:
<http://recursos.gabrielortiz.com/art.asp?Info=058a>.

☰ Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM:

www.alasdeleyre.com/Archivos/Documentos/cartografia-Geograficas-UTM-Datum.PDF.

ACTA DE ENTREGA

El proyecto de grado “**Modernización Y Repotenciación del Sistema de DF (Direction Finding) del vehículo de Guerra Electrónica Pasiva de la Fuerza Terrestre Ecuatoriana COMINT y Diseño del Sistema de Comunicación con el vehículo de Guerra Electrónica Activa JAMMING**”, fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, _____

ELABORADO POR:

Sr. Juan Carlos González Sánchez

Sr. Angel Javier Hoyos Maroto

AUTORIDADES:

Ing. Gonzalo Olmedo MSc.

Coordinador de la Carrera de Telecomunicaciones

Sr. Dr. Jorge Carvajal

Secretario Académico del Departamento de Eléctrica y Electrónica