



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería



**DETECCION DE LA EMISION RADIOELECTRICA EN FM Y
LOCALIZACION DEL SISTEMA IRRADIANTE DE UNA
ESTACION RADIODIFUSORA NO AUTORIZADA POR EL
MTC UTILIZANDO SISTEMAS DE RADIOGONIOMETRIA
MOVIL.**

Tesis para la optar el título de ingeniero Electrónico

Presentado por:
Carlos Alberto Álvarez Morales

Lima - PERÚ

2007

CAPITULO I

PARÁMETROS Y NORMAS TÉCNICAS DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM.

.....	1
1.1- RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA	1
.....	1
1.2- PARÁMETROS USADOS EN RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM	3
.....	3
1.2.1- Altura efectiva de antena (he)	3
.....	3
1.2.2- Ángulo de apertura del lóbulo principal	3
.....	3
1.2.3- Área de bloqueo	3
.....	3
1.2.4- Área de servicio estimada	3
.....	3
1.2.5- Banda de frecuencia para el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia	3
.....	3
1.2.6- Canal para el Servicio de Radiodifusión sonora por modulación de frecuencia	3
.....	3
1.2.7- Contorno protegido	3
.....	3
1.2.8- Cota (hc)	4
.....	4
1.2.9- Diagrama de directividad de una antena	4
.....	4
1.2.10- Estación de Baja Potencia	4
.....	4
1.2.11- Estación de Baja Potencia Unificada	4
.....	4
1.2.12- Estación de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia	4
.....	4
1.2.13- Frecuencia del canal	4
.....	4
1.2.14- Ganancia de antena	4
.....	4

1.2.15- Índice de Modulación	4
1.2.16- Interferencia	5
1.2.17- Modulación de frecuencia	5
1.2.18- Nivel Medio del Terreno (hn)	5
1.2.19- Porcentaje de Modulación	5
1.2.20- Potencia radiada efectiva (ERP)	5
1.2.21- Radiodifusión estereofónica	5
1.2.22- Relación de protección	5
1.2.23- Señal D	5
1.2.24- Señal I	6
1.2.25- Señal M	6
1.2.26- Señal S	6
1.2.27- Banda base	6
1.2.28- Sistema estereofónico de frecuencia piloto	6
1.2.29- Separación de canales	6
1.2.30- Servicio subsidiario	6
1.2.31- Transmisión monofónica	6
1.2.32- Transmisión múltiplex en el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia	6

1.2.33- Transmisión estereofónica	7
1.3- DENOMINACIÓN DE LAS EMISIONES	7
1.3.1- Ancho de banda necesario	7
1.3.2- Clases de emisiones	7
1.3.2.1- Primer símbolo	7
1.3.2.2- Segundo símbolo	8
1.3.2.3- Tercer Símbolo	9
1.4- PRINCIPIOS TÉCNICOS	9
1.4.1- Clasificación de las estaciones	10
1.4.1.1- Estación Clase A	10
1.4.1.2- Estación Clase B	10
1.4.1.3- Estación Clase C	10
1.4.1.4- Estación Clase D	10
1.4.2- Contorno de protección	10
1.4.3- Relación de protección en RF	10
1.4.4- Emisión no esencial en el primer canal adyacente	11
1.5- NORMAS DE ASIGNACIÓN	11
1.5.1- Separación de frecuencia	11

1.5.2- Restricción de banda aeronáutica	11
1.5.3- Restricción de canal 6 de televisión	13
1.6- NORMAS DE OPERACIÓN	13
1.6.1- Normas de operación de la estación	13
1.6.1.1- Tolerancia de frecuencia	13
1.6.1.2- Porcentaje de modulación	13
1.6.1.3- Tolerancia de potencia	13
1.6.1.4- Especificación de potencia	13
1.6.2- Norma de operación de ubicación de la estación	13
1.6.3-Norma de operación del equipamiento y del Sistema irradiante	14
1.6.3.1- Equipamiento	14
1.6.3.2- Sistema irradiante	14
1.6.4- Norma de operación del enlace: Estudio – Planta transmisora	14
1.6.5- Norma de operación de las estaciones de baja potencia	14
1.6.5.1- Estación clase E1	14
1.6.5.2- Estación clase E2	14
1.6.5.3- Protección de las estaciones	14
1.6.6- Normas de asignación de la estación	15

1.6.6.1- Normas de asignación de la estación
15

CAPÍTULO II

RADIODIFUSIÓN NO AUTORIZADA Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA FM. EN LIMA
..... 16

2.1- RADIODIFUSIÓN DE UNA ESTACION NO AUTORIZADA DE BAJA POTENCIA
..... 16

2.1.1- Estudio de la frecuencia y ubicación de la estación
17

2.1.1.1- Búsqueda de una frecuencia libre
17

2.1.1.2- Ubicación del estudio, transmisor y sistema irradiante
18

2.1.2- Equipos utilizados por una estación radiodifusora no autorizada
19

2.1.2.1- Transmisores de FM
19

2.1.2.2- Amplificadores para FM
21

2.1.2.3- Fuente de poder para FM
23

2.1.2.4- Filtros para FM.....
24

2.1.2.5- Antenas para FM.....
25

2.1.2.5.1- Tipo de antenas utilizadas en estaciones radiodifusoras no autorizadas ...
26

2.1.2.5.1.1- Antena monopolo vertical con plano a tierra
26

2.1.2.5.1.2- Antena dipolo vertical
27

28	2.1.2.5.1.3- Antena dipolo circular
28	2.1.2.5.1.4- Antena dos dipolos cruzados en "V"
29	2.1.2.5.1.5- Antena Yagi de "N" elementos (*)
30	2.1.2.6- Conectores y cables para una estación de FM
31	2.1.2.7- Instalación del estudio de FM
32	2.2- SITUACION ACTUAL DE LA FM, EN LIMA
32	2.2.1- Leyes que regulan la radiodifusión sonora en el Perú
33	2.2.2- Canalización de la FM, en la ciudad de Lima
35	2.2.3- Canales asignados en la ciudad de Lima y en los distritos periféricos
35	2.2.4- Ubicación de las radiodifusoras de FM, autorizadas en Lima
38	2.2.5- Ubicación de las radiodifusoras de FM, no autorizadas en Lima
 CAPÍTULO III	
 RADIOGONIOMETRÍA	
39	3.1- OBJETIVOS GENRALES DE LOS RADIOGONIÓMETROS
40	3.2- GENERALIDADES SOBRE UN MEDIDOR DE RADIOGONIOMETRÍA
40	3.2.1- Sistema de Radiogoniometría
40	3.2.2- Sistema de Adquisición
40	3.2.2.1- Sistema de Adquisición en paralelo

40	3.2.2.2- Sistema de Adquisición secuencial
41	3.2.2.2.1- Precisión
41	3.2.2.2.2- Sensibilidad
42	3.2.2.2.3- Inmunidad frente a ondas distorsionadas – Interferencia Coherente ...
43	3.2.2.2.4- Efectos de la despolarización
43	3.2.2.2.5- Efecto de la Interferencia Cocanal
43	3.2.2.2.6- Tiempo de respuesta
44	3.2.2.2.7- Consideraciones generales sobre localización
44	3.2.2.2.8- Diversos sistemas de radiogoniometría
44	3.2.2.2.9- Técnicas de radiogoniometría
44	3.2.2.2.9.1- Características de las antenas giratorias
44	3.2.2.2.9.2- Método de Wullenweber
44	3.2.2.2.9.3- Método Adcock / Watson – Watt
46	3.2.2.2.9.4- Método Doppler y Pseudo Doppler
46	3.2.2.2.9.5- Método del Interferómetro de Fase
48	3.2.2.2.9.6- Método de Correlación y Superrelación
50	3.3- ESTACIÓN BÁSICA DE RADIOGONIOMETRÍA
51	3.3.1- Radiogoniómetro móvil

3.4- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA, LG111, LG309 y LG302	51
3.4.1- Unidad de software, THOMSOM CFS Comunicaciones	51
3.4.2- Parámetros de radiogoniometría	51
3.4.2.1- Frecuencia central	51
3.4.2.2- Frecuencia mínima	51
3.4.2.3- Frecuencia máxima	52
3.4.2.4- Pasos de frecuencia	52
3.4.2.5- Banda de adquisición	52
3.4.2.6- Duración de la integración	52
3.4.2.7- Resolución	52
3.4.2.8- Umbral de detección	52
3.4.2.9- Ganancia en Radiofrecuencia	52
3.4.2.9.1- Buena linealidad	52
3.4.2.9.2- Normal	52
3.4.2.9.3- Alta Sensibilidad	52

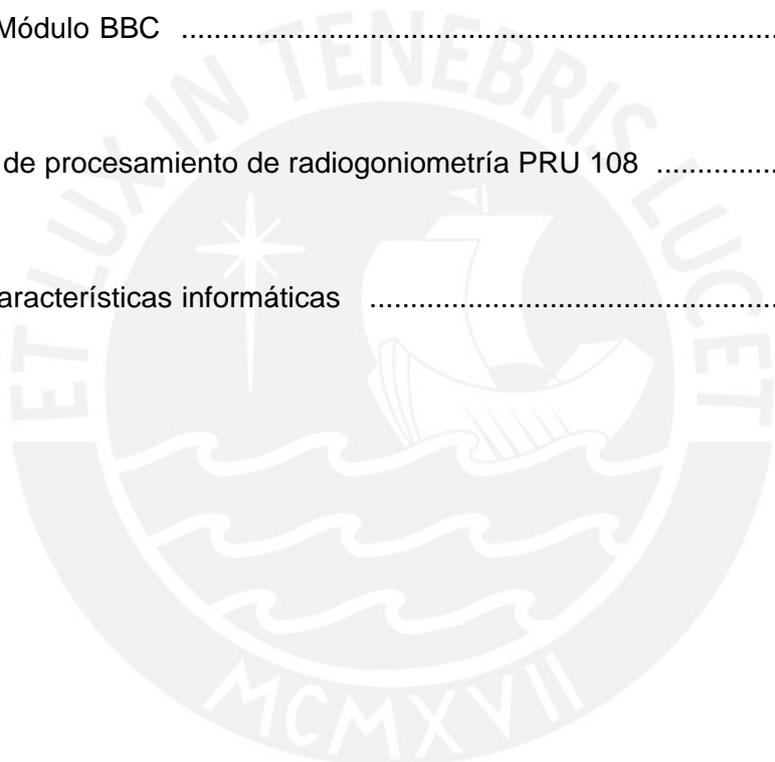
53	
	3.4.2.10- Remanencia
53	
	3.4.2.11- Tipo de procesamiento
53	
	3.4.2.11.1- Resultados básicos
53	
	3.4.2.11.2- Resultados básicos y de extracción
53	
	3.4.2.11.3- Resultados de extracción
53	
	3.4.3- Modos de funcionamiento
53	
	3.4.3.1- Modo Vigilancia bloqueada
53	
	3.4.3.2- Modo Barrido
53	
	3.4.3.2.1- Barrido en cadencia
54	
	3.4.3.2.2- Barrido Booster
54	
	3.4.3.3- Modo Vigilancia cíclica
54	
	3.4.3.4- Modo Mantenimiento
54	
	3.4.4- Presentación general
55	
	3.4.4.1- Lanzar aplicación

55	3.4.4.2- Presentación de la página principal
56	3.4.4.2.1- Menú (Zona 1)
56	3.4.4.2.2- Botones de control (Zona 2)
56	3.4.4.2.3- Zona de selección de la configuración gráfica (Zona 3)
56	3.4.4.2.4- Zona de control de la escucha (Zona 4)
56	3.4.4.2.5- Zona gráfica (Zona 5)
56	3.4.4.2.6- Zona de mensaje (Zona 6)
56	3.4.4.2.7- Zona de estado (Zona 7)
56	3.4.4.2.8- Zona del cursor (Zona 8)
56	3.4.4.3- Cajón de herramientas
57	3.4.4.4- Ventana de resultados numéricos
58	3.4.4.5- Ventana gráfica Frecuencia / Acimut
59	3.4.4.6- Ventana gráfica de espectro de amplitud
59	3.4.4.7- Vista gráfica Histograma de Frecuencia

60	
	3.4.4.8- Vista Homing
60	
	3.4.4.9- Ventana gráfica de escala de colores
61	
3.5- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA LG309	
62	
	3.5.1- Inicialización del software LG309
62	
	3.5.2- Gestión de una lista en el software LG309
63	
3.6- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA LG302 (PARA HACER DISPAROS)	
64	
3.6- SOFTWARE PARA SIMULACIÓN DE COBERTURA: ELLIPSE-TECNICO	
65	
CAPÍTULO IV	
SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM NO AUTORIZADA ...	
66	
4.1- UNIDAD MÒVIL DE RADIOGONIOMETRÍA TRC 8000 HVU-2	
67	
	4.1.1- Unidad de alimentación de Goniometría
69	
	4.1.1.1- Controlador y banco de baterías
69	
	4.1.1.2- Inversor senoidal de voltaje
69	
	4.1.1.3- UPS
70	

4.1.2- Unidad de antenas móviles ANT 184-A	71
4.1.2.1 - Gama de antenas para V/UHF	71
4.1.3- Unidad de conmutación de antenas AEA 192	72
4.1.3.1- Conmutador de antenas para V/UHF	72
4.1.4- Unidad de recepción REC 108 VU-2 Esmeralda V/H/UHF	73
4.1.4.1- Rec 108 – Canal 1	74
4.1.4.2- Rec 108 – Canal 2	74
4.1.4.3- Rec 108 – Canal 3	74
4.1.4.4- Rec 108 – Módulos adicionales	74
4.1.4.5- Conjunto de alimentación	75
4.1.4.6- Módulo RF HF 2000	75
4.1.4.7- Módulo RF VU 2000	76
4.1.4.8- Módulo IF VU 2000	76
4.1.4.9- Módulo IF HVU 2000	77

4.1.4.10- Módulos FN 2002 o FN 2003	77
4.1.4.11- Módulo LO 2000 (opcional)	77
4.1.4.12- Módulo Interfaz	77
4.1.4.13- Módulo ST 2001	78
4.1.4.14- Módulo BBC	78
4.1.5- Unidad de procesamiento de radiogoniometría PRU 108	79
4.1.5.1- Características informáticas	79



4.2- LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES NO AUTORIZADAS	81
4.2.1- Caso 1: Detección de una estación radiodifusora de FM, utilizando solo el método de interferometría correlativa del radiogoniómetro	81
4.2.1.1- Configuración del Software LG309, para seleccionar la frecuencia de operación de la estación no autorizada	81
4.2.1.2- Configuración del Software LG111, para monitoreo	82
4.2.1.3- Monitoreo de la estación no autorizada-nivel bajo	84
4.2.1.4- Monitoreo de la estación no autorizada-nivel intermedio	86
4.2.1.5- Monitoreo de la estación no autorizada-nivel alto	89
4.2.1.6- Simulación de la interferencia causada por la estación detectada	92
4.2.1.7- Características de la planta de transmisión (estudios) y del sistema irradiante de las estaciones NA02 y Radio Mar	93
4.2.1.8- Distancia y línea de vista entre las estaciones NA02 y Radio Mar	94
4.2.1.9- Área de cobertura de la estación NA02	94

4.2.1.10- Interferencia del segundo canal adyacente causada por la estación las estaciones NA02 y Radio Mar	95
4.2.2- Caso 2: Detección de una estación radiodifusora de FM utilizando el GPS interno de la unidad móvil (A.T.R.) y el GPS externo	95
4.2.2.1- Selección de la estación no autorizada	95
4.2.2.2- Seguimiento a la estación no autorizada: GPS interno / externo	96
4.2.2.3- Características de la planta de transmisión (estudios) y del sistema irradiante de las estaciones NA03, Radio Asociación Educativa Nuevo San Juan e Instituto de Radio y Televisión del Perú (I.R.T.P.)	98
4.2.2.4- Interferencia: Primer canal adyacente causada por la estación no autorizada NA03 - 103.7 MHz, sobre la estación autorizada Asociación Educativa Nuevo San Juan - 103.5 MHz, (ambas estaciones en San Juan de Lurigancho)	98
4.2.2.5- Interferencia: Primer canal adyacente causada por la estación no autorizada NA03 - 103.7 MHz, ubicada en San Juan de Lurigancho, sobre la estación autorizada Instituto de Radio y Televisión del Perú (I.R.T.P) - 103.9 MHz, ubicada en el Morro Solar	99

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS



ÍNDICE DE GRÁFICOS

**Figura 1.1 Señal de entrada y Portadora
02**

Figura 1.2 Señal modulada en Frecuencia
02

Figura 1.3 Espectro de Frecuencia de la Banda Aeronáutica – Banda Libre
12

Figura 1.4 Espectro de Frecuencia con interferencias en la Banda Aeronáutica
12

**Figura 2.1 Monitoreo del espectro en la Banda FM, detección de frecuencias libres
18**

Figura 2.2 Ubicación del estudio, transmisor y sistema irradiante
19

Figura 2.3	Excitador / Transmisor de Frecuencia – vista externa	20
Figura 2.4	Excitador / Transmisor de Frecuencia – vista interna	21
Figura 2.5	Etapa de amplificación – vista externamente	22
Figura 2.6	Etapa de amplificación – vista interna	22
Figura 2.7	Fuente de poder en un transmisor integrado	23
Figura 2.8	Etapa de Filtros	25
Figura 2.9	Antena Monopolo Vertical con plano a tierra	27
Figura 2.10	Antena Dipolo de polarización vertical	27
Figura 2.11	Antena Espira dipolo de polarización circular	28
Figura 2.12	Antena dos dipolos cruzados de polarización circular	29
Figura 2.13	Antena Yagi de 5 elementos de polarización vertical	30
Figura 2.14	Cables y Conectores de Sistema de radiodifusión	31
Figura 2.15	Instalación del estudio de Transmisión	32
Figura 3.1	Consola de un radiogoniómetro	41
Figura 3.2	Características de una antena de radiogoniometría de apertura amplia / Estrecha	43
Figura 3.3	Presentación de la aplicación, Radiogoniómetro activo	55
Figura 3.4	Presentación de la página principal de la aplicación	57
Figura 3.5	Ventana de herramientas	58

Figura 3.6 Ventana de Resultados numéricos	58
Figura 3.7 Ventana gráfica Frecuencia – acimut	59
Figura 3.8 Ventana gráfica Espectro de Amplitud	60
Figura 3.9 Ventana gráfica de Histograma de Frecuencia	60
Figura 3.10 Ventana gráfica Homing	61
Figura 3.11 Ventana gráfica Escala de colores	62
Figura 3.12 Lanzamiento del Software LG309	62
Figura 3.13 Generación de una lista de barrido para FM	63
Figura 3.14 Software LG102: Monitorear haciendo Tiros	64
Figura 3.15 Software ELLIPSE: Simulación de Cobertura e Interferencia	65
Figura 4.1 Patrón de monitoreo de la FM, en la ciudad de Lima (Chorrillos)	67
Figura 4.2 Diagrama de funcionamiento del radiogoniómetro TRC 8000 HVU-2	68
Figura 4.3 Módulo Controlador y Banco de baterías	69
Figura 4.4 Módulo inversor de voltaje	70
Figura 4.5 Módulo UPS	70
Figura 4.6 Estructura de una red de antenas de radiogoniometría	71
Figura 4.7 Unidad antenas ANT 184-A	72
Figura 4.8 Unidad de Conmutación de antenas AEA 192	73

Figura 4.9	Unidad de Recepción de antenas REC108 Esmeralda para V/UHF	73
Figura 4.10	Interconexión de tarjetas (PIE) del receptor REC 108 Esmeralda	75
Figura 4.11	Esquema de Control y Funcionamiento del Receptor REC 108 H/V/UHF, de 3 canales	79
Figura 4.12	Unidad de procesamiento de radiogoniometría	80
Figura 4.13	Detección de una frecuencia no autorizada (106.7 MHz) con el software LG 309	82
Figura 4.14	Detección de una estación emisora de FM. Nivel bajo (*1)	85
Figura 4.15	Detección de una estación emisora de FM. Nivel bajo (*2)	86
Figura 4.16	Detección de una estación emisora de FM. Nivel medio (*3)	87
Figura 4.17	Detección de una estación emisora de FM. Nivel alto (*4)	88
Figura 4.18	Detección de una estación emisora de FM. Nivel alto (*5)	89
Figura 4.19	Detección de una estación emisora de FM. Nivel alto (*6)	90
Figura 4.20	Detección de una estación emisora de FM. Nivel muy alto (*7)	91
Figura 4.21	Estación detectada en el monitoreo del caso 1	92
Figura 4.22	Características del Sistema Irradiante: Radio Mar y NA02	93
Figura 4.23	Distancia entre NA02 y Radio Mar (Planta del Morro Solar)	94
Figura 4.24	Área de Cobertura de la estación NA02	94
Figura 4.25	Interferencia Segundo canal adyacente, NA02 y Radio Mar	95

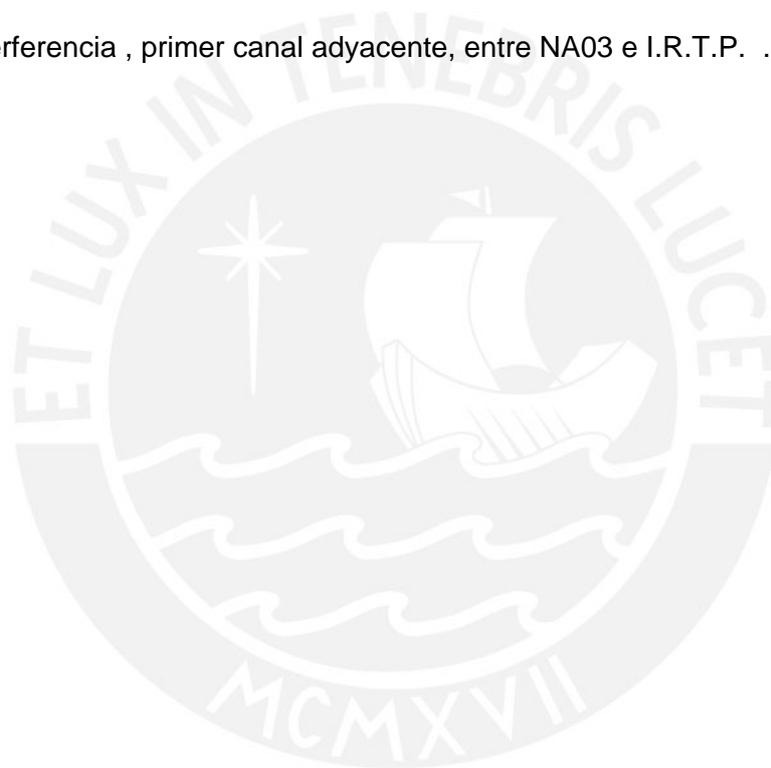
Figura 4.26 Detección de una frecuencia no autorizada (101.7 MHz) con el software LG309
.....
96

Figura 4.27 Detección de la estación no autorizada, utilizando GPS interno (A.T.R.), GPS
externo, sobre el mapa de San Juan de Lurigancho (MapInfo)
97

Figura 4.28 Ubicación de la estación radiodifusora de FM (103.5 MHz)
97

Figura 4.29 Interferencia , primer canal adyacente, entre NA03 y Radio Nuevo San Juan
.... 99

Figura 4.30 Interferencia , primer canal adyacente, entre NA03 e I.R.T.P.
100



INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Denominación de las emisiones	09
Tabla 1.2 Relaciones de protección en RF	10
Tabla 1.3 Frecuencias en la banda Aeronáutica	11
Tabla 2.1 Relación potencia, corriente y cobertura para un amplificador	23
Tabla 2.2 Relación de canales que pueden ser afectados por espurias de FM	24
Tabla 2.3 Características de una antena Monopolo Vertical con plano a tierra	26
Tabla 2.4 Características de una antena Dipolo Vertical	27
Tabla 2.5 Características de una antena Espira dipolo	28
Tabla 2.6 Características de una antena dos dipolos cruzados de polarización circular.	28
Tabla 2.7 Características de una antena Yagi	29
Tabla 2.8 Resolución Viceministerial, para canalización de la FM en Lima	33
Tabla 2.9 Canalización del espectro para la ciudad de Lima	34
Tabla 2.10 Estaciones radiodifusoras de FM, en la ciudad de Lima y periféricos	37
Tabla 2.11 Ubicación de estaciones no autorizadas de FM, en la ciudad de Lima y periféricos	

38

Tabla 3.1 Técnica de radiogoniometría Adcock / Watson – Watt

46

Tabla 3.2 Técnica de radiogoniometría, Interferómetro de Fase

48

Tabla 3.3 Técnica de radiogoniometría, Interferometría correlativa y con superresolución

50

Tabla 4.1 Características técnicas del Sistema irradiante de NA02 y Radio Mar

93

Tabla 4.2 Características técnicas de la estación NA03, Asociación educativa Nuevo San Juan

e I.R.T.P.

98



RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo detectar las estaciones radiodifusoras en FM, no autorizadas por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) que operan por lo general en los distritos periféricos de la ciudad de Lima, para lo cual se ha hecho un estudio sobre la situación actual de la radiodifusión en FM, en dichos distritos periféricos y en la ciudad de Lima enfocando principalmente el grado de ocupación del espectro radioeléctrico causado por las estaciones autorizadas y las estaciones no autorizadas a partir del monitoreo del espectro de frecuencias de en la banda de FM, de 88 a 108 MHz, de manera que una vez detectadas podamos seguirlas y llegar a la fuente de emisión que es el sistema irradiante, guiados por la unidad móvil de monitoreo y finalmente solucionar los problemas

de interferencia con otras estaciones autorizadas, con la banda aeronáutica de aviación comercial, limpiar la banda de FM u otra banda pública o privada de cualquier producto de intermodulación. Así mismo se simulará como afecta cada estación detectada a una estación autorizada por el MTC, en el segundo y primer canal adyacente.

En el **Capítulo I**, con la finalidad de tener un concepto teórico claro, se presentan las definiciones, normas técnicas, tipo de emisiones y características de transmisión para radiodifusión en FM, reglamentados y normalizados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de manera que al tener claro estos conceptos que serán utilizados en adelante podamos entender la dificultad, el perjuicio y daño que ocasiona la emisión de una señal no autorizada.

En el **Capítulo II**, analizamos a una estación radiodifusora de baja potencia (la cual corresponde al tipo de estaciones no autorizadas que operan en los distritos periféricos de la ciudad de Lima), desde la selección de la frecuencia que va a operar y las diferentes partes que conforman una estación de baja potencia, se ha tenido esta información respecto a los equipos que conforman una estación no autorizada gracias a la Dirección de Incautación y Sanciones (DIS) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Así mismo hacemos un análisis de la situación actual de la radiodifusión de FM en la ciudad de Lima, este análisis trata sobre el aspecto legal de la operatividad de una estación autorizada, entre los principales temas se estudian, Leyes para regulación y funcionamiento, canalización del espectro radioeléctrico en la ciudad de Lima y canalización por distritos, asimismo en los anexos extendemos la canalización, mencionando las provincias de Lima y todas las estaciones autorizadas que operan en Lima hasta la fecha de culminación de este estudio, también hacemos mención sobre las estaciones no autorizadas que han sido intervenidas hasta la fecha en 3 o mas oportunidades, con mas detenimiento podemos ver en los Anexos el total de estaciones intervenidas.

En el **Capítulo III**, hacemos un estudio detallado de lo que es radiogoniometría y de las diferentes técnicas de radiogoniometría que existen en la actualidad y sobretodo damos un especial interés al método de Interferometría Correlativa que es método utilizado por la unidad de comprobación técnica del espectro radioeléctrico para el monitoreo y detección de una estación radiodifusora de FM, además damos a conocer los diferentes tipos de software que son utilizados para el análisis y tratamiento de una señal de radiogoniometría, para tener un mejor conocimiento del manejo y funcionamiento de cada software podemos remitirnos al CD, anexo, en el cual encontraremos los siguientes software: LG111, para seguimiento de la emisión, LG309 para detección de una estación no autorizada, LG302

para hacer tiros sobre un mapa digitalizado en el lugar de interés y ELLIPSE para hacer simulaciones del área de cobertura e interferencia causada por una estación sobre otra.

En el **Capítulo IV**, se da a conocer el equipamiento de la unidad de comprobación técnica del espectro llamada también unidad de monitoreo, hacemos mención y descripción de los diversos equipos que la integran, desde la fuente de energía y equipos de protección, las antenas que van montadas en la parte superior de la unidad de monitoreo, los equipos y tarjetas de adquisición, captura y procesamiento de señales, para detección, seguimiento y ubicación de las estaciones no autorizadas, así mismo se presentan 02 ejemplos de aplicación del método empleado (en los cuales se utiliza la Interferometría Correlativa como solución al problema de emisiones no autorizadas) y el correspondiente análisis de los pasos seguidos para la detección de una estación no autorizada, primero vemos la detección de una estación no utilizando únicamente el sistema de radiogoniometría, hacemos el correspondiente análisis del problema causado por dicha estación sobre otra estación autorizada que se encuentra en el segundo canal adyacente y resaltamos el área de interés, en el segundo caso detectamos la ubicación de la estación no autorizada a partir de la utilización del radiogoniómetro y la utilización del método A.T.R. de goniometría que hace uso de un GPS interno de la unidad móvil el cual nos proporciona la ruta seguida la cual es señalada en un mapa del área respectiva y otro GPS externo configurado en modo Tracking, el cual nos proporciona la ruta seguida, ambos casos se tiene como resultado la ubicación de la estación buscada.

CAPÍTULO 1

PARÁMETROS Y NORMAS TÉCNICAS DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM

La radiodifusión sonora es un servicio de telecomunicación masivo, cuyas transmisiones están destinadas a la recepción libre y directa por el público en general, y está compuesta por estaciones de amplitud modulada (AM), frecuencia modulada (FM), onda corta (OC) y un servicio especial denominado "servicios de radiodifusión de mínima cobertura" (MC) que sólo pueden perseguir finalidades culturales o comunitarias, o ambas a la vez, estándoles prohibido radiodifundir avisos comerciales o propaganda de cualquier especie.

1.1- RADIODIFUSION SONORA EN FRECUENCIA MODULADA.

La modulación de frecuencia es el proceso de codificar información, la cual puede estar tanto en forma digital como analógica (todas las estaciones radiodifusoras de Lima, inclusive las estaciones no autorizadas operan una señal analógica) en una onda portadora mediante la variación de su frecuencia instantánea de acuerdo con la señal de entrada. El uso más típico de este tipo de modulación es la radiodifusión en FM. La modulación de frecuencia requiere un ancho de banda mucho mayor que cualquier otro tipo de modulación, para una misma señal modulante equivalente, este hecho hace a la señal modulada en frecuencia sea más resistente a las interferencias. **Ver Anexos Capítulo I** La modulación de frecuencia es más robusta ante fenómenos de desvanecimiento de amplitud de la señal recibida, es por ello que la FM fue elegida como la norma de modulación para las transmisiones radiofónicas de alta fidelidad.

Una señal modulada en frecuencia puede ser también usada para transportar una señal estereofónica, sin embargo, esto se hace mediante multiplexión de los canales

izquierdo y derecho de la señal estéreo antes del proceso de modulación de frecuencia. De forma inversa en el receptor se lleva a cabo la demultiplexión después de la demodulación de la señal FM, por lo tanto el proceso estereofónico es totalmente ajeno a la modulación en frecuencia propiamente dicha. Ver Figuras 1.1 y 1.2

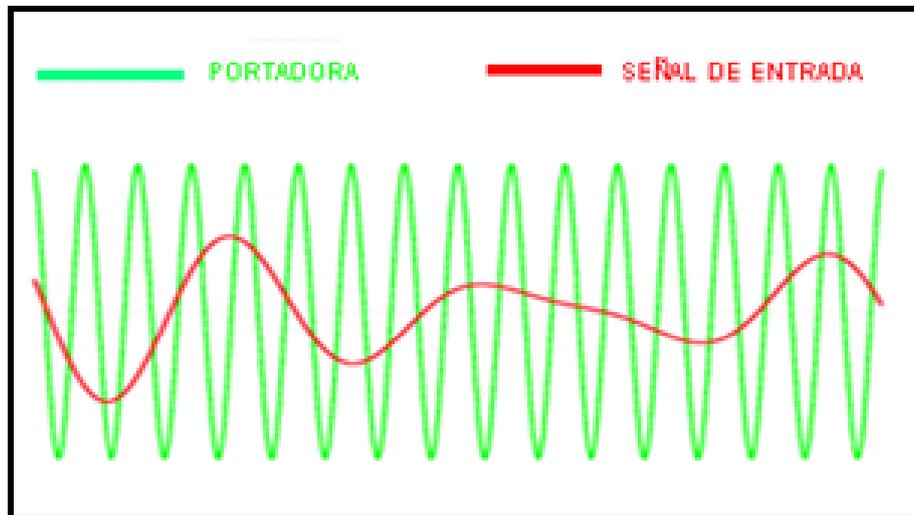


Figura 1.1 Señal de entrada y Portadora

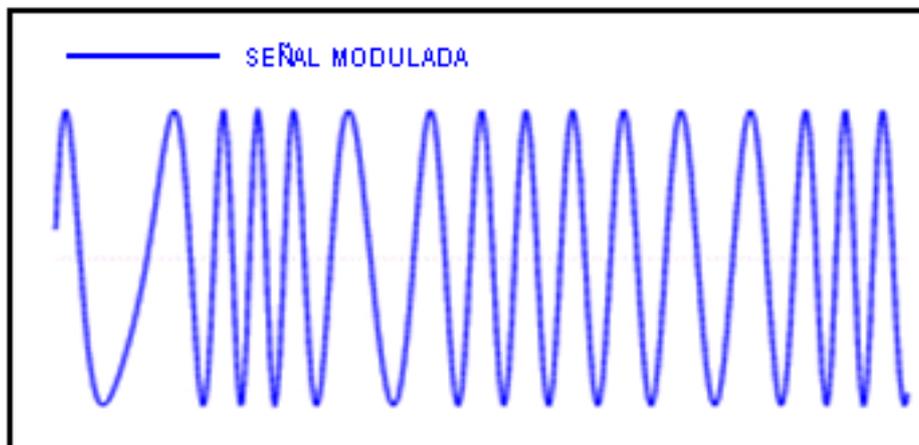


Figura 1.2 Señal modulada en Frecuencia

1.2- PARÁMETROS USADOS EN RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM.

1.2.1- Altura efectiva de antena (hef): Altura del centro de radiación de la antena por encima del terreno donde se encuentra ubicada más la cota correspondiente y menos el nivel medio del terreno (hn).

1.2.2- Ángulo de apertura del lóbulo principal: Es en ángulo comprendido entre dos semirrectas a uno y otro lado de la semirrecta de máxima radiación, para las cuales la ganancia de potencia cae 3 dB, respecto a esta última.

1.2.3- Área de bloqueo: Es el área comprendida dentro del contorno de 115 dB μ V/m y 562 mV/m, adyacente a la antena transmisora de una estación del Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia, en la cual pueden quedar interferidas otras emisiones radioeléctricas.

1.2.4- Área de servicio estimada: Es el área encerrada dentro de un determinado contorno de intensidad de campo eléctrico, donde la estación es recepcionada con un nivel de calidad aceptable.

1.2.5- Banda de frecuencia para el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia: Es la banda del espectro radioeléctrico comprendida entre las frecuencias 88 MHz y 108 MHz, dividida en 100 canales sucesivos desde el 201 al 300 siendo la frecuencia central para el primer canal de 88.1 MHz y la del último canal 107.9 MHz.

1.2.6- Canal para el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia: Rango de frecuencias dentro de la banda atribuida para el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia que se asigne a una estación de dicho servicio. Cada canal tiene una anchura de 200 KHz y se designa por un número ó su frecuencia central.

1.2.7- Contorno protegido: Es una línea imaginaria, definida en términos de intensidad de campo eléctrico, que encierra un área dentro de la cual la recepción está libre de interferencias provenientes de otras estaciones del mismo servicio, teniendo en cuenta los cálculos efectuados según la presente norma.

1.2.8- Cota (hc): Altura de la localidad con relación al nivel del mar. Los valores de este parámetro son los establecidos en las Cartas Nacionales del Instituto Geográfico Nacional.

1.2.9- Diagrama de directividad de una antena: Diagrama en coordenadas polares o cartesianas que representa la ganancia de una antena en función del ángulo entre la dirección de máxima radiación y cada dirección, ya sea en el plano horizontal o vertical.

1.2.10- Estación de Baja Potencia: Estación del servicio de Radiodifusión en Frecuencia

Modulada, de potencia restringida y ubicada fuera de las zonas de servicio de las estaciones A, B, C y D.

1.2.11- Estación de baja potencia unificada: Conjunto de estaciones de baja potencia ubicadas en un mismo lugar de transmisión y que emiten su señal a través de una única antena de transmisión empleando un combinador.

1.2.12- Estación de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia: Estación del Servicio de Radiodifusión autorizada para la transmisión de sonido mediante la emisión de una portadora radioeléctrica modulada en frecuencia destinada a la recepción directa por el público en general.

1.2.13- Frecuencia del canal: Es la frecuencia central del canal asignado a una estación, la cual coincide con la frecuencia de la portadora emitida en ausencia de señal modulante.

1.2.14- Ganancia de antena: Es la relación entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan en una dirección dada, el mismo campo electromagnético a la misma distancia. Se tomará como antena de referencia un dipolo de media onda que, en condiciones de espacio libre, produce un campo eléctrico de 221,4 mV/m en el plano horizontal a 1 Km cuando la potencia suministrada es 1 KW.

1.2.15- Índice de modulación: Relación entre la máxima excursión (desviación) de la frecuencia instantánea de la portadora y la frecuencia moduladora.

1.2.16- Interferencia: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción de un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

1.2.17- Modulación de frecuencia: Sistema de modulación por el que la frecuencia instantánea de una portadora radioeléctrica, de amplitud constante, es variada en proporción al valor instantáneo de una señal moduladora.

1.2.18- Nivel medio del terreno (hn): Valor del terreno, a partir de la ubicación de la antena, determinado por el promedio aritmético de las alturas del terreno con relación al

nivel del mar situado entre 3 y 16 Km para ocho radiales igualmente espaciados cada 45° de acimut empezando con el norte geográfico y tomados cada 500 m.

1.2.19- Porcentaje de modulación: Se define como 100% de modulación a una excursión (desviación) de la frecuencia portadora principal igual a ± 75 KHz.

1.2.20- Potencia radiada efectiva (ERP): Es la potencia suministrada a la antena multiplicada por su ganancia, con relación a un dipolo de media longitud de onda, en una dirección dada. Para determinarla deben considerarse las pérdidas en el sistema alimentador de antena. Cuando se emplea polarización circular o elíptica, la definición de potencia radiada efectiva se aplica separadamente a los componentes de radiación horizontal y vertical.

1.2.21- Radiodifusión estereofónica: Es la emisión de un programa estereofónico, por una estación del Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia que utiliza la portadora principal modulada por una señal monofónica compatible y una subportadora que contiene una señal la cual permite recomponer la señal estereofónica en el receptor.

1.2.22- Relación de protección: Valor mínimo de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones específicas, que permite obtener una calidad de recepción específica de la señal deseada a la salida del receptor.

1.2.23- Señal D: Señal del canal derecho de un programa estereofónico.

1.2.24- Señal I: Señal del canal izquierdo de un programa estereofónico.

1.2.25- Señal M: Señal compatible del canal principal monofónico, igual a la semisuma de las señales I y D: $(I+D)/2$.

1.2.26- Señal S: Es la señal del canal auxiliar de sonido estereofónico comprendida entre las frecuencias de 23 KHz a 53 KHz, producto de las bandas laterales que se obtienen al modular en amplitud una portadora de 38 KHz por la semidiferencia de las señales I y D: $(I-D)/2$, con portadora suprimida.

1.2.27- Banda base: Banda de la señal que modula la frecuencia de la portadora principal. Esta banda contiene los espectros de todas las señales, señal M, señal S, subportadora

piloto y eventuales del servicio subsidiario.

1.2.28- Sistema estereofónico de frecuencia piloto: Sistema que emplea una frecuencia piloto de referencia de 19 KHz. y una subportadora de frecuencia doble a la anterior (38 KHz), modulada en amplitud con portadora suprimida.

1.2.29- Separación de canales: Es 200 KHz, iniciando en el extremo de la banda desde 88.1 MHz a 107.9 MHz.

1.2.30- Servicio subsidiario: Servicio que mediante una transmisión multiplexada, permite hacer emisiones conjuntamente con las del Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia, utilizado para ello subportadoras moduladas. La utilización de este servicio no debe afectar la calidad de las emisiones del servicio principal de Frecuencia Modulada.

1.2.31- Transmisión monofónica: Sistema que efectúa la transmisión de un solo canal de audiofrecuencia, equivalente al Canal S de la transmisión estereofónica, a través de un canal de radiodifusión en frecuencia modulada.

1.2.32- Transmisión multiplexada en el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia: Transmisión simultánea de una o más subportadoras con diferente información (la frecuencia modulada estereofónica, es un sistema multiplexado).

1.2.33- Transmisión estereofónica: Es la transmisión de dos canales de audiofrecuencia independientes multiplexados en frecuencia, con un canal principal denominado canal S (suma de los dos canales) y otro como subcanal correspondiente a la diferencia de los canales de audio mencionados denominado canal D modulados en amplitud con portadora suprimida en 38 KHz por medio de un canal único de radiodifusión en frecuencia modulada. La subportadora piloto se transmitirá a 19 KHz + 2 Hz, la cual modulará en Frecuencia a la portadora principal entre los límites del 8% y 10%. El sistema adoptado es el denominado sistema de tono piloto.

1.3- DENOMINACION DE LAS EMISIONES EN FM

1.3.1- ANCHO DE BANDA NECESARIO

El ancho de banda necesario para una clase de emisión dada, se define como el ancho de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de

la información a la velocidad y con la calidad requerida en condiciones específicas. El ancho de banda necesario, se expresa mediante 3 cifras y una letra. La letra ocupará la posición de la coma decimal, representando la unidad del ancho de banda.

Esta expresión no podrá comenzar por cero ni por K, M o G.

Entre $1 * 10^3$ Hz y $1 * 10^6$ Hz, se expresará en KHz. (K).

Entre $1 * 10^6$ Hz y $1 * 10^9$ Hz, se expresará en MHz. (M).

Entre $1 * 10^9$ Hz y $1 * 10^{12}$ Hz, se expresará en GHz. (G).

1.3.2- CLASES DE EMISIONES

Las emisiones se clasificarán y simbolizarán de acuerdo con sus características esenciales, siendo 3 las características esenciales y 2 las características adicionales:

- PRIMER SÍMBOLO: Tipo de modulación de la portadora principal.
- SEGUNDO SÍMBOLO: Naturaleza de la señal que modula la portadora principal.
- TERCER SÍMBOLO: Tipo de información que se va a transmitir.

La modulación puede no tomarse en cuenta si se utiliza sólo durante cortos períodos y de manera incidental (por ejemplo en casos tales como identificación o llamada) siempre que no aumente el ancho de banda necesario indicado.

1.3.2.1- PRIMER SÍMBOLO: Tipo de modulación de la portadora principal.

1.3.2.1.1- Emisión de una portadora no modulada.

N

1.3.2.1.2- Emisión en la cual la portadora principal está modulada en amplitud (Incluidos los casos en que la subportadoras tengan modulación angular).

1.3.2.1.2.1- Doble banda lateral.

A

1.3.2.1.2.2- Banda lateral única, portadora completa.

H

1.3.2.1.2.3- Banda lateral única, portadora reducida o de nivel variable.

R

1.3.2.1.2.4- Banda lateral única, portadora suprimida.

J

1.3.2.1.2.5- Bandas laterales independientes.

B

1.3.2.1.2.6- Banda lateral residual.

C

1.3.2.1.3- Emisión en que la portadora principal tiene modulación angular.

1.3.2.1.3.1- Modulación de frecuencias.

F

1.3.2.1.3.2- Modulación de fase.

G

1.3.2.1.4- Emisión en la cual la portadora principal puede tener modulación de amplitud y modulación angular, bien simultáneamente o según una secuencia preestablecida.

D

1.3.2.1.5- Emisión de impulsos.

1.3.2.1.5.1- Secuencia de impulsos no modulados.

P

1.3.2.1.5.2- Secuencia de impulsos:

1.3.2.1.5.2.1- Modulados en amplitud.

K

1.3.2.1.5.2.2- Modulados en anchura / duración.

L

1.3.2.1.5.2.3- Modulados en posición / fase.

M

1.3.2.1.5.2.4- En la que la portadora tiene modulación angular durante el período del impulso.

Q

1.3.2.1.5.2.5- Que consiste en una combinación de las técnicas precedentes o que se producen por otros medios.

V

1.3.2.1.6- Casos no comprendidos aquí, en los que una emisión consiste en la portadora principal modulada, bien simultáneamente o según una secuencia previamente establecida, según una combinación de dos o más de los modos siguientes: modulación en amplitud, modulación angular o por impulsos (n-QAM, n-TCM y otros casos).

W

1.3.2.1.7- Casos no previstos

X

1.3.2.2- SEGUNDO SÍMBOLO: Naturaleza de la señal (o señales) que modula(n) la portadora principal.

1.3.2.2.1- Ausencia de señal moduladora.

0

1.3.2.2.2- Un solo canal con información cuantificada o digital, sin utilizar una subportadora (2).

1

1.3.2.2.3- Un solo canal con información cuantificada o digital, utilizando una subportadora (2).

2

1.3.2.2.4- Un solo canal con información analógica.

3

1.3.2.2.5- Dos o más canales con información cuantificada o digital.

7

1.3.2.2.6- Dos o más canales con información analógica.

8

1.3.2.2.7- Sistema compuesto, con uno o más canales con información cuantificada o digital, junto con uno o más canales con información analógica.

9

1.3.2.2.8- Casos no previstos.

X

1.3.2.3- TERCER SÍMBOLO: Tipo de información que va a transmitir (1)

1.3.2.3.1- Ausencia de información transmitida.

N

1.3.2.3.2- Telegrafía (para recepción acústica).

A

1.3.2.3.3- Telegrafía (para recepción automática).

B

1.3.2.3.4- Facsímil.

C

1.3.2.3.5- Transmisión de datos, teledata, telemando.

D

1.3.2.3.6- Telefonía (incluida la radiodifusión sonora).

E

1.3.2.3.7- Televisión (vídeo).

F

1.3.2.3.8- Combinaciones de los procedimientos anteriores.

W

1.3.2.3.9- Casos no previstos.

X

Las características adicionales son dadas por el cuarto y quinto símbolo, no son muy usadas, pero también están referidas a radiodifusión en FM. **Ver Anexos Capítulo I**

1.4- PRINCIPIOS TÉCNICOS Ver Tabla 1.1

DENOMINACIÓN DE LA EMISIÓN	180 K F3E, transmisión monofónica
	256 K F8E, transmisión estereofónica
BANDA DE FRECUENCIA	88 a 108 MHz
TOLERANCIA DE FRECUENCIA	± 2000 Hz
EXCURSIÓN MÁXIMA DE FRECUENCIA	± 75 KHz

Tabla 1.1 Denominación de las emisiones

1.4.1- CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES

Las estaciones de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada de categoría de servicio primario se clasifican en:

1.4.1.1- Estación Clase A: Mayor a 50 KW y máximo 150 KW de ERP, en la dirección de máxima ganancia de antena y una máxima altura efectiva de 300 m.

1.4.1.2- Estación Clase B: Mayor a 15 KW y máximo de 50 KW de ERP, en la dirección de máxima ganancia de antena y una máxima altura efectiva de 150 m.

1.4.1.3- Estación Clase C: Mayor a 1 KW y máximo de 15 KW de ERP, en la dirección de máxima ganancia de antena y a una máxima altura efectiva de 90 m.

1.4.1.4- Estación Clase D: Desde 250 W hasta 1 KW de ERP en la dirección de máxima ganancia de antena y una máxima altura efectiva de 90 m.

1.4.2- CONTORNO DE PROTECCIÓN

El contorno de protección o contorno protegido es la línea continua que delimita la zona de servicio y está protegido contra interferencias. La zona de servicio de una estación de categoría de servicio primario, es aquella que se cubre con una intensidad de campo de 66 dB μ , suficiente para proporcionar un servicio de buena calidad y es aplicable a las estaciones de Clase A, B, C y D. Si por razones de propagación de la onda se produjeran varios valores de intensidad de campo de 66 dB μ , sólo se protegerá hasta la línea

correspondiente a la primera vez que se alcance este valor.

1.4.3- RELACIÓN DE PROTECCIÓN EN RF

Las relaciones de protección en RF para las estaciones de clase A, B, C y D, preservarán los siguientes valores. Ver Tabla 1.2

SEPARACIÓN DE CANALES	RELACIÓN DE PROTECCIÓN
Co-canal	37 dB
1er Canal adyacente (a 200 KHz.)	7 dB
2do Canal adyacente (a 400 KHz.)	-20 dB

Tabla 1.2 Relaciones de protección en RF.

1.4.4- EMISION NO ESENCIAL EN EL PRIMER CANAL ADYACENTE

Es la atenuación de la componente no esencial medida con respecto a la portadora:

- 60 dB, y como máximo 1 milivatio, para transmisores de 1 KW de potencia.
- 1 milivatio, para transmisores mayores de 1 KW.
- 40 dB, y como máximo 25 microvatios, para transmisores igual o menor de 25 vatios.

1.5- NORMAS DE ASIGNACIÓN

1.5.1- SEPARACIÓN DE FRECUENCIA

La separación mínima de frecuencias asignadas a estaciones de categoría de servicio primario en la misma zona de servicio no debe ser menor de 600 KHz.

1.5.2- RESTRICCIÓN DE BANDA AERONAÚTICA

No se admitirán asignaciones en la frecuencia de 107.9 MHz (Canal 300) cuya intensidad de campo supere los 100 dB μ , en el punto de coordenadas correspondiente a un aeropuerto provisto de instrumental de ayuda a la navegación aeronáutica (ILS-VOR). Dicha intensidad de campo se calculará con la siguiente expresión:

$$E = 76.9 + P - 20 [\log (D)]$$

Donde:

E: Intensidad de campo resultante en el Aeropuerto considerado, en dB μ .

P: ERP de la estación de radiodifusión considerada, en dBw.

D: Distancia entre la estación de radiodifusión y el punto de recepción del sistema ILS - VOR, en Km. El punto de recepción del sistema ILS - VOR está referido al centro de la pista de aterrizaje del aeropuerto, se tiene las siguientes frecuencias de operación en la banda

aeronáutica. Ver Tabla 1.3

DENOMINACIÓN	FRECUENCIA
LOC	109.7 MHz
VOR	113.8 MHz
APP	119.7 MHz
LIMA TORRE	118.1 MHz
LIMA AUTORIZACIÓN	118.6 MHz
LIMA EMERGENCIAS	121.5 MHz

Tabla 1.3 Frecuencias en la banda Aeronáutica

Se muestra el espectro de frecuencia de la Banda aeronáutica sin interferencia. La banda de frecuencia asignada por el MTC, al servicio aeronáutico va de 108 MHz – 130 MHz. Como se ve en la Tabla 1.3 de frecuencias aeronáuticas la frecuencia máxima signada es 121.5 MHz. Por lo tanto en el monitoreo del espectro se ha tomado de 108 – 125 MHz. Ver Figuras 1.3 y 1.4

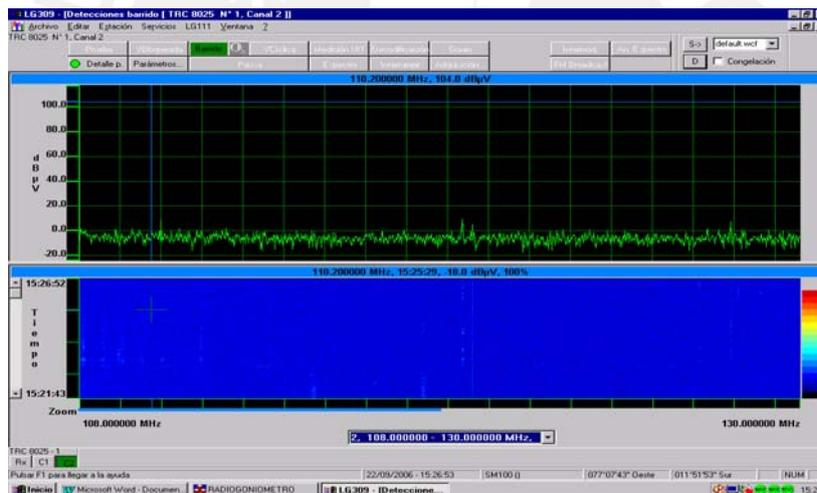


Figura 1.3 Espectro de Frecuencia de la Banda Aeronáutica – Banda Libre.

Se muestra el espectro de frecuencia en la banda aeronáutica, con muchas interferencias debidas a productos de intermodulación, espurias radioeléctricas y armónicos de algunos servicios de radiodifusión asignados, sin embargo el mayor problema lo constituyen las emisiones no autorizadas, que no tienes un sistema de radiodifusión bien definido.

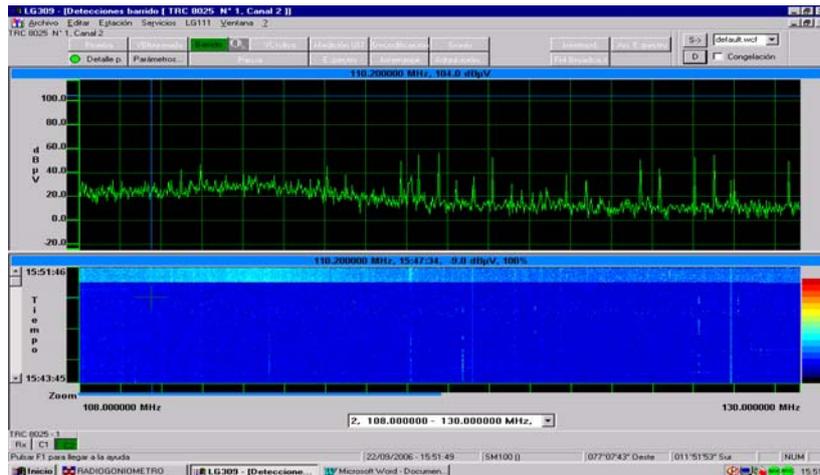


Figura 1.4 Espectro de Frecuencia con interferencias - Banda Aeronáutica

1.5.3- RESTRICCIÓN DEL CANAL 6 DE TELEVISIÓN

En las localidades donde se haya asignado el Canal 6 TV (82-88) MHz, no se asignarán frecuencias por debajo de 91.9 MHz (Canal 220), tener en cuenta que en la ciudad de Lima no se ha asignado el canal 6, por tanto no habrá este problema.

1.6- NORMAS DE OPERACION

1.6.1- NORMAS DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN

1.6.1.1- TOLERANCIA DE FRECUENCIA: La tolerancia de frecuencia de los transmisores de FM debe ser, ± 2000 Hz.

1.6.1.2- PORCENTAJE DE MODULACIÓN: El porcentaje de modulación pico no será mayor de 100 % para, ± 75 KHz de excursión de frecuencia.

1.6.1.3- TOLERANCIA DE POTENCIA: La tolerancia de potencia no debe ser mayor del 10% ni inferior al 20 % de la potencia de transmisión autorizada, en presencia de fluctuaciones del suministro de energía eléctrica.

1.6.1.4- ESPECIFICACIÓN DE POTENCIA: La potencia del transmisor en Frecuencia Modulada debe ser medida sin modulación y en valor eficaz (rms).

1.6.2- NORMA DE OPERACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACION

La planta de transmisión se ubicará fuera del perímetro urbano, el centro de radiación de la antena no debe sobrepasar la altura máxima permitida. Excepcionalmente la planta de

transmisión podrá estar ubicada dentro del perímetro urbano de la localidad siempre y cuando exista imposibilidad técnica, debidamente acreditada debe ser ubicada fuera de dicho perímetro. En estos supuestos, sólo se autorizará la operación de la estación con potencias reducidas como los valores de ERP de las Estaciones de las clases C y D. Se recomienda el uso de torres compartidas observando la debida separación de frecuencias. No se asignarán canales cuya combinación de frecuencia genere productos de intermodulación de tercer orden y éstos se encuentren comprendidos dentro de ± 200 KHz. de las frecuencias operativas utilizadas por los sistemas (ILS - VOR) del aeropuerto y estaciones de Radiocomunicaciones y de Navegación Aérea dentro de un área circular de 50 Km de radio.

1.6.3- NORMA DE OPERACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y SISTEMA IRRADIANTE

1.6.3.1- EQUIPAMIENTO: Los equipos de transmisión cumplirán con los parámetros técnicos descritos en la presente norma y las características de operación autorizadas a la estación, asegurando su cumplimiento con la utilización de filtros de armónicos (filtro pasabajo). Asimismo contarán con los instrumentos de medición incorporados indispensables para comprobar los parámetros de operación. En el caso de tratarse de un sistema de transmisión, debe disponerse además de un filtro pasabanda. Toda estación debe de contar con un procesador de audio capaz de mantener el porcentaje de modulación en el 100% (excursión de frecuencia de ± 75 KHz). La antena que se utilice podrá ser de polarización horizontal, vertical o circular. Debe instalarse de manera que su patrón de radiación quede orientado a la zona de servicio autorizada.

1.6.3.2- SISTEMA IRRADIANTE: Las antenas recomendadas son:

- Antena tipo Plano de tierra, de polarización vertical y ganancia $G = 0$ dBd.
- Antena Loop dipolo polarización circular y ganancia $G = 3.3$ dBd.
- Antena dipolo vertical 4 bays y ganancia $G = 6.1$ dBd.

1.6.4- NORMA DE OPERACIÓN DEL ENLACE: ESTUDIO – PLANTA TRANSMISORA

El enlace estudio-planta transmisora podrá realizarse mediante enlace auxiliar de radiofrecuencia en el segmento de banda de 942-960 MHz. Alternativamente podrá utilizarse cable físico o enlace vía satélite. Se permite en los enlaces tipo dúplex el uso de subportadoras en el segmento de banda mencionado para aplicaciones de telemetría y control remoto.

1.6.5- NORMA DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BAJA POTENCIA

1.6.5.1- ESTACIÓN CLASE E1: Estación de 100 W de ERP, en la dirección de máxima ganancia de antena.

1.6.5.2- ESTACIÓN CLASE E2: Estación de 50 W de ERP, en la dirección de máxima ganancia de antena.

1.6.5.3- PROTECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE BAJA POTENCIA: Las estaciones de baja potencia deberán garantizar el contorno protegido y las distancias devenidas de las relaciones de protección de las estaciones de clases A, B, C y D. El valor del contorno de protección entre estaciones E1 y E2 es 66 dB_μ y la relación de protección en Cocanal debe ser 3 dB y en canales adyacentes 0 dB.

1.6.6- NORMAS DE ASIGNACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BAJA POTENCIA

Las asignaciones de frecuencia de estas estaciones se realizarán en el segundo canal adyacente (separado 400 KHz) de las frecuencias de las estaciones A, B, C y D.

1.6.6.1- UBICACIÓN: La estación se ubicará en la periferia de la ciudad y con una altura del centro de radiación de la antena no superior a los 30 metros sobre el nivel promedio del terreno.

CAPITULO 2

RADIODIFUSIÓN NO AUTORIZADA Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA FM EN LIMA

2.1- RADIODIFUSIÓN DE UNA ESTACION NO AUTORIZADA DE BAJA POTENCIA

Muchas personas todavía piensan que una estación de radiodifusión FM consiste de salas llenas de equipos que cuestan decenas de miles de soles. Sin embargo a la fecha se encuentra en el mercado muchos equipos de fabricación nacional y que ofrecen muy buenas características de transmisión, a un bajo costo. Las radios libres usan transmisores cuya potencia de salida está en el rango de 2.5 Watts a 40 Watts (actualmente operan con potencias mayores a 40 Watts), tienen un tamaño físico muy pequeño. Combinados con otros equipos tales como mezcladores de audio baratos, reproductores y grabadores corrientes, una fuente de poder, un filtro y una antena, permiten a cualquier persona poner su propia voz en el aire, con un costo promedio de 3000 soles. Esto es mucho más asequible que las decenas de miles de dólares que exigen las regulaciones actuales de la FCC.

Es importante hacer notar que el principal argumento de la FCC en contra de las radios libres tiene que ver con las interferencias con otros servicios de radiodifusión. Las interferencias son una crítica válida, pero al usar equipos estables en frecuencia propiamente regulados con filtros supresores de armónicos, procedimientos correctos y estándares de operación los argumentos de la FCC pueden ser neutralizados en forma

efectiva por aquellas personas que instalan una estación radiodifusora en FM. Más allá de esto, los aspectos técnicos de la radiodifusión de baja potencia requieren algunos conocimientos sobre electrónica y prácticas de radio.

2.1.1- ESTUDIO DE LA FRECUENCIA Y UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN.

2.1.1.1- BÚSQUEDA DE UNA FRECUENCIA LIBRE.

Los operadores de estaciones radiodifusoras de FM, no autorizadas, determinan si hay alguna frecuencia disponible en el área geográfica seleccionada. Debido a la congestión de frecuencias en ciudades grandes como Lima esto puede ser un poco difícil, para efectuar una búsqueda de frecuencias hace falta lo siguiente:

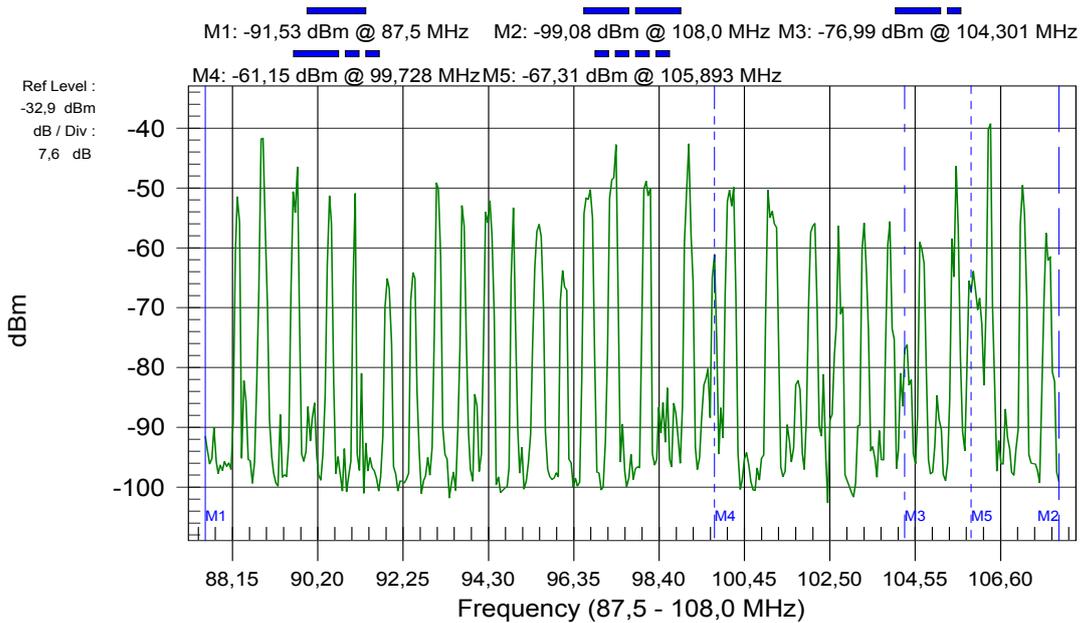
Hacer una lista de todas las estaciones de radio en FM, dentro de un radio de 1 a 10 kilómetros a la redonda y tener una radio con sintonizador digital, para saber que canal puede ocupar la radio no autorizada, siendo el mayor problema la separación de canales. A cada estación de radiodifusión en FM, se le asigna un canal con ancho de banda de 200 KHz, así mismo para la asignación de estaciones radiodifusoras de FM, se requiere que al menos exista un canal de separación a cada lado de la frecuencia que se plantea utilizar, esto debe cumplirse de acuerdo a la reglamentación de las estaciones de baja potencia que exigen una separación de al menos 400 KHz entre una estación de baja potencia (E1 ó E2) y otra estación primaria (A, B, C, D) o de baja potencia. Por ejemplo si un radiodifusor ha seleccionado la frecuencia 90.5 MHz, como una frecuencia candidata, entonces las frecuencias, 90.3 MHz y 90.7 MHz, deben estar libres, es decir que no debe haber alguna estación transmisora del tipo A, B, C ó D, en estas frecuencias, es por este motivo que una radio con sintonizador digital es un instrumento muy importante para la búsqueda de frecuencias libres. Ver Figura 2.1

Dependiendo de la topografía la distancia y la potencia de transmisión de otras estaciones de FM, algunas frecuencias "ocupadas" (autorizadas por el MTC) pueden de hecho ser utilizadas. Luego de compilar esta lista de posibilidades, el propietario localiza y revisa las frecuencias a través de un receptor FM digital y una antena externa de manera práctica, esto debe hacerlo varias veces y desde varios puntos geográficos dentro del área que se plantea cubrir, de manera que puede estar casi seguro de saber cual es la frecuencia a tomar. La estación no autorizada por lo general se encuentra ubicada en área rural o alejada de las zonas urbanas.

Actualmente los transmisores son diseñados para operar a largo de toda la banda de FM, lo cual hace factible configurar la emisión en cualquier frecuencia.

ESPECTRO DE FRECUENCIA DE FM - 88 a 108 MHz.

M1, M2 y M3, indican la operatividad estaciones no autorizadas



CF: 97,75 MHz
RBW: 10 kHz
Date: 30/11/2006
Model: MS2711B

SPAN: 20,50 MHz
VBW: 3 kHz
Time: 11:40:09
Serial #: 00310043

Attenuation: 0 dB
Detection: Pos. Peak

Figura 2.1 Monitoreo del espectro en la banda FM, y detección de frecuencias libres.

2.1.1.2- UBICACIÓN DEL ESTUDIO, TRANSMISOR Y SISTEMA IRRADIANTE

Un lugar alto le resulta muy conveniente, ya que la antena desde allí pueda cubrir mayor área. Lo ideal es la cima de un cerro, o algún punto de la ladera con vista hacia la zona de cobertura. Las transmisiones FM, son de línea visual, por lo que la antena transmisora y la antena receptora deben ser capaces de verse mutuamente, por ello, cualquier obstrucción grande tendrá tendencia a bloquear la señal. Probablemente el propietario debe tener esto en mente cuando selecciona la ubicación. Si el lugar es una edificación de 1 a 3 pisos de altura, será necesario un mástil vertical de unos 9 metros bien sujeto y atado al techo, para lograr la altura adecuada. Como mínimo se necesita tener la antena al menos 12 o 15 metros sobre el piso, Ver Figura 2.2 sin embargo la mayor parte de radiodifusoras en FM, no autorizadas tienen la antena sujeta a un mástil de 6 a 9 metros y muchas veces escondidos dentro de algún protector para no ser detectados, tales como un palo de Bambú, al centro de algún árbol, entre algún tubo de plástico, tendidas sobre el techo de alguna casa o en la parte más alta de un cerro muy alto.

Actualmente se estima que es una buena práctica mantener el sistema estudio - transmisor alejado del sistema irradiante, ya que la detección de la estación no autorizada

es mas dificultosa, además se debe detectar la frecuencia del enlace, motivo por el cual en estos días la mayor parte de estaciones tienen un enlace radioeléctrico entre el estudio - transmisor y el sistema irradiante. Asimismo, el transmisor está lo mas cerca posible del sistema irradiante para minimizar las pérdidas de señal en el cable coaxial que alimenta la antena.



Figura 2.2 Ubicación del estudio, transmisor y sistema irradiante

2.1.2- EQUIPOS USADOS EN UN ESTACION RADIODIFUSORA NO AUTORIZADA

2.1.2.1- TRANSMISORES DE FRECUENCIA MODULADA

En FM, la señal de audio modula a la frecuencia portadora (que es la frecuencia de la señal de transmisión) al correrla ligeramente hacia arriba y hacia abajo como respuesta a la señal de audio. La modulación de la señal se produce dentro del transmisor FM. El transmisor consiste de varias secciones diferentes, el oscilador, el PLL (Phase Locked Loop), y etapas de potencia. La generación de la frecuencia portadora de radiodifusión es responsabilidad del oscilador, la sintonización (diferente a modulación), o cambio de frecuencia del oscilador, se efectúa manual o electrónicamente. Para una estación de radio que será operada por más de algunos minutos, es casi esencial que la sintonización se haga en forma electrónica, ya que los osciladores con sintonización manual correrán la frecuencia debido a la temperatura y limitaciones inherentes al diseño. Esta sería una consideración importante al seleccionar el transmisor, como una de las metas a lograr es eliminar las objeciones técnicas de la FCC y las normas dadas por el MTC, en relación a la radiodifusión en FM, no es crítico que los transmisores permanezcan centrados en frecuencia y no se corran. Esto, por supuesto, elimina la posibilidad de uso de transmisores basados en

osciladores sin sintonización digital. El control de la frecuencia conduce a manipular el corrimiento de frecuencia que es corregido por un circuito llamado PLL, esencialmente, compara la frecuencia del oscilador con una frecuencia de referencia, cuando la frecuencia comienza a moverse, aplica una corrección de voltaje al oscilador (que se sintoniza por voltaje), manteniéndolo bloqueado a la frecuencia deseada. Una parte del oscilador, es el circuito de ajuste de voltaje el cual tiene un propósito dual y permite al oscilador ser sintonizado electrónicamente, además, es el mecanismo por el cual la frecuencia portadora es modulada por la señal de audio. Cuando la señal de audio se aplica a esta sección, las variaciones de esta señal hacen que la frecuencia del oscilador suba o baje ligeramente. Los corrimientos de frecuencia que se deben a la modulación de audio son ignorados por el controlador PLL gracias al diseño del circuito electrónico. Es importante para el propietario de la estación no autorizada no sobremodular el transmisor al aplicar una señal de audio cuyo nivel sea muy alto ya que el alcance de dicha estación podría expandirse mas allá del rango inicialmente planificado, esto causaría muchos problemas ya que probablemente llegue a otro distrito o ciudad en la cual se esté usando dicha frecuencia y sea detectada por los pobladores de dicha ciudad al interferir con alguna otra estación autorizada, sin embargo es una de las principales causas de quejas de interferencia. Muchos transmisores vienen equipados con un control de nivel de entrada, que permite que el usuario ajuste el nivel de modulación, se puede lograr mayor control a través de un compresor/limitador. Ver Figura 2.3 y 2.4



Figura 2.3 Excitador / Transmisor de Frecuencia – vista externa



Figura 2.4 Excitador / Transmisor de Frecuencia – vista interna

2.1.2.2- AMPLIFICADORES PARA FM

Aunque 1.0 Watt, es una potencia suficiente para cubrir una localidad muy pequeña, como una urbanización, barrio o vecindad, se requerirá mayor potencia para lograr cobertura sobre una localidad, distrito, ciudad o parte de un área urbana grande, actualmente las estaciones no autorizadas utilizan una potencia de hasta 80 Watts.

Para incrementar la potencia de salida de un transmisor FM de baja potencia, uno o varios amplificadores se conectan en la salida del transmisor. Muchos de los amplificadores usados en radiodifusión no autorizada emplean sólo un componente activo, un transistor de potencia para radiofrecuencia (RF), por etapa de amplificación. Por convención, muchos amplificadores tienen una impedancia de entrada y salida de 50 Ohms. Cuando un amplificador de RF con una entrada de 50 Ohms se conecta a una salida de un transmisor de 50 Ohms, la paridad entre ambas impedancias asegura el flujo máximo de energía eléctrica entre las dos unidades. Una disparidad en la impedancia de cualquiera de los elementos en la cadena transmisor a amplificador a filtro a antena, reducirá la eficiencia del sistema completo y podría resultar en daños si la diferencia es grande, actualmente estos detalles son bien controlados por los fabricantes nacionales. Ver Figura 2.5 y 2.6

Los amplificadores pueden ser clasificados como de banda estrecha o de banda ancha. Los de banda estrecha se sintonizan a una frecuencia determinada. Los amplificadores de banda ancha pueden trabajar sobre un rango de frecuencias específico, sin sintonización. Muchos de los amplificadores que son usados en estaciones de radiodifusión no autorizadas son de banda angosta. Para hacer más fácil la instalación de una estación de radiodifusión no autorizada, prefieren un amplificador de banda ancha con una cantidad mínima de etapas de sintonización, existen varios diseños posibles, uno muy

popular es un amplificador de 20-24 Watts que usa un módulo de amplificación de banda ancha Phillips BGY33. Es un dispositivo bastante robusto que no requiere sintonización y produce una salida de 20-24 Watts, a partir de una entrada de 250 mWatts en el transmisor, finalmente el uso de un ventilador es altamente recomendable.



Figura 2.5 Etapa de amplificación – vista externa



Figura 2.6 Etapa de amplificación – vista interna

2.1.2.3- FUENTE DE PODER PARA FM

Muchos transmisores usados en estaciones de baja potencia requieren un voltaje de entrada de 12 a 14 Voltios DC, algunos amplificadores para potencias mayores a 40 Watts requieren 24-28 Voltios DC, generalmente este tipo de fuentes de poder son encontradas en estaciones no autorizadas. En una estación fija el voltaje es provisto por una fuente de poder, que transforma el voltaje casero de 220 Voltios AC al voltaje adecuado 12 o 24

Voltios DC. Ver Figura 2.7 Las fuentes de poder no se miden sólo por su voltaje, sino también por la intensidad de corriente que pueden soportar, un amplificador de alta potencia requerirá una mayor cantidad de corriente de entrada, en comparación con uno de menor potencia, las estaciones no autorizadas operan amplificadores hasta 15 Amperios. Una fuente de poder adecuada debe proveer un flujo continuo de corriente de salida más alto que la requerida por el amplificador. Las fuentes de poder que operan en la salida una corriente máxima en forma continua tienden a sobrecalentarse. Por lo general un amplificador que requiera 8 Amperios necesitará una fuente de poder de 10 a 12 Amperios (utilizados por estaciones de baja potencia). Ver Tabla 2.1



Figura 2.7 Fuente de poder en un transmisor integrado

Potencia del Transmisor	Corriente (Amperios)
Transmisor de 1 - 5 Watts	2 a 3
Transmisor de 10 - 15 Watts	5 a 6
Transmisor hasta 40 Watts	12

Tabla 2.1 Relación potencia, corriente y cobertura para un amplificador

2.1.2.4- FILTROS PARA FM

Aunque son bastante simples en diseño y construcción, los filtros constituyen uno de los elementos más importantes en radiodifusión. Sin excepción, siempre se debe usar un filtro entre el transmisor y la antena, para evitar la interferencia con otras emisoras. En las estaciones no autorizadas se suelen instalar filtros artesanales de fabricación nacional o simplemente no usan filtro alguno. Un filtro adecuado reduce o elimina los armónicos de la señal que se irradia. Ver Figura 2.8 Los armónicos son producidas por el transmisor y son múltiplos de la frecuencia fundamental a la que está sintonizado. Si la frecuencia

fundamental es 100 MHz, probablemente se producirán armónicas a 200 MHz y con alguna probabilidad a 300 MHz, y así sucesivamente. Muchos diseños de filtros son del tipo pasa bajo, dejan pasar, y no afectan, a las frecuencias por debajo de una determinada frecuencia. A medida que la frecuencia se incrementa más allá de ese punto, el filtro comienza a atenuar cualquier señal. El grado de atenuación se incrementa con la frecuencia. Cuando se alcanza la frecuencia de la Segunda armónica (notar que la primera frecuencia es la frecuencia fundamental), la señal ya está severamente atenuada. Esto es muy importante, ya que el Segundo armónico de un transmisor FM, cae en la parte alta de la banda de TV en VHF. Ver Tabla 2.2 Si se descuida la eliminación de armónicos, producirían interferencias con los receptores de TV del área vecina, sobretodo en los canales 7, 9, 11 y 13 de señal abierta ya que estos canales corresponden a las frecuencias de los probables armónicos.

Canal	Frecuencia
7	174 - 180 MHz
8	180 - 186 MHz
9	186 - 192 MHz
10	192 - 198 MHz
11	198 - 204 MHz
12	204 - 210 MHz
13	210 - 216 MHz

Tabla 2.2 Relación de canales que pueden ser afectados por espurias de FM.



Figura 2.8 Etapa de Filtros

Asimismo existe la posibilidad que la estación no use filtro y produzca espurias causando interferencia sobre la banda de aeronáutica de aviación comercial, finalmente si no se usa el filtro adecuadamente calibrado se producirán productos de intermodulación los cuales pueden reflejarse en cualquier banda asignada como puede ser la misma Banda FM.

2.1.2.5- ANTENAS PARA FM

El propósito primario de una antena es irradiar la señal de FM desde el transmisor hacia los receptores de FM, para ello, hay algunas condiciones que se debe satisfacer, primero, la antena debe estar sintonizada con la frecuencia en la que va a transmitir y segundo, la antena debe estar instalada y orientada adecuadamente. En FM, las ondas de radio viajan en línea recta hasta que un obstáculo se atraviesa. Esto se conoce como transmisión de vista, si la antena transmisora y la receptora se pueden ver una a la otra, y la distancia entre ellas no es tan grande como para atenuar la señal, entonces esa señal puede ser recibida. La fuerza de la señal de radio se basa en la regla práctica llamada ley de los cuadrados inversos, al doblar la distancia, la fuerza de la señal será la cuarta parte de lo que era inicialmente.

Como las transmisiones en FM son de línea de vista, la altura del centro de radiación de la antena es muy importante, por esto incrementar la altura del centro de radiación es más efectivo que duplicar o triplicar la potencia. Debido a la curvatura de la tierra a mayor altura, mayor distancia hasta el horizonte, por lo tanto una buena altura colocará a la antena sobre los edificios y obstáculos que podrían bloquear la señal. En estaciones radiodifusoras no autorizadas la antena por lo general está a 9 metros sobre el suelo.

La antena se puede sintonizar en forma aproximada al ajustar la longitud de los radiantes de la antena (los elementos que irradian la señal), muchos diseños de antenas se basan o derivan de lo que se denomina un dipolo, dos radiantes cuya longitud es aproximadamente $1/4$ de longitud de onda de la frecuencia de transmisión deseada. La longitud de onda de la frecuencia de transmisión deseada, se determina:

$$\lambda = c * f^{-1}$$

Donde:

λ = Longitud de onda en (m).

c = Velocidad de la luz en el espacio igual a $3 * 10^8$ en ($m * s^{-1}$).

f = Frecuencia en (s^{-1}).

El factor de corrección para la antena dada varia entre 0,90 a 0,95, dependiendo del diámetro del radiante. El ajuste fino de la antena requiere el uso de un medidor de la

relación de ondas estacionarias (SWR, Standing Wave Ratio). Las ondas estacionarias representan la relación entre la potencia que alimenta a la antena y la que es reflejada por la antena hacia el transmisor, una antena bien sintonizada debe reflejar muy poca potencia hacia atrás, por lo general suelen utilizar antenas omnidireccionales.

2.1.2.5.1- TIPOS DE ANTENAS UTILIZADAS EN ESTACIONES RADIODIFUSORAS NO AUTORIZADAS

Los tipos de antenas más comunes que conforman el sistema irradiante de una estación de transmisión no autorizada son los siguientes:

2.1.2.5.1.1- ANTENA MONOPOLO VERTICAL CON PLANO A TIERRA. Ver Tabla 2.3 y Figura 2.9

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
Rango de Frecuencias : 88 – 108 MHz	Peso Neto : 4.4 Kg
Ancho de Banda : Sintonizado	Velocidad del Viento: 160 Km / h
Relación de Onda Estacionaria: 1.5 : 1	
Polarización: Vertical	
Impedancia: 50 Ohms	
Ganancia : 0 dB _d	

Tabla 2.3 Características de una antena Monopolo Vertical con plano a tierra

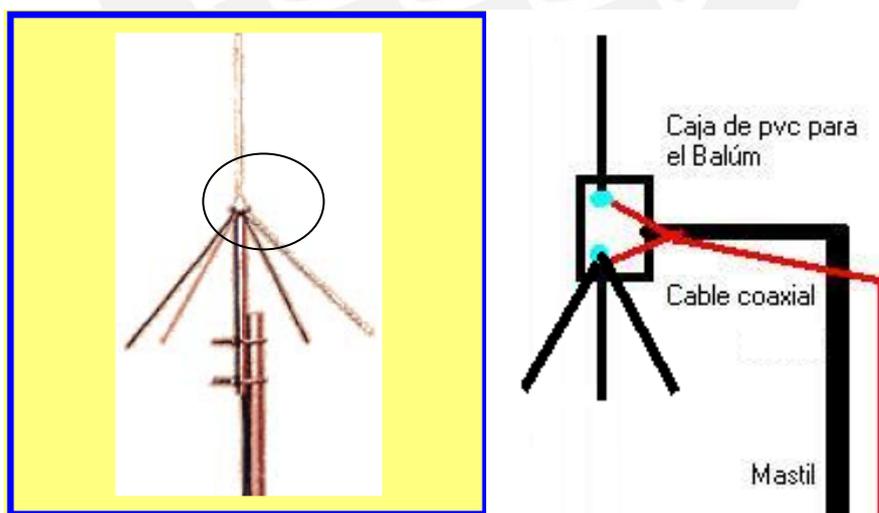


Figura 2.9 Antena Monopolo Vertical con plano a tierra

2.1.2.5.1.2- ANTENA DIPOLO VERTICAL Ver Tabla 2.4 y Figura 2.10

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
Rango de Frecuencias: 88 – 108 MHz	Peso Neto: 2.2 Kg
Ancho de Banda: Sintonizado y Banda ancha	Velocidad del Viento: 160 Km / h
Relación de Onda Estacionaria: 1.3 : 1	Carga del Viento: 10 Kg
Polarización: Vertical	
Impedancia: 50 Ohms	
Ganancia: - 0.22 dBd	

Tabla 2.4 Características de una antena Dipolo Vertical



Figura 2.10 Antena Dipolo de polarización vertical

2.1.2.5.1.3- ANTENA DIPOLO CIRCULAR Ver Tabla 2.5 y Figura 2.11

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
Rango de Frecuencias: 87.5 – 108 MHz	Peso Neto: 4.5 Kg
Ancho de Banda: Sintonizado	Velocidad del Viento: 160 Km / h
Relación de Onda Estacionaria: 1.3 : 1	Carga del Viento: 10 Kg
Polarización: Circular	
Impedancia: 50 Ohms	
Ganancia: 1.2 dBd	

Tabla 2.5 Características de una antena Espira dipolo

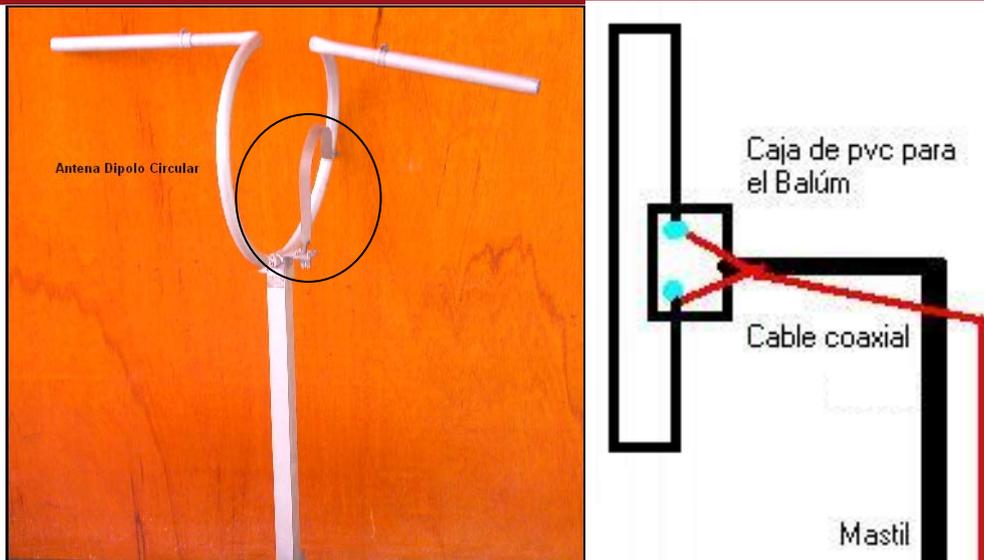


Figura 2.11 Antena Espira dipolo de polarización circular

2.2.5.1.4- ANTENA DE DOS DIPOLOS CRUZADOS EN "V" Ver Tabla 2.6 y Figura 2.12

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
Rango de Frecuencias: 87.5 – 108 MHz	Peso Neto: 36.0 Kg
Ancho de Banda: Sintonizado y Banda ancha	Velocidad del Viento: 160 Km / h
Relación de Onda Estacionaria: 1.27 : 1	Carga del Viento: 32.0 Kg
Polarización: Circular	
Impedancia: 50 Ohms	
Ganancia: 1.5 dB _d	

Tabla 2.6 Características de una antena dos dipolos cruzados de polarización circular

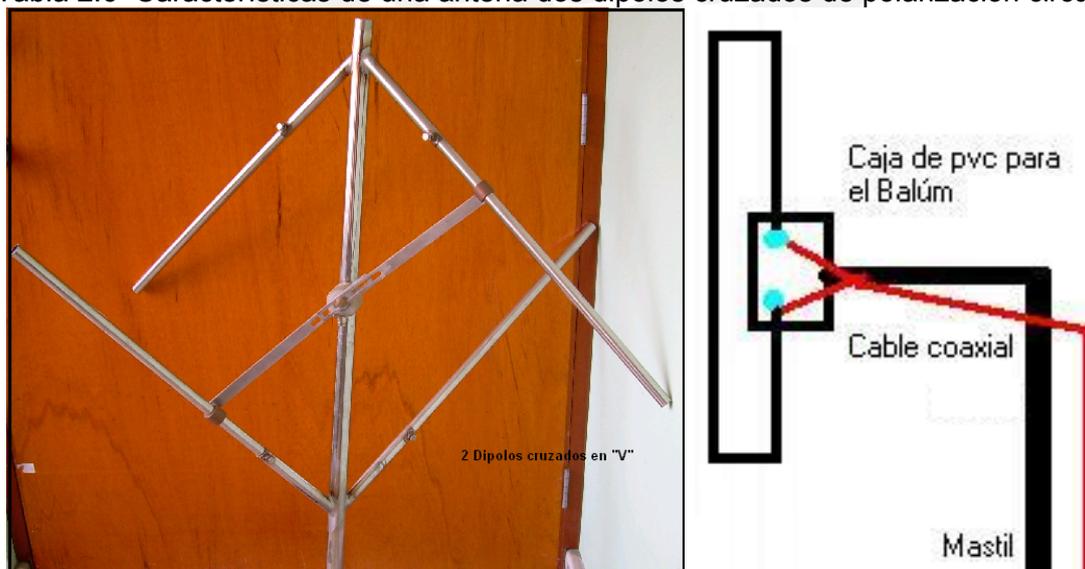


Figura 2.12 Antena dos dipolos cruzados de polarización circular

2.1.2.5.1.5- ANTENA YAGI DE "N" ELEMENTOS (*) Ver Tabla 2.7 y Figura 2.13

(*) N, es el numero de dipolos (elementos) que constituyen la antena Yagi pudiendo ser como mínimo 3 elementos.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
Rango de Frecuencia: 87.5 – 108 MHz	Peso Neto: 31.0 Kg
Ancho de Banda: Banda ancha	Velocidad del Viento: 160 Km / h
Relación de Onda Estacionaria: 1.25 : 1	Carga del Viento: 25.0 Kg
Polarización: Vertical	
Impedancia: 50 Ohms	
Ganancia: 1.1 dB _d	

Tabla 2.7 Características de una antena Yagi



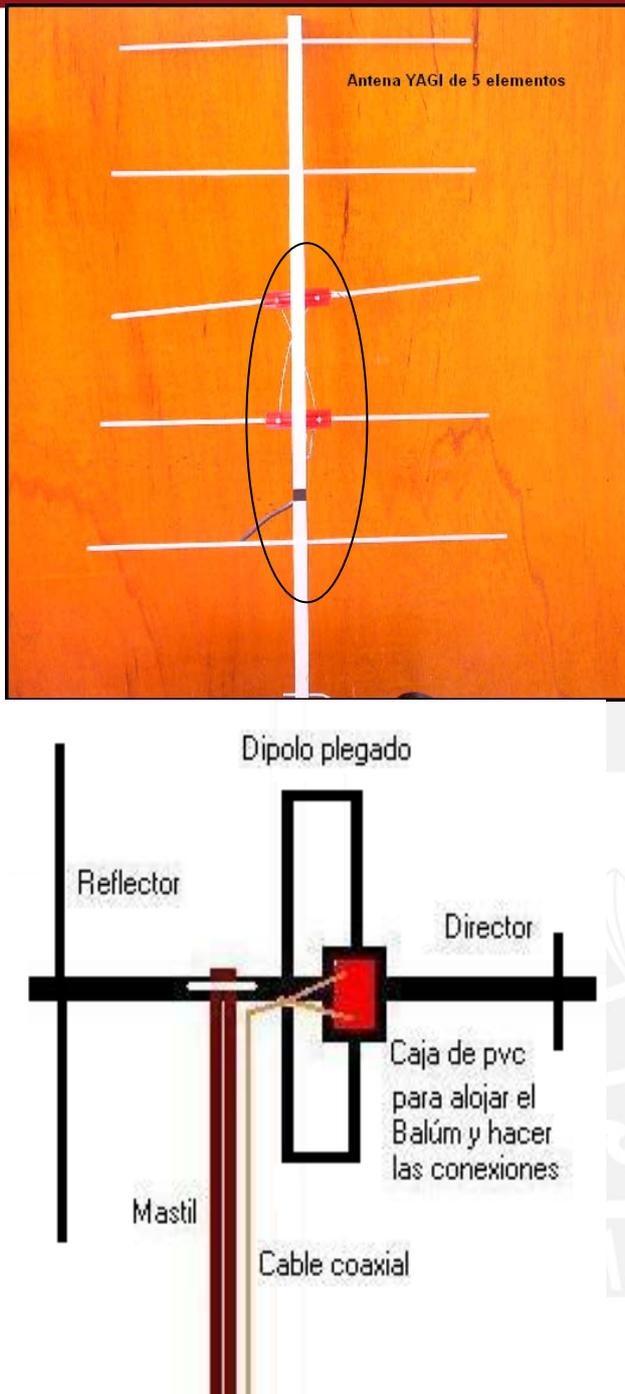


Figura 2.13 Antena Yagi de 5 elementos de polarización vertical

2.1.2.6- CONECTORES Y CABLES

Un cable coaxial está formado de un conductor interno dentro de un envoltorio aislante. Esto, a su vez, está rodeado por una lámina o tejido metálico trenzado, llamado blindaje o pantalla. Este blindaje está cubierto por un forro aislante de plástico. Los cables coaxiales se clasifican en términos de su impedancia, la cual es 50 Ohms (en estaciones del tipo A, B, C, D, E1 y E2), excepto en las uniones de enfasaje de los dipolos. En la

categoría de 50 Ohms hay diferentes tipos de cable para seleccionar. La característica más importante del cable coaxial es el nivel de atenuación de la señal, esto depende de la longitud del cable y su respuesta de frecuencia característica. El cable coaxial RG58 tiene un alto grado de atenuación y sólo debería ser usado para conexiones cortas. El RG8X, trabaja bien para distancias menores de 15 metros y es usado por la mayoría de estaciones no autorizadas. Hay tres tipos de conectores de uso general, BNC, PL259 y N Ver Figura 2.14 Dependiendo de que etapas se van a conectar podemos usar los diferentes conectores, cabe mencionar que todo conector introducirá un pequeño grado de pérdida de la señal. Los conectores N son usados cuando el rendimiento y la confiabilidad son lo más importante.

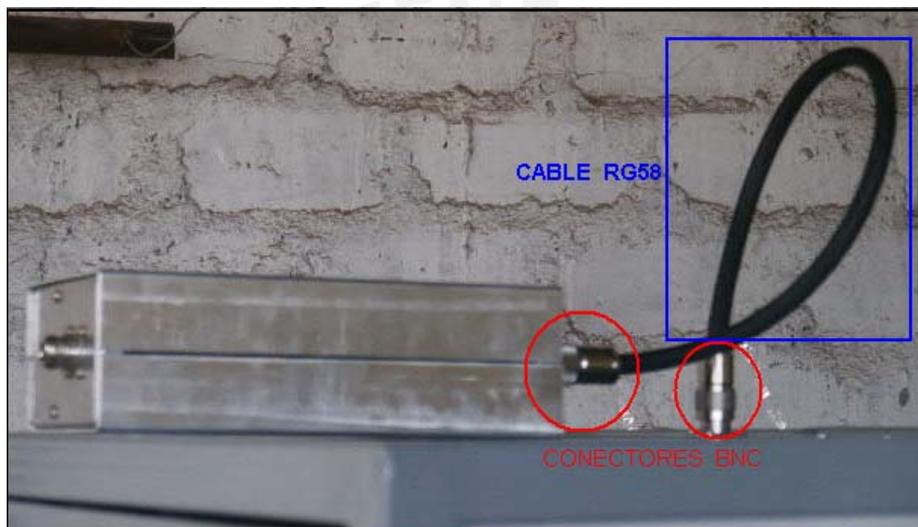


Figura 2.14 Cables y Conectores de Sistema de radiodifusión

2.1.2.7- INSTALACION DEL ESTUDIO

Un estudio típico de radiodifusión consta de un mezclador de audio, uno o más reproductores de discos compactos, reproductores de cassettes, actualmente se utiliza una computadora, varios micrófonos, y un compresor/limitador. Los elementos opcionales pueden incluir un carrusel y un phone patch. Todo mezclador debe tener al menos 2 o más entradas para micrófonos de baja impedancia. Los reproductores de CD y cintas (cassettes) son los mismos que se usan domésticamente, dentro del segmento de alta calidad. Los micrófonos deben ser de buena calidad, para voz, pueden ser direccionales u omnidireccionales. Los micrófonos direccionales recogen menos ruido de ambiente, pero necesitan estar alineados con la boca de las personas para recoger bien el sonido. Un micrófono omnidireccional puede ser una mejor elección, ya que muchas personas no prestan atención si el micrófono está apuntando hacia su boca. Los audífonos son esenciales para monitorear y corregir los materiales de los programas. Se puede optar por

robustas unidades de alta calidad (que son un poco costosas) o planear un reemplazo periódico de equipos baratos cada cierto tiempo. Un limitador/compresor es una parte esencial de la cadena de audio. Se utiliza para mantener la señal de audio por debajo de un nivel estándar. Sin esta pieza, el transmisor se sobremodulará, con pequeñas porciones de señal y se distorsionará como resultado se reproducen interferencias con las estaciones de frecuencias adyacentes. Posteriormente se debe bajar completamente el nivel de entrada del transmisor y encenderlo. Para monitorear y buscar una señal de radio de buena calidad, lentamente, se sube el control de nivel hasta que se escuche el tono de prueba, al comparar el nivel de la señal con el de otras estaciones debe escucharse ligeramente más bajo, ya que muchas otras operadoras introducen algo más de procesamiento en su señal. Ver Figura 2.15 Puede ser necesario hacer ajustes finos en el limitador/compresor para ajustar la señal con exactitud. Cuando todo esté calibrado correctamente, cualquier señal de audio que exceda de 0 dB será limitada a ese nivel por el compresor/limitador. Habrá que escuchar cuidadosamente la señal para asegurarse que cuando una fuente de audio potente excede este nivel, la señal no se distorsione o "salpique". Habrá necesidad de ajustar interactivamente entre el nivel de salida y el umbral. Una consideración muy importante es mantener tanta distancia como sea posible entre los equipos del estudio y el transmisor. Las señales de RF (radiofrecuencia) saben cómo entrar dentro de los equipos de audio y producir zumbidos y otras clases de ruido. Se pueden separar las dos áreas usando un cable de baja impedancia entre el limitador/compresor y el transmisor.



Figura 2.15 Instalación del estudio de Transmisión

2.2- SITUACION ACTUAL DE LA FM EN LIMA

2.2.1- LEYES QUE REGULAN LA RADIODIFUSIÓN SONORA

- Ley General de Telecomunicaciones N° 18.168, del 02 de Octubre de 1982.
- Reglamento de Radiodifusión Sonora, Dec. N° 126, del 01 de Abril de 1997.
- Norma Sobre Requisitos Básicos de las Estaciones de Radiodifusión Sonora, Resolución N° 36, del 23 de Enero de 1987.
- Norma técnica de Radiodifusión Sonora, Resolución N° 479, del 13 de Abril de 1999 modificada por Resolución N° 1117, del 15 de Setiembre del 2000.
- Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico, indicado a través del Decreto N° 15, del 24 de Marzo de 1983, y sus modificaciones. **Ver Anexos Capítulo II**

Departamento	Resolución de Canalización	Resolución Modificatoria
Lima	RVM 251-2004-MTC/03	RVM 485-2005-MTC/03

Tabla 2.8 Resolución Viceministerial, para canalización de la FM en Lima

2.2.2- CANALIZACIÓN DE LA FM EN LA CIUDAD DE LIMA

Se hizo la asignación de frecuencias para la banda II, en el rango de 88 - 108 MHz, así mismo se dividió dicha Banda en 100 canales, la canalización empieza con el canal 201 al cual le corresponde la frecuencia 88.1 MHz. y termina en el canal 300 el cual le corresponde la frecuencia 107.9 MHz, cada canal tiene una separación de 200 KHz, en cada ciudad solo se asignaran canales con una separación de por lo menos 600 KHz. La Tabla 2.9, nos muestra la canalización de la banda II a nivel nacional. En cada uno estos canales, El ancho de banda asignado a cada estación radiodifusora en FM, es 256 MHz. así mismo se tolera una variación de +/- 10%, la máxima potencia irradiada isotrópica efectiva (erp) se da en la dirección de máxima ganancia de antena, autorizada por el MTC, en cada localidad. Además la planta de transmisión debe instalarse fuera de la zona de servicio (contorno de 66 dB μ V/m) de las estaciones primarias de la localidad de Lima, respetando las distancias resultantes de las relaciones de protección en RF. **Ver Tabla 2.9**

FRECUENCIA	CANAL N°	FRECUENCIA	CANAL N°	FRECUENCIA	CANAL N°
88.1 MHz	201	94.9 MHz	235	101.7 MHz	269
88.3 MHz	202	95.1MHz	236	101.9 MHz	270
88.5 MHz	203	95.3 MHz	237	102.1 MHz	271
88.7 MHz	204	95.5 MHz	238	102.3 MHz	272
88.9 MHz	205	95.7 MHz	239	102.5 MHz	273
89.1 MHz	206	95.9 MHz	240	102.7 MHz	274
89.3 MHz	207	96.1 MHz	241	102.9 MHz	275
89.5 MHz	208	96.3 MHz	242	103.1 MHz	276
89.7 MHz	209	96.5 MHz	243	103.3 MHz	277
89.9 MHz	210	96.7 MHz	244	103.5 MHz	278
90.1 MHz	211	96.9 MHz	245	103.7 MHz	279
90.3 MHz	212	97.1 MHz	246	103.9 MHz	280
90.5 MHz	213	97.3 MHz	247	104.1 MHz	281
90.7 MHz	214	97.5 MHz	248	104.3 MHz	282
90.9 MHz	215	97.7 MHz	249	104.5 MHz	283
91.1 MHz	216	97.9 MHz	250	104.7 MHz	284
91.3 MHz	217	98.1 MHz	251	104.9 MHz	285
91.5 MHz	218	98.3 MHz	252	105.1 MHz	286
91.7 MHz	219	98.5 MHz	253	105.3 MHz	287
91.9 MHz	220	98.7 MHz	254	105.5 MHz	288
92.1 MHz	221	98.9 MHz	255	105.7 MHz	289
92.3 MHz	222	99.1 MHz	256	105.9 MHz	290
92.5 MHz	223	99.3 MHz	257	106.1MHz	291
92.7 MHz	224	99.5 MHz	258	106.3 MHz	292
92.9 MHz	225	99.7 MHz	259	106.5 MHz	293
93.1 MHz	226	99.9 MHz	260	106.7 MHz	294
93.3 MHz	227	100.1 MHz	261	106.9 MHz	295
93.5 MHz	228	100.3 MHz	262	107.1 MHz	296
93.7 MHz	229	100.5 MHz	263	107.3 MHz	297
93.9 MHz	230	100.7 MHz	264	107.5 MHz	298
94.1 MHz	231	100.9 MHz	265	107.7 MHz	299
94.3 MHz	232	101.1 MHz	266	107.9 MHz	300
94.5 MHz	233	101.3 MHz	267		
94.7 MHz	234	101.5 MHz	268		

Tabla 2.9 Canalización del espectro para la ciudad de Lima
2.2.3- CANALES ASIGNADOS EN LOS DISTRITOS PERIFÉRICOS DE LIMA.

Mediante RVM N° 485-2005-MTC/03, se modifica la RVM 251-2004-MTC/03, con la finalidad de incorporar los planes de canalización del espectro para las siguientes localidades: Ate-Vitarte, Ancón, Chosica, Cieneguilla, Comas, Huaycán, San Juan de Lurigancho, Saracoto, Ventanilla, Villa María del Triunfo. **Ver Anexos Capítulo II**

2.2.4- UBICACIÓN DE LAS RADIODIFUSORAS DE FM AUTORIZADAS EN LIMA

La ubicación de los estudios de una estación radiodifusora puede cambiar de dirección fácilmente, así mismo se puede dar un cambio de dirección de la planta de transmisión pero con menor probabilidad, cada vez que requiera cambiar de dirección la planta de transmisión, los estudios deben comunicarse por escrito al MTC, y esperar la respuesta correspondiente, debido a que dicho cambio sobretodo del sistema irradiante acarrea problemas de interferencia, debe hacerse un nuevo estudio sobre los niveles de intensidad, sobre el área de cobertura, sobre el sistema irradiante a utilizar, la altura de la torre, el número de Bays a utilizar, el tipo de antenas y el indicativo. **Ver Tabla 2.10**

Empresa	Frecuencia	Planta / Estudios	Distrito	Indicativo
Telestereo 88 S.A.	88.3 MHz.	Av. J. Prado N° 1148-802 Av. J. Prado N° 1148-802	San Isidro San Isidro	OCX-4G
Radio el Sol Promotora Siglo XX S.A.	88.9 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Calle Madrid N° 448	Chorrillos Miraflores	OCZ-4M
Emisoras Peruanas S.A.C.	89.7 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Paseo de la República N° 3866	Chorrillos San Isidro	OCZ-4V
Asociación Iglesia Bautista Independiente de Chosica	90.1 MHz.	Jr. Chile N° 178, San Fernando alto Jr. Chile N° 178, San Fernando alto	Lurigancho Lurigancho	OBW-4G
corporación Gestión S.A.	90.5 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Calle General Salaverry N° 152-156	Chorrillos Miraflores	OCW-4I
Empresa Radiodifusora San Borja E.I.R.LTDA.	91.1 MHz.	Av. Javier Prado Este N° 2340 Av. Javier Prado Este N° 2340	San Borja San Borja	OCZ-4B
La Voz del Sur E.I.R.L.	91.5 MHz.	Antigua Panamericana Km. 36.5 Antigua Panamericana Km. 36.5	Lurín Lurín	OBT-4E
Antártida de Radiodifusión E.I.R.L.	91.5 MHz.	Mz. "K" , Lt. 13 - Villa Huanta Mz. "K" , Lt. 13 - Villa Huanta	San Juan Lurigancho San Juan Lurigancho	TRAMITE
Radio Tigre S.A.C.	91.9 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Amador Merino Reyna N° 295	Chorrillos San Isidro	OCZ-4J

Empresa	Frecuencia	Planta / Estudios	Distrito	Indicativo
Studio Stereo S.A.	92.5 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Paseo de la República N° 3866	Chorrillos San Isidro	OCZ-4N
Super FM S.A.C.	93.1 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar)	Chorrillos	OCZ-4A

		Justo Pastor Dávila N° 197	Chorrillos	
Sociedad Radiodifusora Comercial S.A. "Soracosa"	94.3 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Paseo de la República N° 3866	Chorrillos San Isidro	OCR-4M
Radio "A" Frecuencia Modulada S.A.	94.9 MHz.	Calle 48, Mz. "L-4", Lt. 6 Urb. El Pinar Av. La Marina N° 3099	Chorrillos San Miguel	OCZ-4T
Radio "A" Frecuencia Modulada S.A.	94.9 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. La Marina N° 3099	Chorrillos San Miguel	OCZ-4T
Radio "Z" Rock & Pop S.A.C.	95.5 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. La Marina N° 3099	Chorrillos San Miguel	OCW-4Z
Radio Miraflores S.A.	96.1 MHz.	Av. Manco Cápac N° 495 Av. Manco Cápac N° 495	Miraflores Miraflores	OCR-4N
Radio San Luis S.A.	96.7 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Paseo de la República N° 3866	Chorrillos San Isidro	OBR-4W
Radio y Televisión Omega S.A.	97.3 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Justo Pastor Dávila N° 197	Chorrillos Chorrillos	OCZ-4R
Radio Comas, Empresa Radiodifusora S.R.LTDA.	97.7 MHz.	Av. Canto Grande N° 3616 Av. Canto Grande N° 3616	San Juan Lurigancho San Juan Lurigancho	TRAMITE
Asociación Radio María	97.7 MHz.	Calle El Sol y F. Pizarro, Mz.13, Tablada Calle El Sol y F. Pizarro, Mz.13, Tablada	Villa María del Triunfo Villa María del Triunfo	OBT-4Z
Audivisión Latina S.A.	97.7 MHz.	Av. Las Flores, Urb. Sta. María Chosica Av. Las Flores, Urb. Sta. María Chosica	Chaclacayo Chaclacayo	TRAMITE
Publicidad Odeese S.A.	97,7 MHz.	Av. Pachacútec Mz D, Lt 2, Tambo Viejo Av. Pachacútec Mz D, Lt 2, Tambo Viejo	Cieneguilla Cieneguilla	CANCELADA
Empresa Radiodifusora Marconi S.A.	98.1 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Paseo Parodi N° 340	Chorrillos San Isidro	OBZ-4C
Compañía Universal de Radiodifusión S.A.	98,7 MHz.	Mz.B, Lt. 15K, El Porvenir, Ate Vitarte Mariscal J. La Mar N° 240, Urb. El Pino	Ate San Luis	CANCELADA
Frecuencia Modulada Rad. Doble Nueve S.R.LTDA.	99.1 MHz.	Av. J. Mariátegui N° 1779 - 304 Av. J. Mariátegui N° 1779 - 304	Jesús María Jesús María	OAZ-4A
Radio Imperial de Junín SA	99.5 MHz.	Cerro Papa Av. Separadora Industrial Mz. 5, Lt 4	Villa el Salvador Villa el Salvador	OCY-4I
Strereo Lima Cien S.A.	100.1 MHz.	Av. Paseo de la República N° 567 Av. Paseo de la República N° 567	Lima Lima	OCX-4U
Asociación Radio Emisora Parroquial Enmanuel	100.5 MHz.	Av. 15 de Julio S/N, Huaycan Av. 15 de Julio S/N, Huaycan	Ate Ate	OBT-4J

Empresa	Frecuencia	Planta / Estudios	Distrito	Indicativo
Radio Poder FM. S.A.C.	100.7 MHz.	Av. San Martín S/N, Mz. B, Lt. 10 Av. San Martín S/N, Mz. B, Lt. 10	Cieneguilla Cieneguilla	TRAMITE
Radio Panamericana S.A.	101.1 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Paseo Parodi N° 340	Lima Lima	OBZ-4D
Centro de Comunicación	101.7 MHz.	Av. César Vallejo Grupo 15, Sector 2	Villa el Salvador	CANCELADA

Popular del Desarrollo		Av. César Vallejo Grupo 15, Sector 2	Villa el Salvador	
Radio Comas Empresa Radio	101.7 MHz.	Mz. "K" , Lt. 13 - Villa Huanta Mz. "K" , Lt. 13 - Villa Huanta	San Juan Lurigancho San Juan Lurigancho	TRAMITE
Nadu S.A.	102.1 MHz.	Av. Guzmán Blanco N° 465 Av. Guzmán Blanco N° 465	Lima Lima	OBT-4S
Radio Filarmonía	102.7 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Pedro de Osma N° 501	Chorrillos Barranco	OCR-4V
Radio Unión y TV S.A.	103.5 MHz.	Av. Central N° 717 Av. Central N° 717	San Isidro San Isidro	OBZ-4F
Producciones J.R. S.A.	103.5 MHz.	Urb. Nueva Alianza Mz. D, Lt. 39 Urb. Nueva Alianza Mz. D, Lt. 39	Chaclacayo Chaclacayo	TRAMITE
Asociación Cultural y Educativa Nuevo San Juan	103.5 MHz.	AA.HHU. Las Delicias Mz. A, Lt. 1 AA.HHU. Las Delicias Mz. A, Lt. 1	San Juan Lurigancho San Juan Lurigancho	OCR-4G
Inst. Nacional de Radio y Televisión del Perú - IRTP	103.9 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av.Pethit Thouars N° 441	Chorrillos San Miguel	OCZ-4D
Empresa Radiodifusora Excelsior S.A.C.	104.7 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Av. Amador Merino Reyna N° 295	Chorrillos San Isidro	OCZ-4H
Empresa de Radiodifusión Social la Familia E.I.R.L.	105.1 MHz.	Jr. las Margaritas N° 127 Av. Manco Cápac N° 495	Miraflores Miraflores	OBR-4G
Convento de Sto. Domingo Radio Sta. Rosa.	105.1 MHz.	Av. Revolución y Av. El Sol, Sec. 1 Jr. Camaná N° 170	Villa El Salvador Lima	OCY-4H
Radio Sistemas del Perú S.R.L.	105.5MHz.	Av. Pethit Thouars N° 1806 Av. Pethit Thouars N° 1806	Lince Lince	OCZ-4G
Radiomar S.A.	106.3 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Justo Pastor Dávila N° 197	Chorrillos Chorrillos	OCZ-4I
Corporación Electrónica del Perú - Radio Inca del Perú	107.1 MHz.	Cerro Shangrilla Jr. Bernardo Alcedo N° 375	Puente Piedra Lince	OCZ-4P
Corporación Electrónica del Perú - Radio Inca del Perú	107.1 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Juan Nepobuceno Vargas N° 147	Chorrillos Chorrillos	OCZ-4P
Radio Uno S.A.C.	107.7 MHz.	Cerro Marcavilca (Morro Solar) Justo Pastor Dávila N° 197	Chorrillos Chorrillos	OCZ-4L

Tabla 2.10 Estaciones radiodifusoras de FM, en la ciudad de Lima y periféricos

2.2.5- UBICACIÓN DE LAS RADIODIFUSORAS DE FM. NO AUTORIZADAS EN LIMA

Radio	Frecuencia	Coordenadas	Potencia	Ubicación / Distrito / Ciudad
Los Portales	89.5 MHz.	Lat. S: 12°13'59,8" Long. O: 76° 54'30"	40 W	Mz. B9, Lt. 8, Los Portales de Pachacámac / Lurín / Lima
Bonita	105.5 MHz.	Lat. S: 12°13'59,8" Long. O: 76° 54'30"	40 W	Cerro Santa Isabel y Calle Sánchez Carrión / El Agustino / Lima
Horizonte	91.5 MHz	Lat. S: 11°55'7,4" Long. O: 77° 02'4,1"	30 W	Cerro del AA.HH. Santísima Cruz de Mayo / Collique / Comas / Lima

Radio 90.1	90.1 MHz.	Lat. S: 11°59'27,4" Long. O: 77° 00'27,5"	30 W	Av. San Hilarion N° 380, piso4 / San Juan de Lurigancho / Lima
La Famosa	106.7 MHz.	Lat. S: 11°52'49,29" Long. O: 77° 03'59,98"	40 W	Mz. 5, Lt 8, Cooperativa San Hilarion Comas / Lima
Identidad	101.7 MHz.	Lat. S: 11°58'59,8" Long. O: 76° 13'30"	40 W	Mz. G, Lt 12, AA.HH. Zarzalito, cerro Fortaleza Lurigancho (Chosica) / Lima
Fuerza Huancavelicana	102.5 MHz.	Lat. S: 12°11'18,96" Long. O: 76° 59'19,48"	30 W	Lt 6, calle Pampa dela Quinua, Villa María del Triunfo / Lima
Sensación	107.3 MHz.	Lat. S: 11°55'35" Long. O: 76° 58'57,3"	40 W	AA.HH. Renovación, Mz. B, Lt.10-12 San Juan de Lurigancho / Lima
Continental	87.5 MHz.	Lat. S: 11°49'52,2" Long. O: 77° 07'58,56"	30 W	Cooperativa Nuevo Perú Mz-3, Lt.12 Carabaylo / Lima
Confraternidad	101.9 MHz.	Lat. S: 11°59'05,2" Long. O: 77° 04'55,1	40 W	Cooperativa Huaylash, Mz. B, Lt. 21 Ventanilla / Lima
Católica Global	105.5 MHz.	Lat. S: 11°58'37,1" Long. O: 77° 06'32,3"	40 W	Mz. B, Lt 3, AA.HH. Mi Perú Ventanilla / Lima
Candela	95.3 MHz.	Lat. S: 11°57'10,8" Long. O: 77° 05'26,5"	40 W	Av. Los Químicos Mz-d Lt. 4 Ciudad Pachacútec / Ventanilla / Lima
Paraíso	101.3 MHz.	Lat. S: 11°50'19,7" Long. O: 77° 07'31,46"	40 W	AA.HH. 3 de Octubre Carabaylo / Lima
Chasqui	90.3 MHz.	Lat. S: 12°03'32,6" Long. O: 76° 59'01,2"	40 W	Av. César Vallejo Cdra. 3 / Vía de Evitamiento. El Agustino / Lima

Tabla 2.11 Ubicación de estaciones no autorizadas de FM, en la ciudad de Lima y periféricos

Ver Anexos Capítulo II

CAPITULO 3

RADIOGONIOMETRÍA

3.1- OBJETIVOS GENERALES DE LOS RADIOGONIÓMETROS

La radiogoniometría tiene por objeto determinar la línea de marcación (LOB) de una fuente cualquiera de radiaciones electromagnéticas utilizando las propiedades de propagación de las ondas. Considerada de forma general, la radiogoniometría puede utilizarse para determinar la posición de un transmisor radioeléctrico o de una fuente de ruido radioeléctrico, si esas fuentes se encuentran situadas en la superficie de la tierra. La radiogoniometría es indispensable para los siguientes fines:

- Localización de un transmisor no autorizado.
- Localización de un transmisor interferente que no puede ser identificado por otros medios.
- Determinar el emplazamiento de una fuente de interferencia perjudicial para la recepción, tales como equipos eléctricos, aisladores defectuosos en una línea de alta tensión.
- Identificar los transmisores, tanto conocidos como desconocidos.

Sin entrar en detalles sobre los diferentes fenómenos que intervienen en la propagación radioeléctrica, el problema se simplifica suponiendo que la propagación siempre tiene lugar a lo largo del arco de círculo máximo que une la fuente de radiación al punto de recepción. En estas circunstancias, si se dispone del equipo receptor adecuado que indique la dirección de llegada, es posible obtener una marcación de la fuente (transmisor o corriente interferente) y determinar la dirección de dicha fuente con relación al lugar de recepción.

3.2- GENERALIDADES SOBRE UN MEDIDOR DE RADIOGONIOMETRÍA

Un radiogoniómetro es un sensor utilizado para determinar la dirección de llegada o el acimut de una onda electromagnética (en condiciones ideales) con respecto a una dirección de referencia. Todos los radiogoniómetros hacen uso del retardo diferencial de la señal a través de una abertura de antena para obtener una marcación de señal. Algunos sistemas, como los interferómetros de fase, miden el retardo diferencial directamente y otros, como los sistemas de antenas de cuadro giratorias o las redes de antenas dispuestas de forma circular (Wullenweber, Adcock), miden una función del retardo obteniendo un diagrama de amplitud de antena directiva. La arquitectura funcional común a todos los radiogoniómetros incluye una red de antenas, un conjunto receptor y un procesador del radiogoniómetro. La composición y el procesamiento de la señal realizados en cada subconjunto dependen de los siguientes factores.

3.2.1- SISTEMA DE RADIOGONIOMETRÍA: De acuerdo a las características de la red de antenas del radiogoniómetro, el sistema de medición y procesamiento para extraer la información sobre el acimut, asimismo el avance actual de la tecnología, las técnicas radiogoniométricas se agrupan en tres categorías generales:

- Radiogoniometría por amplitud.
- Radiogoniometría por fase.
- Radiogoniometría por correlación vectorial de fase y amplitud y con Superresolución.

3.2.2- SISTEMA DE ADQUISICIÓN: La adquisición de información puede ser en forma paralela o secuencial.

3.2.2.1- SISTEMA DE ADQUISICIÓN EN PARALELO: La medición es casi instantánea y relativa a tantos canales de recepción como señales generadas por las antenas.

3.2.2.2- SISTEMA DE ADQUISICIÓN SECUENCIAL: El resultado está disponible únicamente al final de una secuencia de conmutaciones de RF, ya sea en las antenas o después de realizar una ponderación en fase y amplitud de las señales de antena. Existe un cierto número de características que debe tener un radiogoniómetro, sea cual fuere el principio de radiogoniometría adoptado. Las características operativas y de diseño del equipo (modo de visualización, concepto operativo, capacidad de control remoto, gama de temperaturas, robustez mecánica, forma, peso, consumo de potencia, etc.) deben satisfacer los requisitos de la aplicación de que se trate. Las principales características técnicas de los radiogoniómetros son: precisión, sensibilidad, inmunidad frente a ondas distorsionadas, insensibilidad a la despolarización, efectos de la interferencia Cocal y respuesta rápida.

Ver Figura 3.1

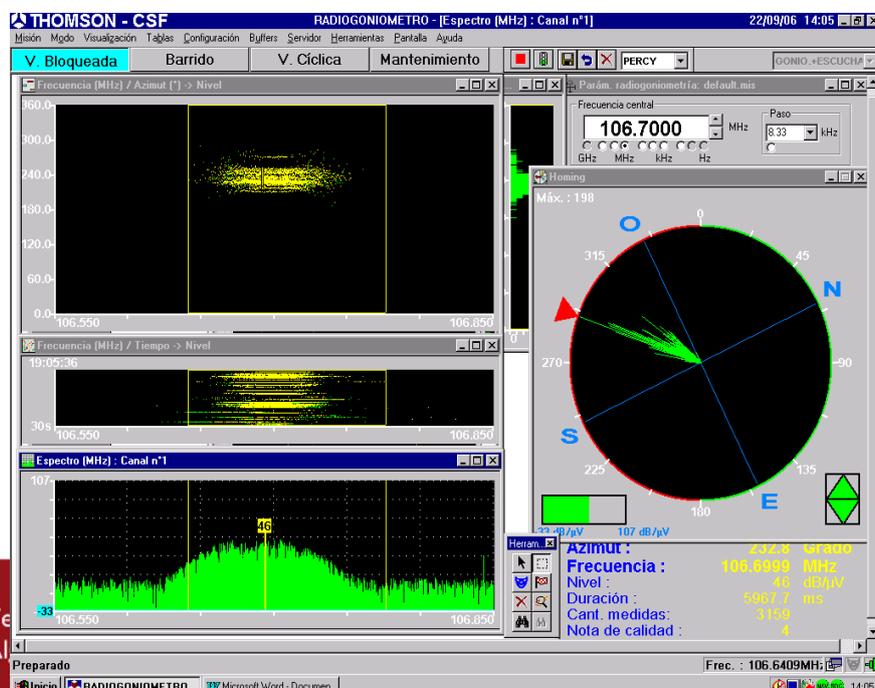


Figura 3.1 Consola de un radiogoniómetro

3.2.2.2.1- PRESIÓN: Los radiogoniómetros presentan generalmente una precisión de aproximadamente 1° a 3° , en cuanto a la precisión especificada, debemos tener en cuenta que el error del sistema presenta dos componentes. La primera de ellas, es el error de acimut, depende de la dirección de incidencia de la señal, y la segunda, error de frecuencia, es un error del radiogoniómetro en función de la frecuencia seleccionada. Normalmente, la precisión del sistema se define para señales con una relación señal a ruido suficiente (> 20 dB). Evidentemente, otros errores de radiogoniometría son derivados del medio de propagación (por ejemplo, la ionosfera) y de los trayectos múltiples del ruido que no se incluyen en la precisión del instrumento.

3.2.2.2.2- SENSIBILIDAD: La sensibilidad de un radiogoniómetro es una característica muy importante, especialmente en la comprobación técnica radioeléctrica. La comprobación técnica radioeléctrica se enfrenta a menudo con el problema de tener que evaluar señales difícilmente detectables. Una buena sensibilidad es importante por dos razones:

- Ampliar la cobertura de los radiogoniómetros en buenas condiciones de recepción.
- Lograr una fiabilidad suficiente en el radiogoniómetro en condiciones menos favorables.

Con bastante generalidad, la sensibilidad de un radiogoniómetro está estrechamente relacionada con el instante de observación y normalmente se define junto con una fluctuación específica de la marcación. La variación de la sensibilidad se da en forma inversamente proporcional a: la relación D/λ (D = diámetro de la antena del radiogoniómetro y λ = longitud de onda de la señal recibida), la relación señal / ruido, el tiempo de integración disponible y el ancho de banda seleccionado.

3.2.2.2.3- INMUNIDAD FRENTE A ONDAS DISTORSIONADAS - INTERFERENCIA COHERENTE: En la práctica, el comportamiento de un radiogoniómetro en un campo electromagnético distorsionado reviste una especial importancia, independientemente de la técnica de radiogoniometría utilizada, cada radiogoniómetro obtiene la información sobre la dirección a partir del campo electromagnético, que normalmente se supone homogéneo y propagado sin perturbaciones. En este caso ideal, que pocas veces se da en la realidad, los frentes de onda son planos; las líneas con igual fase e igual amplitud son líneas rectas

paralelas. A lo largo del trayecto de propagación, las ondas electromagnéticas sufren reflexiones en los obstáculos y difracciones provocadas por aristas interpuestas, como resultado de ello, se producen interferencias, y el frente de onda plano original se distorsiona. De las diversas relaciones entre la amplitud, la fase, el número y el ángulo diferencial de las ondas mutuamente interferentes surgen diversos tipos de distorsiones. Dependiendo de su diámetro D , una antena de radiogoniometría detecta sólo una pequeña parte del frente de onda. La dirección determinada siempre es la línea perpendicular a la sección del frente de onda promediado. En un campo distorsionado cabe esperar resultados muy distintos, que dependen de la abertura de la antena del radiogoniómetro con respecto al periodo espacial del rizado isofásico en el campo distorsionado. Es aconsejable elegir una antena de radiogoniómetro de grandes dimensiones en comparación con la longitud de onda a fin de reducir al mínimo los errores provocados por las distorsiones de campo. Si la relación $D/\lambda > 1$, el radiogoniómetro se considera de abertura amplia, y si dicha relación es inferior a 0,5 se dice que las antenas del radiogoniómetro son de abertura estrecha, finalmente con valores intermedios de la relación, los radiogoniómetros son de abertura media. Ver Figura 3.2 La capacidad de funcionar con una abertura amplia reviste una importancia fundamental para limitar la influencia de los obstáculos próximos a la antena del radiogoniómetro, que son la causa de los fenómenos multitrayecto más perturbadores, y pueden encontrarse en acimuts muy separados con respecto al trayecto directo y pueden tener, además, una amplitud similar.

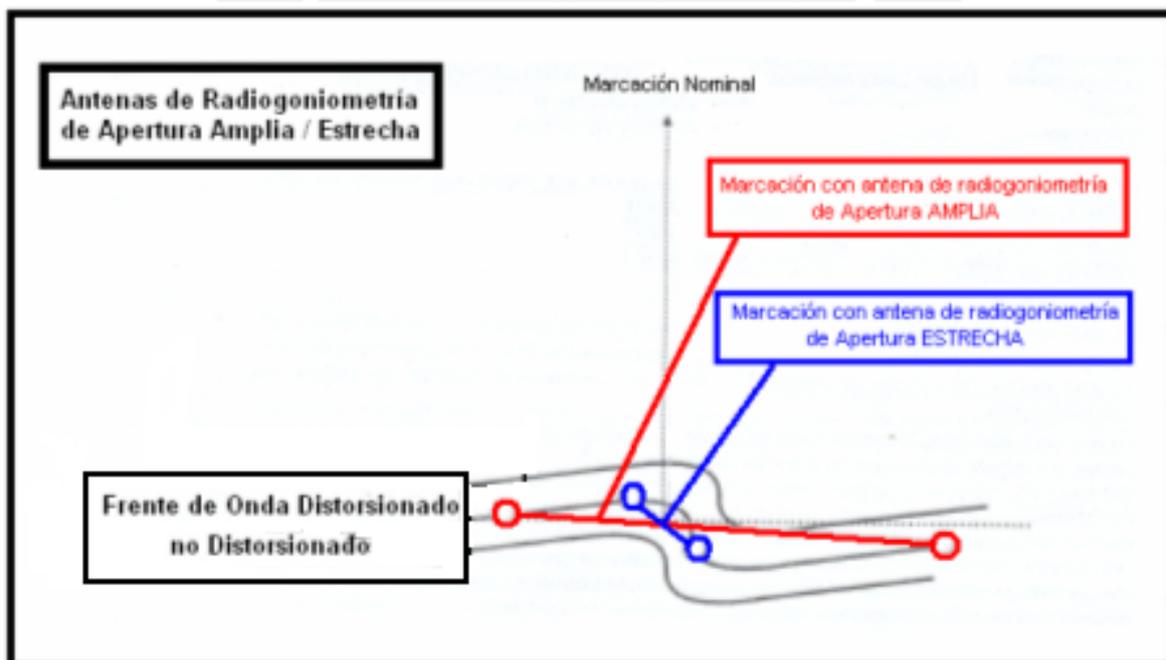


Figura 3.2 Características: Antena de radiogoniometría de apertura amplia / estrecha

3.2.2.2.4- EFECTOS DE LA DESPOLARIZACIÓN: La despolarización consiste en un

desplazamiento del plano de polarización entre la antena del radiogoniómetro y la onda incidente. La respuesta a la polarización de un radiogoniómetro depende en gran medida del sistema de antenas utilizado, en consecuencia, también del método de radiogoniometría. En este caso, casi todos los transmisores instalados en vehículos utilizan polarización vertical por razones de propagación, por ello, las antenas de radiogoniometría en las bandas de ondas métricas y decimétricas normalmente están compuestas por dipolos verticales.

3.2.2.2.5- EFECTO DE LA INTERFERENCIA COCANAL: Si además de las señales deseadas se reciben simultáneamente otras señales en el mismo ancho de banda, se dice que el equipo está en una situación de transmisión Cocanal no coherente. Las indicaciones de marcaciones erróneas provocadas por los transmisores que causan la interferencia Cocanal, debe reconocerse e identificarse.

3.2.2.2.6- TIEMPO DE RESPUESTA: Dependiendo del principio de funcionamiento de un radiogoniómetro, la señal debe estar disponible durante un cierto tiempo mínimo para permitir la lectura de las marcaciones. Los sistemas de radiogoniometría en ondas decamétricas, métricas y decimétricas deben poder detectar señales con tiempos de permanencia de 10 ms o menos.

3.2.2.2.7- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOCALIZACIÓN: En muchos casos, la línea de marcación no será suficiente para realizar la identificación y será necesario determinar la posición del transmisor. El método clásico para ello es combinar dos o más radiogoniómetros para llevar a cabo una triangulación (manual o por computador). En la banda de ondas decamétricas, con propagación ionosférica, es posible determinar la posición de un transmisor utilizando solamente una estación de radiogoniometría (localización de una sola estación, SSL), siempre que el radiogoniómetro proporcione además información sobre el ángulo de elevación además del acimut.

3.2.2.2.8- DIVERSOS SISTEMAS DE RADIOGONIOMETRÍA: La selección de un sistema de radiogoniometría para una aplicación específica se realiza normalmente combinando las características de diseño de la antena, el receptor y el procesador para obtener la disposición óptima. Las técnicas de radiogoniometría tradicionalmente se dividen en dos áreas básicas:

- Sistemas de detección de amplitud.
- Sistemas de detección de fase.

Muchos radiogoniómetros modernos utilizan combinaciones de ambas técnicas.

3.2.2.2.9- TÉCNICAS: Cada técnica se examina en términos de los factores de calidad de funcionamiento y se destacan en función de sus características exclusivas. Las técnicas consideradas son las siguientes:

3.2.2.2.9.1- CARACTERÍSTICA DE ANTENA GIRATORIA: Los sistemas con características de antena giratoria utilizan las características del diagrama de antena para determinar la dirección de llegada. Los sistemas radiogoniométricos basados en antenas directivas con rotación mecánica ya han dejado de utilizarse.

3.2.2.2.9.2- WULLENWEBER: Los sistemas Wullenweber son sistemas de exploración electrónica que utilizan técnicas de combinación de antenas para mejorar el diagrama de antena característico del sistema. En estos sistemas se conmutan grupos de antenas en lugar de una antena cada vez. Los sistemas Wullenweber no se utilizan de manera práctica en aplicaciones de comprobación técnica civil.

3.2.2.2.9.3- ADCOCK / WATSON – WATT: Los sistemas Adcock / Watson - Watt, aprovechan las mejoras experimentadas en las antenas y en el procesamiento de las señales para proporcionar una lectura casi instantánea de los resultados.

La red de antenas Adcock utilizada por estos sistemas está constituida por pares de antenas tipo dipolo o monopolo combinados mediante un circuito híbrido de 180° para presentar el conocido diagrama de recepción (en forma de ocho), típico de las antenas de cuadro. Dos pares Adcock, dispuestos ortogonalmente, presentan una respuesta a la dirección de llegada de la señal que varía con el Seno de la dirección de llegada en una antena, y con el Coseno de la dirección de llegada, en la segunda antena. La técnica de radiogoniometría Watson - Watt utiliza tres receptores adaptados en fase y presenta el ángulo de llegada, expresado por las funciones Seno y Coseno, y un tercer canal omnidireccional para resolver el problema de la ambigüedad. Los radiogoniómetros modernos Watson-Watt utilizan técnicas de procesamiento digital de la señal para calcular la marcación. Ver Tabla 3.1

Mediciones con la red de antenas de radiogoniometría	Las mediciones de amplitud se realizan a la salida de 3 antenas. Las antenas se configuran para responder con el ángulo de llegada de la señal en diagramas de Seno, Coseno y omnidireccionales.
Conversión de la medición a marcación radiogoniométrica	Marcación = Arc tg (Sena / Cosa) Este cálculo a veces se mejora utilizando factores extraídos de

	una tabla de calibración. El problema de ambigüedad se soluciona mediante el canal de sensibilidad (omnidireccional).
Precisión	1° a 2°.
Sensibilidad	Media y alta (depende del tipo de antena).
Inmunidad contra la despolarización	En antenas muy equilibradas los errores de marcación son bajos para despolarizaciones < 45° y no puede usarse algoritmos de compensación.
Inmunidad contra frentes de onda distorsionados.	Limitada porque no se puede usar redes de antenas de abertura amplia.
Inmunidad contra la interferencia Cocanal (Interferencia no coherente)	Es posible separarla utilizando técnicas analógicas de visualización en tubos de rayos catódicos, el tratamiento digital de señal no puede separar de forma algorítmica las señales Cocanal, se debe emplear técnicas de histogramas.
Capacidad de ondas ionosférica en ondas decamétricas	No se puede determinar el ángulo de elevación de las señales de propagación ionosférica, se puede emplear antenas de cuadros cruzados para señales con ángulo de llegada elevados.
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Tienen alrededor de 50 años de antigüedad. ● Técnica de radiogoniometría antiguas. ● Mantienen vigencia debido al tiempo de respuesta rápido y a la capacidad de medir la marcación de la fuente de señales transitorias

Tabla 3.1 Técnica de radiogoniometría Adcock / Watson - Watt.

3.2.2.2.9.4- DOPPLER / PSEUDO DOPPLER: Los sistemas Doppler y pseudo-Doppler fueron desarrollados estudiando el desplazamiento Doppler provocado por una antena móvil sobre una señal recibida. La velocidad de rotación mecánica según el principio Doppler directo, generalmente no es realizable en frecuencias por debajo de la banda de ondas decimétricas, por lo que se desarrolló un método circular. Este método se llamó pseudo-Doppler, actualmente este método no es usado en comprobación técnica.

3.2.2.2.9.5- INTERFERÓMETRO DE FASE: Los métodos del interferómetro se desarrollaron en los años 70 con la finalidad de realizar mediciones cercanas y exactas del

LOB, este sistema utiliza una medición de fase diferencial entre al menos 2 antenas independientes. El elemento crítico de este tipo de sistema es el detector de fase, que proporciona una estimación del retardo de fase entre las dos señales recibidas. A partir de este retardo, y con este tipo de sistema, puede determinarse el ángulo de llegada, y pueden utilizarse combinaciones de 3, 4, 5 o más antenas para obtener un campo de visión de 360° sin tener que girar la antena. Ver Tabla 3.2

Mediciones con la red de antenas de radiogoniometría	Mediciones de fase diferencial de un subconjunto de los posibles pares de antenas formados dentro de la red. Se requiere como mínimo 2 canales del receptor coherente, también se puede usar 1 receptor con técnicas de multiplexión.
Conversión de la medición a marcación radiogoniométrica	La Marcación se calcula combinando la información sobre la red de antenas con las mediciones de fase diferencial obtenidas para pares de las antenas de la red. Las mediciones de fase para un par específico se utilizan para calcular el ángulo de llegada, basándose en el conocimiento de separación de las antenas, aprovechando el conocimiento de la red las mediciones procedentes de diversos pares se combinan para resolver las ambigüedades de acimut y calcular el ángulo de elevación de llegada.
Precisión	< 1°, Sin influencia del emplazamiento.
Sensibilidad	Alta.
Tiempo de respuesta	<ul style="list-style-type: none"> ● Normalmente < 10 ms con un receptor. ● Si se utilizan 2 receptores el tiempo de respuesta es < 1 ms.
Inmunidad contra la despolarización	Función de linealidad de la polarización del elemento de la antena únicamente, ya que no pueden utilizarse algoritmos de compensación. Los errores de despolarización típicos son bajos para polarizaciones oblicuas en 60° y aumentan para inclinaciones mas elevadas de la polarización.
Inmunidad contra frentes de onda distorsionados (interferencia coherente)	Elevada cuando se usan redes de antenas de abertura amplia.

Inmunidad contra la interferencia Cocanal (Interferencia no coherente)	Es posible la separación utilizando técnicas de Histogramas para señales no coincidentes en el tiempo. Sólo para señales mayores a 5 dB.
Capacidad de ondas ionosférica en ondas decamétricas	Se puede determinar el ángulo de elevación de las señales de propagación ionosférica, se mantiene una buena sensibilidad para señales con ángulos de llegada elevados cuando la red de antenas está constituida por antenas de cuadro cruzado.
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Los Interferómetros de fase son compatibles con las unidades de procesamiento digital de señales. • Existen computadores personales para realizar el procesamiento de radiogoniometría. • Estos sistemas no está obligados a usar redes de antenas dispuestas circularmente.

Tabla 3.2 Técnica de radiogoniometría, Interferómetro de Fase

3.2.2.2.9.6- CORRELACIÓN y SUPERRESOLUCIÓN: La superresolución, es un término utilizado para describir los sistemas de radiogoniometría modernos, que tienen la capacidad de resolver dos o más seriales Cocanal simultáneas. Estos tipos de sistemas que deben su temprano desarrollo a la radioastronomía, utilizan redes de antenas sofisticadas y avanzadas técnicas de cálculo estadístico para extraer la información contenida en las señales recibidas por cada antena. Para evaluar todos los términos de autocorrelación y correlación cruzada en la tensión de la señal correspondientes a los elementos de la red de antenas y determinar la presencia de las señales múltiples en la banda de paso, se utilizan métodos estadísticos avanzados tales como el algoritmo de clasificación de señales múltiples (MUSIC).

Normalmente, estos sistemas determinan la LOB, para las señales resueltas correlacionando los datos de amplitud y fase recibidos con una base de datos de calibración de amplitud y fase para la red de antenas. Este método, llamado de interferometría de correlación es el que emplearemos para detectar las estaciones, de radiodifusión de FM, nos permite eliminar los errores introducidos por los instrumentos y asociados al emplazamiento, puede adaptarse para ser empleado con una amplia variedad de redes de antenas. Las técnicas de superresolución no se utilizan ampliamente en las aplicaciones de comprobación técnica de las emisiones radioeléctricas debido a su limitada respuesta en el tiempo, debida al tiempo de cálculo necesario. Los datos de los parámetros, tales como valores de sensibilidad, son difíciles de definir porque no existen normas comúnmente aceptadas para las condiciones de prueba tales como el ancho de banda observado,

relación señal a ruido, etc. Las estimaciones de los cuadros son estimaciones típicas de los principios analizados. Ver Tabla 3.3

<p>Mediciones con la red de antenas de radiogoniometría</p>	<p>Para cada antena se mide la tensión de señal compleja (amplitud y fase), realizándose medidas en al menos 2 antenas simultaneas, se requiere como mínimo 2 canales receptores coherentes. Se puede utilizar 1 receptor con técnicas de multiplexión.</p> <p>Para radiogoniometría con superresolución se emplean pares de tensiones para todos los posibles pares de antenas en la red de antenas con el fin de generar la matriz de covarianza de la medición. La matriz se evalúa para resolver el contenido del cocanal en la señal recibida. En este interferómetro se emplea un subconjunto de posibles tensiones a fin de generar el vector de medición.</p>
<p>Conversión de la medición a marcación radiogoniométrica</p>	<p>La interferometría correlativa utiliza vectores de calibración generados durante la calibración del sistema en fábrica. La marcación es el valor del acimut interpolado el cual corresponde al vector de calibración del acimut que mejor concuerda con el vector de medición. Para radiogoniometría con superresolución, se calculan múltiples marcaciones utilizando valores del acimut que mejor concuerdan con el subespacio de la señal generado por la matriz de covarianza de medición.</p>
<p>Precisión</p>	<p>< 1°, Sin influencia del emplazamiento.</p>
<p>Sensibilidad</p>	<p>Alta.</p>
<p>Tiempo de respuesta: <ul style="list-style-type: none"> ● Interferometría correlativa ● Radiogoniometría con superresolución. </p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Para ondas decamétricas < 100 ms. ● Para ondas métricas y decimétricas < 10 ms.
<p>Inmunidad contra la despolarización</p>	<p>Es función de las características de polarización de la red de antenas a menos que se utilice compensación mediante el algoritmo polarizado doble adecuado para estos sistemas de procesamiento vectorial.</p>

<p>Inmunidad contra frentes de onda distorsionados (interferencia coherente)</p>	<p>Alta cuando se utilizan redes de antenas de amplia abertura.</p>
<p>Inmunidad contra la interferencia cocanal. (Interferencia no coherente)</p>	<p>Es posible realizar una separación utilizando técnicas de Histogramas para señales no coincidentes en el tiempo, para señales coincidentes en el tiempo, el sistema de correlación de vector únicamente permite evaluar la señal cuyo nivel es 3 a 5 dB, superior. El sistema de radiogoniometría con superresolución separa las señales múltiples.</p>
<p>Capacidad de ondas ionosférica en ondas decamétricas</p>	<p>Se puede determinar el ángulo de elevación de las señales de propagación ionosférica, se mantiene una buena sensibilidad para señales con ángulos de llegada elevados cuando la red de antenas está constituida por antenas de cuadro cruzado.</p>
<p>Observaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Esta técnica de radiogoniometría es compatible con la nueva generación de métodos de procesamiento digital de la señal. ● Los procesadores actuales procesan gran cantidad de información en poco tiempo. ● En estos nuevos sistemas no se exige instalar redes de antenas circulares.

Tabla 3.3 Técnica de radiogoniometría, Interferometría correlativa con superresolución

3.3- ESTACIÓN BÁSICA DE RADIOGONIOMETRÍA

Un sistema básico consta de dos o más estaciones radiogoniométricas con control remoto (se refiere a la unidad móvil equipada con sistema de radiogoniometría) y una estación de comprobación técnica atendida. Las emisiones se dan en la gama de 30 MHz hasta 3 GHz y pueden medirse con dicho sistema. Los datos medidos tales como marcaciones, intensidad de señal y calidad de las marcaciones, junto con las señales de audiofrecuencia recibidas pueden enviarse desde las estaciones de radiogoniometría con control remoto a la estación de comprobación técnica. Como las líneas de marcación y sus puntos de cruce también figuran en la presentación en forma de mapa, el operador puede determinar fácilmente la posición estimada de la emisión. Cuando esta emisión se realiza desde una unidad móvil, el operador puede deducir la dirección de desplazamiento de dicha unidad observando el punto de cruce en el sistema de presentación. La superficie sometida

a comprobación en la que se obtiene la precisión de medición requerida puede determinarse teniendo en cuenta la relación geométrica, incluida la distancia, entre las estaciones de radiogoniometría, dicha superficie de comprobación técnica y las estaciones objetivo. La precisión puede llegar a valores tan bajos como $\pm 1^\circ$ en terrenos despejados y deteriorarse hasta unos $\pm 10^\circ$ en zonas urbanas dependiendo de las condiciones.

3.3.1- RADIOGONIÓMETRO MOVIL: Los sistemas de radiogoniometría con control remoto que se han creado pueden consistir de dos o más estaciones móviles provistas de un radiogoniómetro y un equipo de comprobación técnica, las emisiones en la gama de frecuencias comprendidas entre 300 Hz – 30 MHz (canal1) y 30 MHz - 3 GHz (canal 2), deben ser adecuadamente procesadas por unidades móviles. Dos estaciones de radiogoniometría móviles se conectan a través de radioenlaces de datos en la banda de ondas métricas y funcionan en mutua cooperación. Cualquiera de las dos estaciones puede, actuar como estación principal y la otra como estación subordinada, la estación principal transmite una instrucción de radiogoniometría mediante la cual se controlan ambos radiogoniómetro, para llevar a cabo la medición radiogoniométrica o marcación del mismo objetivo al mismo tiempo. Un sistema de radiogoniometría móvil tiene en la parte trasera del techo del vehículo, el sistema de antenas y puede montarse un sensor de brújula magnético compensado para obtener información sobre el acimut de referencia a fin de realizar las marcaciones radiogoniométricas.

3.4- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA LG111

3.4.1- UNIDAD DE SOFTWARE, THOMSOM CFS COMUNICACIONES: Es el Software del radiogoniómetro el cual digitaliza la señal recibida en la banda de adquisición centrada alrededor de la frecuencia de trabajo. A cada canal del espectro se le puede asociar un resultado básico de radiogoniometría que incluye la siguiente información que usaremos en el monitoreo: Acimut, frecuencia, nivel, tiempo y nota de calidad.

3.4.2- PARÁMETROS DE RADIOGONIOMETRIA

3.4.2.1- FRECUENCIA CENTRAL: En modo de Vigilancia Bloqueada o de Vigilancia Cíclica, es la frecuencia central de la banda básica de adquisición analizada.

3.4.2.2- FRECUENCIA MÍNIMA: En modo de Barrido, es la frecuencia inferior que delimita la banda de frecuencia analizada.

3.4.2.3- FRECUENCIA MÁXIMA: En modo de Barrido, es la frecuencia superior que delimita

la banda de frecuencia analizada.

3.4.2.4- PASO DE FRECUENCIA: Cantidad fijada por el usuario para lograr un incremento ó decremento automático del valor de la frecuencia.

3.4.2.5- BANDA DE ADQUISICIÓN: Es la anchura del filtro de recepción dispuesto por ambas partes de la frecuencia central. Según las versiones y las utilizaciones, la banda de adquisición puede ser de 300 KHz para VHF y UHF o de 20 KHz para HF.

3.4.2.6- DURACIÓN DE LA INTEGRACIÓN: Es el tiempo básico de adquisición de señal antes del cálculo de los resultados de radiogoniometría. Esta duración es variable, su variación se realiza en pasos y depende de la resolución del análisis del espectro. Cuanto más larga es la duración de integración, más fiables son los resultados, pero más lento es el radiogoniómetro. La duración de integración tiene que ser adaptada también al tipo de señal por medir en radiogoniometría: para frecuencias fijas, es mejor aumentarla, en cambio, para detectar bursts, hace falta reducirla.

3.4.2.7- RESOLUCIÓN: La resolución es el paso de canalización del análisis del espectro, base de la radiogoniometría digital. La resolución es variable, depende directamente de la duración de integración (más grande es el valor de resolución, más corta es la duración de integración).

3.4.2.8- UMBRAL DE DETECCIÓN: Es el nivel en dBm, en dB/ μ V, desde - 33 a 107 dB/ μ V, debajo del valor mínimo el cálculo de radiogoniometría no toma en cuenta una detección de energía. Por consiguiente, todos los resultados de radiogoniometría producidos tienen un nivel superior al nivel de detección mínimo, el cual es configurable.

3.4.2.9- GANANCIA EN RF: Modo de la ganancia disponible en la cadena de recepción, aplicado a la señal adquirida. Existen tres valores de ganancia RF, son los siguientes:

3.4.2.9.1- BUENA LINEALIDAD: Valor mínimo de ganancia, privilegia más la recepción que la sensibilidad (se sugiere utilizarla con señales fuertes).

3.4.2.9.2- NORMAL: Valor medio de ganancia.

3.4.2.9.3- ALTA SENSIBILIDAD: Valor máximo de ganancia, privilegia la sensibilidad sobre la linealidad (se recomienda usarla con señales débiles).

3.4.2.10- REMANENCIA: Valor en segundos de la ventana de conservación de los últimos resultados de radiogoniometría en la pantalla. Este valor está comprendido entre 1 segundo y un máximo determinado a través del menú Configuración, y luego el menú Radiogoniómetro.

3.4.2.11- TIPO DE PROCESAMIENTO: Modo de selección del tipo de cálculo realizado por el radiogoniómetro. Existen tres valores, son los siguientes:

3.4.2.11.1- RESULTADOS BÁSICOS: El radiogoniómetro sólo calcula los resultados básicos de radiogoniometría.

3.4.2.11.2- RESULTADOS BÁSICOS Y RESULTADOS DE EXTRACCIÓN: El radiogoniómetro calcula los resultados básicos de radiogoniometría y de allí deduce los resultados de extracción.

3.4.2.11.3- RESULTADOS DE EXTRACCIÓN: El radiogoniómetro sólo visualiza los resultados de extracción.

3.4.3- MODOS DE FUNCIONAMIENTO

3.4.3.1- MODO VIGILANCIA BLOQUEADA: El radiogoniómetro analiza permanentemente una banda básica de adquisición centrada alrededor de la frecuencia vigilada. Calcula un resultado básico de radiogoniometría o un resultado de extracción cuando una de las emisiones de la banda de adquisición tiene un nivel superior al umbral de detección. Ajustando la duración de integración, se puede integrar en el tiempo los resultados del análisis del espectro. Todas las emisiones presentes en la banda pueden generar resultados de radiogoniometría diferentes (noción de radiogoniómetro de banda ancha).

3.4.3.2- MODO BARRIDO: El radiogoniómetro analiza sucesiva y cíclicamente las bandas básicas de adquisición repartidas de manera continua entre una frecuencia mínima y una frecuencia máxima. En cada una de estas bandas básicas, toda emisión cuyo nivel es superior al umbral de detección puede generar un resultado básico de radiogoniometría o un resultado de extracción. Se puede integrar en el tiempo los resultados del análisis del espectro, en cada una de las bandas básicas de adquisición. La velocidad del barrido depende de la resolución y de la duración básica de adquisición, así como del tipo de

barrido. El operador puede seleccionar dos tipos de barrido, son los siguientes:

3.4.3.2.1- BARRIDO EN CADENCIA: El radiogoniómetro analiza de manera sistemática todas las bandas básicas de adquisición comprendidas entre la frecuencia mínima y la frecuencia máxima, aunque no haya energía en la banda. La velocidad del barrido queda constante.

3.4.3.2.2- BARRIDO BOOSTER: El radiogoniómetro analiza las bandas básicas de adquisición incluidas entre la frecuencia mínima y la frecuencia máxima sólo al detectar energía. Si no hay energía, el radiogoniómetro salta a la banda básica que sigue, lo que permite alcanzar una velocidad de barrido máxima pero no constante.

3.4.3.3- MODO VIGILANCIA CÍCLICA: En el modo de Vigilancia Cíclica, el operador ha creado previamente una tabla de Vigilancia Cíclica, formada por una lista de frecuencias básicas, llamadas "canales de vigilancia cíclica", caracterizados por una frecuencia central, una anchura de banda, un umbral de detección, un nombre (label) y un estado (válido/inválido). En realidad, esta tabla presenta los emisores que el operador quiere analizar. En cuanto la tabla está creada y seleccionada, el radiogoniómetro analiza sucesiva y cíclicamente las bandas básicas de adquisición alrededor de cada canal de vigilancia cíclica. Sólo los canales de análisis del espectro incluidos en la anchura de banda especificada pueden generar un resultado básico de radiogoniometría. Todos los resultados básicos así calculados constituyen el resultado de vigilancia cíclica asociado al canal analizado. La precisión del análisis del espectro y la fiabilidad de los resultados dependen de la resolución y de la duración de la integración.

3.4.3.4- MODO MANTENIMIENTO: Funcionalmente, el modo Mantenimiento es similar al modo Vigilancia Bloqueada, el radiogoniómetro analiza la misma banda básica de adquisición centrada alrededor de la frecuencia de trabajo, pero, contrariamente a la Vigilancia Bloqueada, los análisis no son continuos en el tiempo sino que se realizan cada 500 ms. El modo Mantenimiento sirve sobre todo para comprobar que el radiogoniómetro funciona correctamente, o para detectar una posible avería. Los resultados intermedios del cálculo de radiogoniometría son disponibles para cada uno de los canales del análisis del espectro, así como los resultados básicos de radiogoniometría asociados. En este modo, el operador también puede llegar a los resultados de prueba de los diferentes módulos hardware que constituyen el radiogoniómetro, así como a los resultados de las detecciones de presencia o de ausencia, para los módulos que suministran esta información.

3.4.4- PRESENTACIÓN GENERAL

3.4.4.1- LANZAR LA APLICACIÓN: En la página de presentación de Windows NT, seleccionar el programa ejecutable GONIO_IHM.EXE y lanzarlo (en la pantalla se ve el icono del software LG111). Se visualiza la siguiente ventana de presentación: Ver Figura 3.3

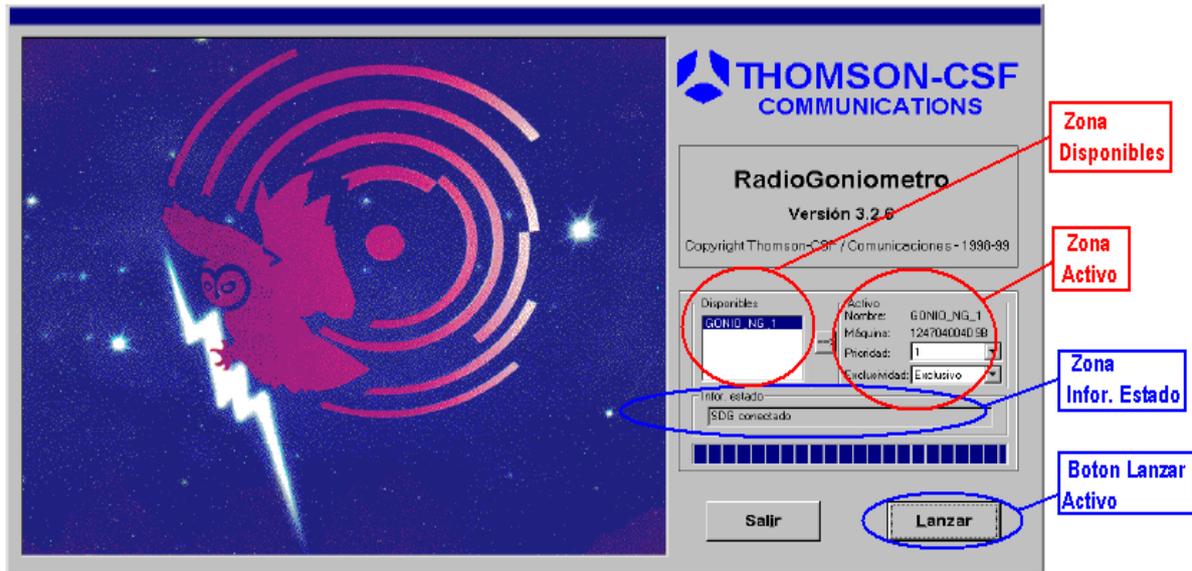


Figura 3.3 Presentación de la aplicación, Radiogoniómetro activo

La zona Disponible, muestra la lista de los radiogoniómetros vistos por el sistema, y con los cuales la interfaz Hombre-Máquina puede conectarse. Para seleccionar un radiogoniómetro, pulsar el botón sobre su nombre en la lista, y pulsar sobre la flecha central para visualizar su nombre en la zona Activo. Si no hay ningún radiogoniómetro disponible en el sistema, o si ninguno ha sido seleccionado como radiogoniómetro activo, el lanzamiento no puede realizarse. En este caso, un mensaje de error aparece en la zona Infor. estado, y se desarrolla una barra de espera para indicar que se sigue buscando un radiogoniómetro disponible en el sistema. Cuando un radiogoniómetro ha sido seleccionado, el botón Lanzar, se pone activo.

3.4.4.2- PRESENTACIÓN DE LA PÁGINA PRINCIPAL: Al lanzar la aplicación, la pantalla visualiza la siguiente página. La página principal se divide funcionalmente en ocho zonas, estas zonas son las siguientes:

3.4.4.2.1- MENÚ: (Zona 1) Permite seleccionar las vistas visualizadas, editar las tablas, configurar el radiogoniómetro y, de manera general, realizar todas las funciones principales de control.

3.4.4.2.2- BOTONES DE CONTROL: (Zona 2) Permite seleccionar el modo de funcionamiento del radiogoniómetro y lanzar o parar la adquisición.

3.4.4.2.3- ZONA DE SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GRÁFICA: (Zona 3) Esta zona permite salvar el aspecto general de la pantalla, y cargar una configuración existente.

3.4.4.2.4- ZONA DE CONTROL DE LA ESCUCHA: (Zona 4) Esta zona permite activar o inhibir.

3.4.4.2.5- ZONA GRÁFICA: (Zona 5) Zona de visualización de las diferentes vistas gráficas, de las ventanas utilizadas para entrar los parámetros y de las ventanas de resultados.

3.4.4.2.6- ZONA DE MENSAJE: (Zona 6) Esta zona permite visualizar diferentes mensajes de advertencia o de error. El título de la página muestra el nombre de la vista seleccionada, la fecha y la hora.

3.4.4.2.7- ZONA DE ESTADO: (Zona 7) Esta zona muestra el estado del control (conectado o no conectado a un servidor) y visualiza un indicador cuando las funciones de enmascaramiento o de clasificación están activas.

3.4.4.2.8- ZONA DEL CURSOR: (Zona 8) Esta zona presenta la posición corriente del cursor, en la vista seleccionada. Según las vistas, estas zonas pueden visualizar la frecuencia y el acimut. Ver Figura 3.4

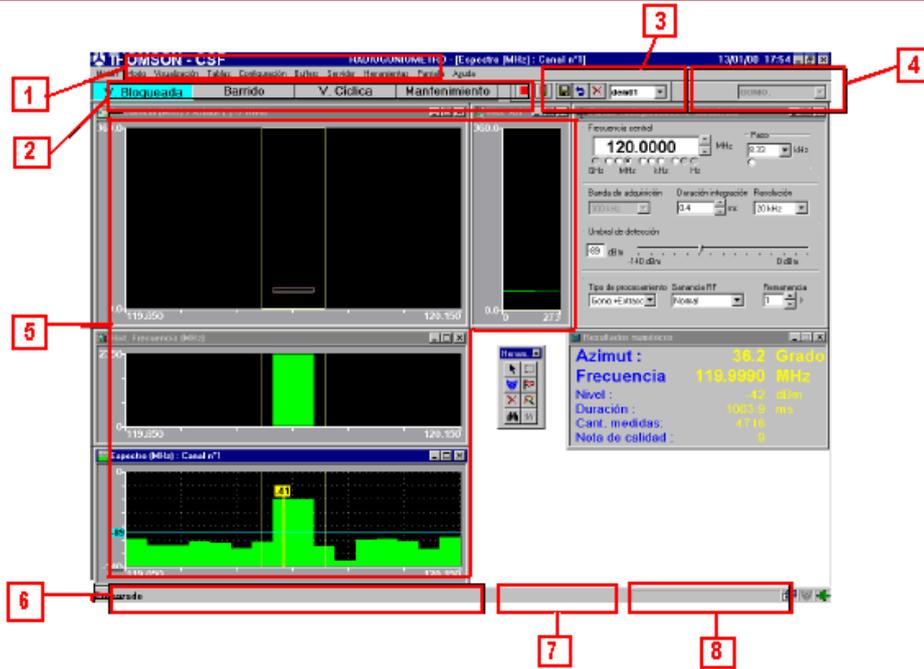


Figura 3.4 Presentación de la página principal de la aplicación.

3.4.4.3- CAJON DE HERRAMIENTAS: La ventana Cajón de Herramientas siempre está visualizada en la pantalla, excepto cuando está cerrada. El cajón de herramientas contiene los controles necesarios para efectuar la mayor parte de las acciones realizables sobre las vistas gráficas. Cuando está abierta, la ventana del cajón de herramientas aparece siempre en el primer plano, no puede ser ocultada por otra ventana. Algunas vistas no autorizan la acción de las herramientas (ventana para ingresar los parámetros, por ejemplo). En este caso, todos los botones de la ventana cajón de herramientas aparecen en color gris.

De manera general, cuando un botón de la ventana cajón de herramientas está en color gris, quiere decir que la acción que corresponde no puede realizarse en la ventana gráfica activa, o sea la que está enfocada. Cuando la ventana no aparece en la zona gráfica de la ventana principal, hace falta abrirla pulsando sobre el menú Visualización, y luego sobre el menú Cajón de Herramientas. Ver Figura 3.5

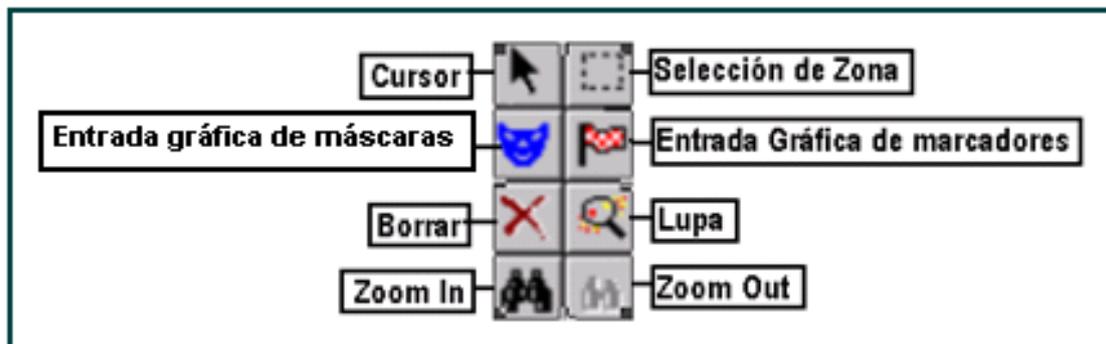


Figura 3.5 Ventana de herramientas.

3.4.4.4- VENTANA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS: La ventana de los resultados numéricos muestra los datos de radiogoniometría obtenidos calculando el promedio de los resultados básicos seleccionados (modos Vigilancia Bloqueada, Barrido y Vigilancia Cíclica), o los resultados del canal de análisis del espectro en el cual se encuentra el cursor (modo Mantenimiento). Se presenta de la siguiente manera: Ver Figura 3.6



Resultados numéricos		
Azimut :	246.0	Grado
Frecuencia	9.9990	MHz
Elevación :	70	Grado
Nivel :	-50	dBm
Duración :	997.0	ms
Cant. medidas:	40	
Nota de calidad :	7	

Figura 3.6 Ventana de Resultados numéricos.

- **Acimut:** Es el promedio de los acimuts de los resultados contenidos en la zona seleccionada.
- **Frecuencia:** Promedio de las frecuencias centrales de los resultados contenidos en la zona seleccionada.
- **Nivel:** Nivel máximo de los resultados contenidos en la zona de selección.
- **Duración:** Diferencia de tiempo entre la hora del resultado más antiguo y la hora del resultado más reciente contenidos en la zona seleccionada para la remanencia actual.
- **Cantidad de medidas:** Número de resultados contenidos en la zona seleccionada para la remanencia actual.
- **Nota de calidad:** Promedio de las notas de calidad de los resultados contenidos en la zona de selección.

3.4.4.5- VENTANA GRÁFICA FRECUENCIA / ACIMUT: La vista muestra los resultados de radiogoniometría en coordenadas cartesianas: El acimut aparece en el eje de ordenadas y la frecuencia en el eje de abscisas. Los resultados básicos se representan como trazos cuya longitud corresponde a la ocupación de frecuencia y cuyo espesor corresponde a la dispersión acimutal. Los resultados de extracción se representan como rectángulos alrededor de los resultados básicos que permitieron construirlos, además los resultados representados sobre la vista son los que han sido acumulados durante el período de

remanencia, cuya longitud está fijada por los parámetros de radiogoniometría. Ver Figura 3.7

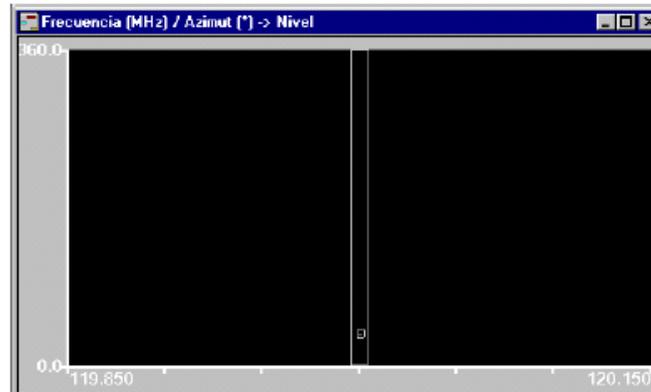


Figura 3.7 Ventana gráfica Frecuencia - Acimut

3.4.4.6- VENTANA GRÁFICA ESPECTRO DE AMPLITUD: La vista presenta el nivel recibido en cada uno de los canales de análisis del espectro contenidos en la banda básica de adquisición. El número de canales depende de la resolución del análisis del espectro, seleccionada por medio de los parámetros de radiogoniometría. El cursor aparece como un trazo vertical, la zona de selección es el espacio comprendido entre las dos barras verticales. El umbral de detección, seleccionado por medio de los parámetros de radiogoniometría, es representado como un trazo horizontal, el valor en dBm ó en dB/ μ V, según la configuración del radiogoniómetro escogida en el menú Configuración/Preferencias, notar que el umbral de detección aparece a la izquierda del trazo. Ver Figura 3.8

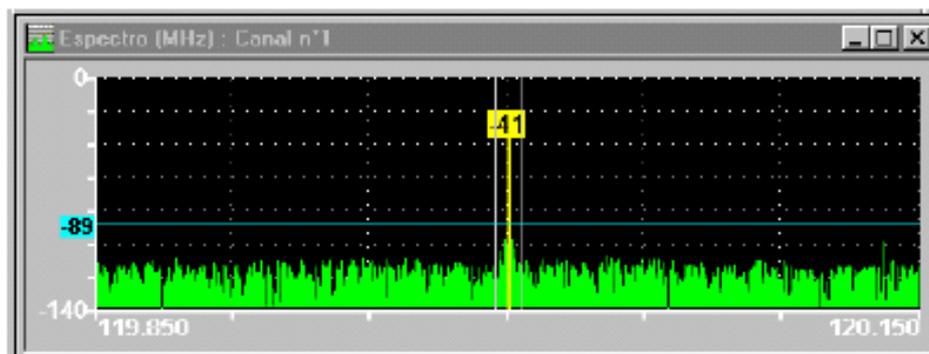


Figura 3.8 Ventana gráfica Espectro de Amplitud

3.4.4.7- VISTA GRÁFICA HISTOGRAMA DE FRECUENCIA: La visualización Histograma en frecuencia representa histogramas contruidos según las frecuencias en las cuales se

calculan los resultados de radiogoniometría. Se puede ver entonces, cuales son las frecuencias interesantes en la banda de frecuencia analizada. Cada uno de los canales de frecuencia en los cuales se detectan emisiones radiogoniometrables, crea un histograma construido según el número de resultados en la remanencia actual (seleccionada por medio de los parámetros de radiogoniometría). La zona de frecuencia es el espacio comprendido entre dos barras verticales y el cursor aparece como un trazo vertical. Ver Figura 3.9

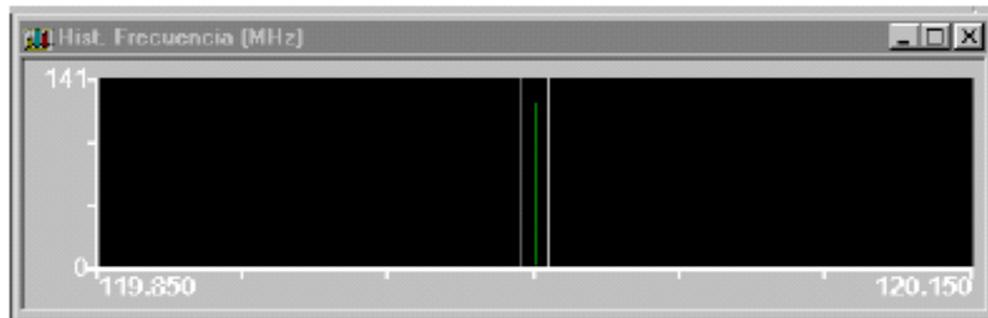


Figura 3.9 Ventana gráfica de Histograma de Frecuencia

3.4.4.8- VISTA HOMING: La vista Homing se utiliza en los vehículos en movimiento. Se trata de una visualización polar histográfica que pone de relieve las variaciones de nivel y de dirección de la señal escuchada. Es disponible en los modos Vigilancia Bloqueada, Barrido y Vigilancia Cíclica. En la visualización Homing, los resultados aparecen bajo forma de vista polar, corresponden a los resultados de radiogoniometría presentes en la zona de frecuencia seleccionada. Hace falta notar que ningún resultado será visualizado si una frecuencia no ha sido previamente seleccionada. Los resultados aparecen bajo forma de histogramas que crecen según el número de resultados recibidos durante el período de remanencia (seleccionado por medio de los parámetros de radiogoniometría). Además de la representación polar, tres indicadores permiten situar la recepción en relación con la señal vigilada, son los siguientes:

FLECHA ROJA: Indica el acimut en el cual se ha recibido más resultados de radiogoniometría.

INDICADOR DE NIVEL: Muestra el nivel instantáneo de la emisión que corresponde al acimut indicado por la flecha roja.

DOBLE FLECHA: Indica la evolución del nivel de la emisión escuchada, puede ser:

- Doble flecha: El nivel de emisión es constante, con respecto al nivel detectado anteriormente.
- Flecha Ascendente: El nivel de la emisión aumenta con respecto al nivel anterior.
- Flecha descendente: El nivel disminuye con respecto al nivel anterior.

Esta es la herramienta principal para el seguimiento de una emisión no autorizada, ya que nos indica la dirección hacia donde debemos ir. Ver Figura 3.10

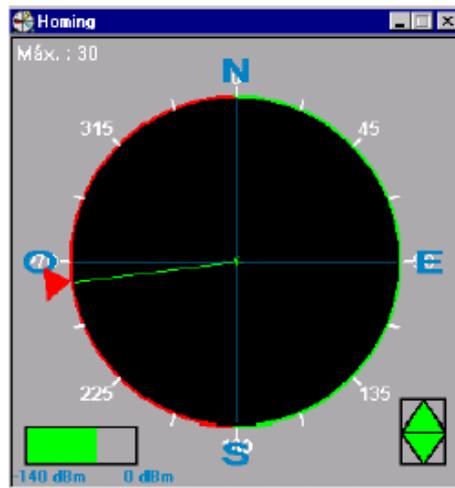


Figura 3.10 Ventana gráfica Homing.

3.4.4.9- VENTANA GRÁFICA ESCALA DE COLORES: La visualización presenta varias escalas según la magnitud seleccionada, Las variables que pueden ser asociadas son el nivel y acimut, se utilizan escalas asociadas de colores en todas las vistas gráficas donde los resultados de radiogoniometría aparecen con diferentes colores según el valor de la magnitud asociada. Los colores aplicados a cada intervalo de la magnitud seleccionada no pueden ser modificados en la visualización Escala de Colores, sino en la configuración del radiogoniómetro.

Ver Figura 3.11

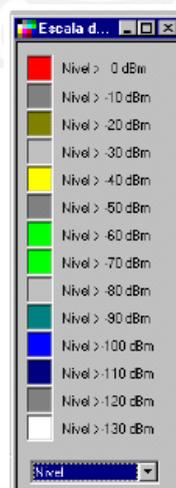


Figura 3.11 Ventana gráfica Escala de colores.

3.5- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA LG309

3.5.1- INICIALIZACIÓN DEL SOFTWARE LG309: En el caso de una configuración hardware que consta de un receptor y un radiogoniómetro en el mismo chasis, es necesario lanzar previamente el software de radiogoniometría LG 111, luego debemos lanzar el Software LG309 llamado también Esmeralda, el cual nos permite hacer un barrido del espectro de frecuencia comprendido entre 88 – 108 MHz. Ver Figura 3.12



Figura 3.12 Lanzamiento del Software LG309

3.5.2- GESTIÓN DE UNA LISTA EN EL SOFTWARE LG309: Una vez lanzado debemos ingresar en la pestaña de parámetros, seguidamente aparecerá una nueva ventana en la cual aparecen otras pestañas, seguidamente debemos ingresar a la pestaña Barrido, acá podremos gestionar una nueva lista para con las configuraciones del servicio a monitorear, en nuestro caso siempre debemos configurar los siguientes campos:

- Modo: Semiautomático
- Condiciones: Umbral mínimo
- Demodulación: F3E
- Filtro de escucha: 20 KHz
- CAG: Larga
- Paso / Filtro detección: 25 KHz / 15KHz
- BFO: Oscilador para control de frecuencia, Permite desfasar una señal respecto de una portadora teórica, no es necesario configurarlo, solo para demodular AM (A1A).
- Tipo de lanzamiento: Normal
- Frecuencia mínima: 88 MHz
- Frecuencia máxima: 108 MHz
- Umbral de detección mínimo: -100 dBm

- Umbral de detección máximo: 0 dBm. Ver Figura 3.13

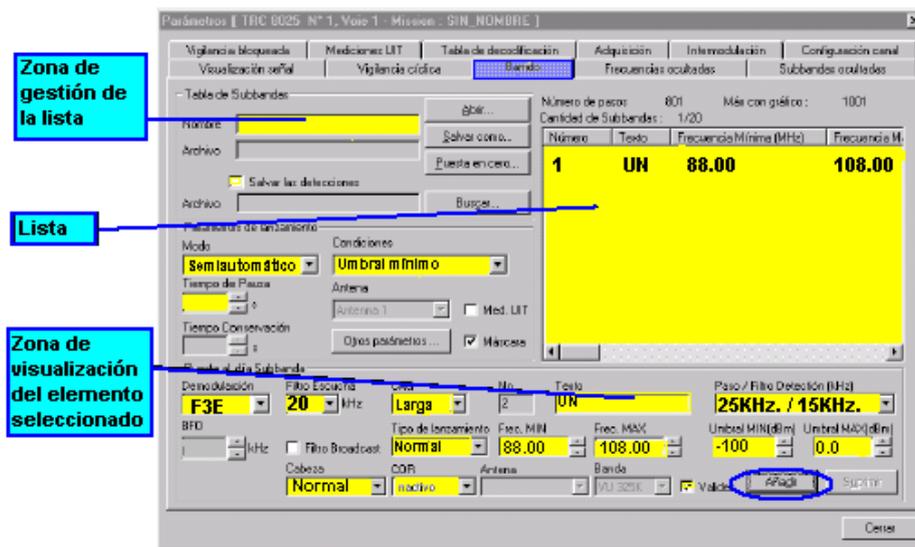


Figura 3.13 Generación de una lista de barrido para FM.

Ver Anexos Capítulo III

3.6- SOFTWARE PARA RADIOGONIOMETRÍA LG 302 (PARA HACER DISPAROS)

Después que las antenas y el software de radiogoniometría LG309, detectan de donde viene la señal de la estación no autorizada, el software LG302, permita realizar disparos desde una posición cuyas coordenadas deben ser registradas, este disparo genera una línea recta hacia el sistema irradiante de la estación no autorizada, seguidamente debemos buscar un segundo punto relativamente lejano al primer punto de donde se hizo el primer disparo, (separados alrededor de 200 metros), procedemos a realizar un segundo disparo de manera que la línea recta que une el segundo punto del disparo y el sistema irradiante de la estación no autorizada corte una vez a la primera línea generada, así es necesario un tercer disparo que interceptará a las 2 líneas generadas por los 2 disparos anteriores, formando un triángulo en donde quedará encerrado el sistema irradiante de la estación no autorizada. Este método se utiliza para detección de estaciones no autorizadas, ubicadas en cerros muy altos, en donde la unidad técnica de radiogoniometría no puede acceder.

Ver Anexos Capítulo III

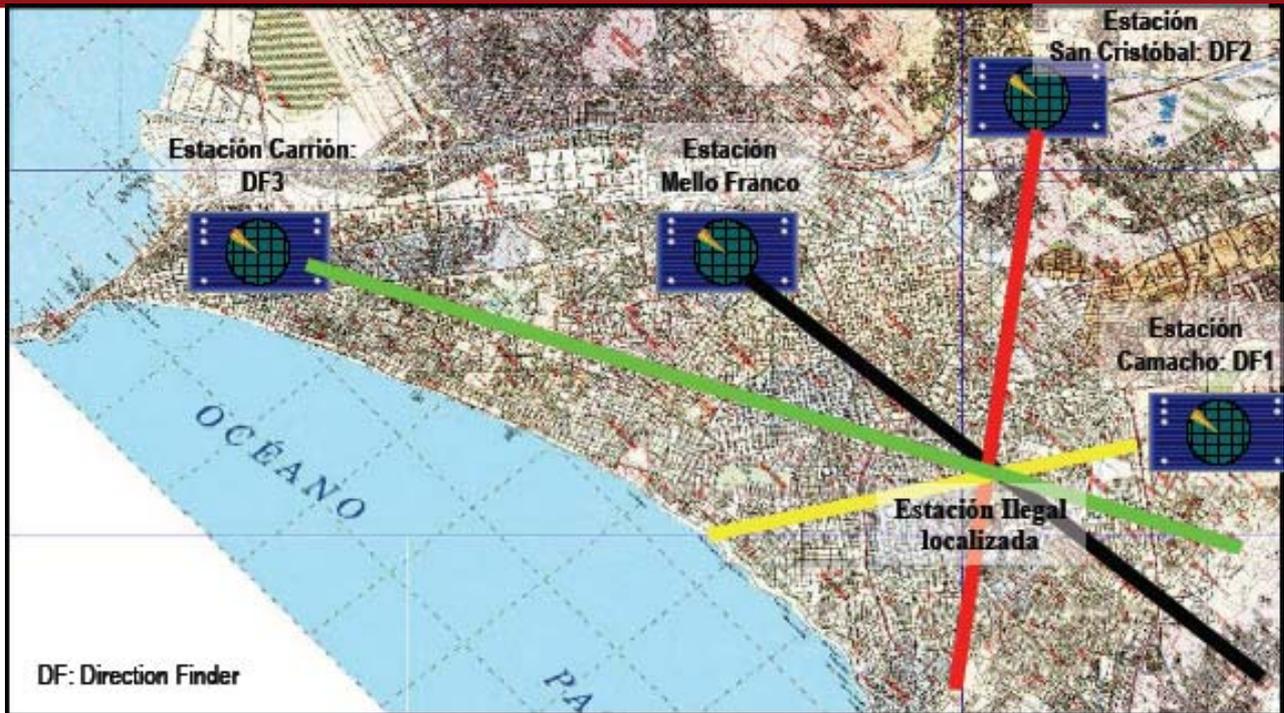


Figura 3.14 Software LG102: Monitorear haciendo Tiros

3.7- SOFTWARE PARA SIMULACIÓN DE COBERTURA: ELLIPSE-TECNICO

Este Software es utilizado para hacer las simulaciones del área de cobertura de una estación de radiodifusión, calcula el área que es interferida por una o mas estaciones radiodifusoras, también calcula el área cubierta por una emisión con el mínimo nivel requerido, también se puede analizar los contornos protegidos de las estaciones primarias.

Todas las estaciones autorizadas han sido agregadas a la base de datos Ellipse del MTC, de manera que podemos obtenerlas nombrando su indicativo y no son modificables hasta que dicha estación cambie de parámetros, ubicación, sistema irradiante y sean reportados al MTC, así mismo las estaciones radiodifusoras no autorizadas son colocadas en la base de datos Ellipse, sobre las coordenadas obtenidas en los trabajos de campo de esta manera podemos llevar a cabo las simulaciones requeridas, después de trabajar las estaciones no autorizadas pueden quedar o no grabadas en la base de datos.

Ver Anexos Capítulo III

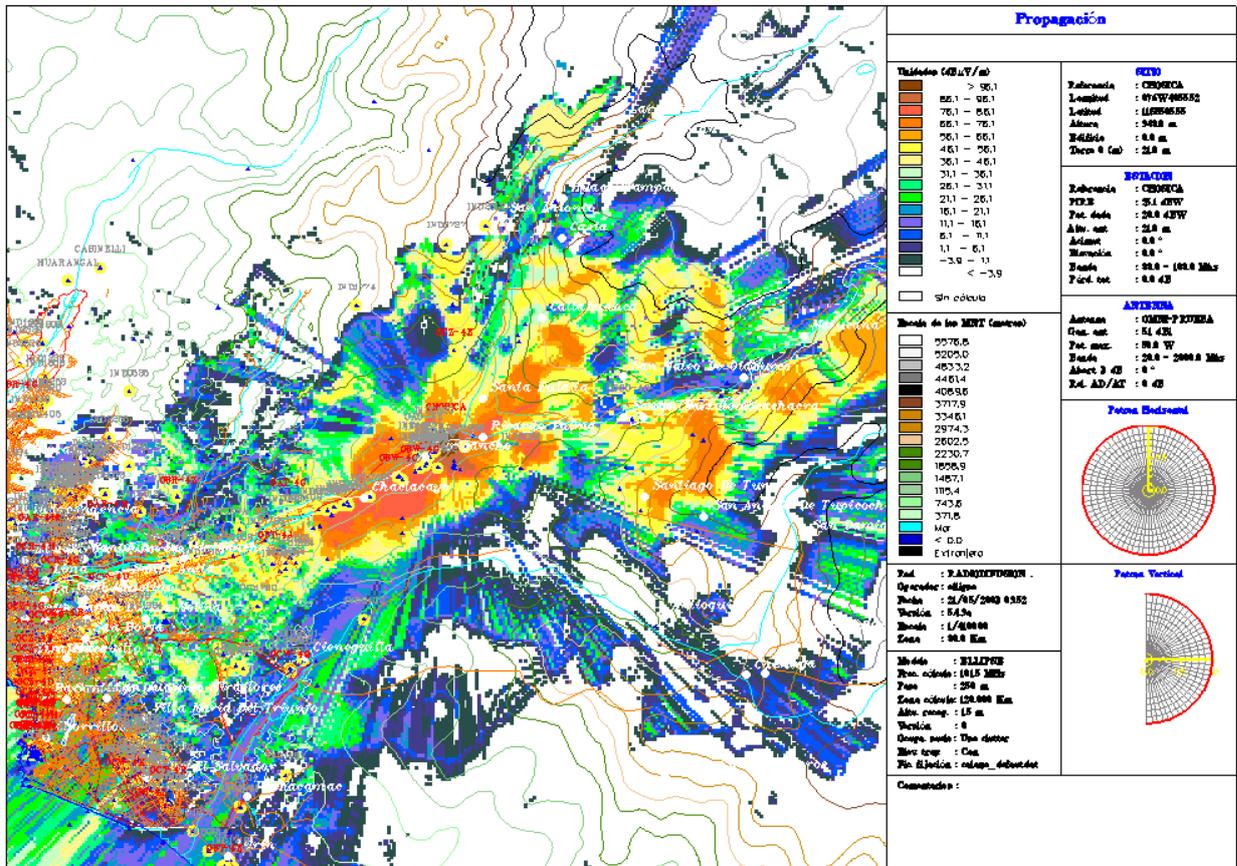


Figura 3.15 Software ELLIPSE: Simulación de Cobertura e Interferencia

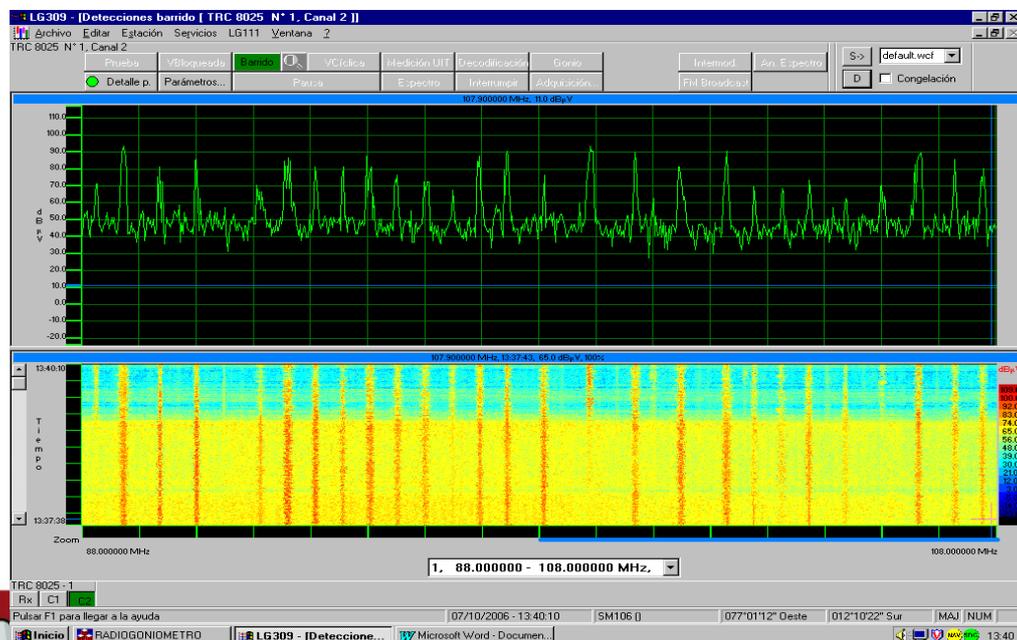
CAPITULO 4

SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM NO AUTORIZADA

En verdad es muy complejo tratar de solucionar la difusión de emisiones no autorizadas en FM, actualmente existen muchos fabricantes nacionales de equipos y componentes para radiodifusión en FM, cada día se encuentran nuevos modelos, mas pequeños y de tendencia móvil que buscan evadir ser detectados, la necesidad de estar al aire por menor costo los impulsa a seguir compitiendo con el MTC para no ser detectados, así mismo compiten con otras estaciones autorizadas que tienen los derechos sobre cierto canal del espectro de frecuencias.

Sin embargo podemos decir que el problema se soluciona en gran parte de la ciudad de Lima, ya que existen 2 unidades móviles de comprobación técnica del espectro con las cuales se hace el monitoreo de la banda FM, esto significa que cada unidad móvil (llamada Unidad de comprobación técnica del espectro) recorre los distritos de Lima para detectar las portadoras no autorizadas que están saliendo al aire, y luego de un seguimiento del nivel de intensidad de la emisión llegar al lugar donde se encuentra la fuente productora de esta señal.

Seguidamente veremos la descripción de una unidad de comprobación técnica del espectro y 2 casos (2 métodos), para llegar a detectar la fuente de emisión no autorizada en FM. El primer caso corresponde al monitoreo de una estación y detección de la misma usando íntegramente el equipo de radiogoniometría (este es un caso común en donde la estación radiodifusora ha sido detectada en algún lugar accesible). El segundo caso corresponde a una estación radiodifusora que no ha podido ser detectada solo por el sistema de radiogoniometría, es decir que además del uso de la unidad de comprobación técnica hemos utilizado un GPS para hacer un rastreo (tracking) y llegar hacia la fuente de emisión (este caso se da con cierta frecuencia ya que la estación no autorizada está en algún lugar no accesible para la unidad móvil). **Ver Anexos Capítulo III – Monitoreo de FM en Lima**



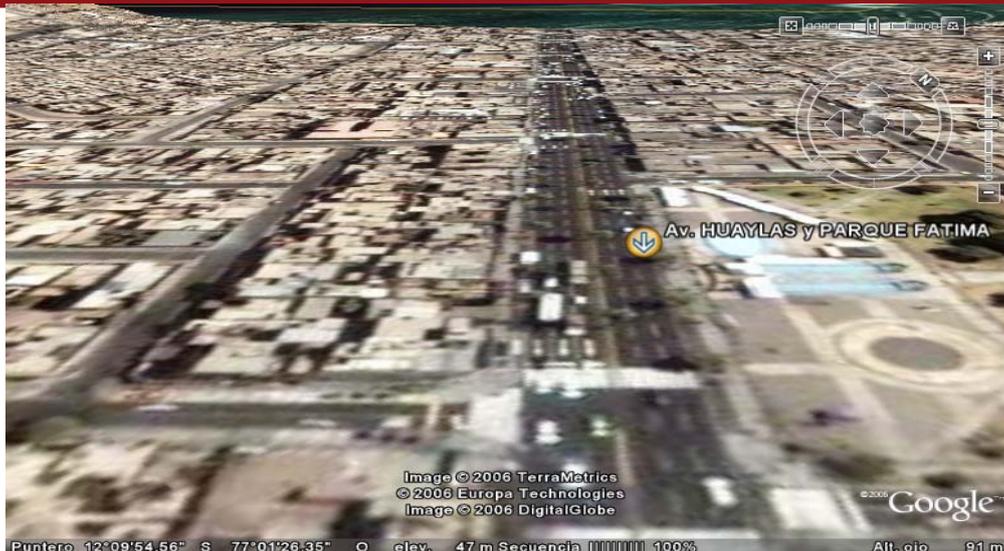


Figura 4.1 Monitoreo de la FM, en la ciudad de Lima (Chorrillos, patrón de monitoreo)

4.1- UNIDAD MÓVIL DE RADIOGONIOMETRÍA TRC 8000 HVU-2

Los radiogoniómetros digitales TRC 8000 HVU-2, son equipos modulares que permiten cubrir la gama de frecuencia correspondiente a H/V/UHF, compuesto de dos vías de recepción, sin embargo analizaremos solo la gama de frecuencias correspondiente a la FM, este equipo es compatible con el tipo de antena móvil ANT 184-A, que cubre la banda de FM.

La composición de la unidad técnica de radiogoniometría V/UHF móvil consta de las siguientes partes: Ver Figura 4.2

- Unidad de alimentación de 24V.
- Unidad de antena ANT 184-A.
- Unidad de conmutación de antenas AEA 192.
- Unidad de recepción REC 108 VU-2.
- Unidad de procesamiento de radiogoniometría PRU 108 y software de explotación LG 111.

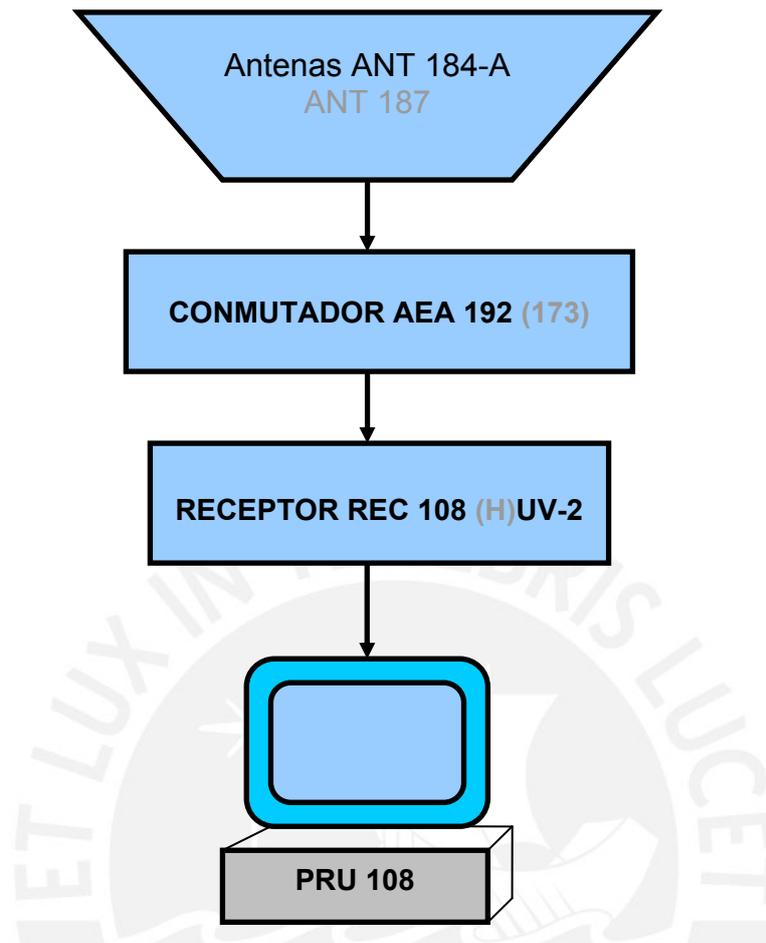


Figura 4.2 Diagrama de funcionamiento del radiogoniómetro TRC 8000 HVU-2

4.1.1- UNIDAD DE ALIMENTACION DE GONIOMETRÍA.

Este módulo genera el voltaje de alimentación necesario para todo el sistema de goniometría, toma el voltaje DC de las baterías internas de la unidad móvil, las vuelve a almacenar en un banco de baterías propio luego las transforma en señales alternas y continuas de diferentes valores según se a la necesidad de los equipos.

4.1.1.1- CONTROLADOR Y BANCO DE BATERIAS

Este módulo se encarga de almacenar la potencia necesaria para suministrarla adecuadamente al sistema. Las características de este modulo son: Ver Figura 4.3

- V DCmax: 48 V.
- I DCmax: 24 A.



Figura 4.3 Módulo controlador y banco de baterías

4.1.1.2- INVERSOR SENOIDAL DE VOLTAJE

Este módulo sirve para convertir el voltaje DC almacenado en el banco de baterías, en voltaje y corriente alterna, las características de este módulo son las siguientes: Ver Figura 4.4

- Marca : Victron Energie
- Modelo : Phoenix
- Pmax : 1000 W



Figura 4.4 Módulo inversor de voltaje

4.1.1.3- UPS

Es una fuente de potencia constante, dependiendo de la cantidad de energía almacenada en su propio banco de baterías interno, puede trabajar hasta 3 horas, las características de este equipo son las siguientes: Ver Figura 4.5

- Marca : APC
- Modelo : 2200
- Pmax : 2000 W



Figura 4.5 Módulo UPS.

4.1.2- UNIDAD DE ANTENAS MÓVILES ANT 184-A

Son antenas desmontables que pueden ser colocadas sobre cualquier superficie plana y fija para recepcionar componentes magnéticas que están alrededor de esta.

Este tipo de antenas son idóneas para hacer radiogoniometría según el principio de interferometría ya que tienen la posibilidad de medir el desvío de fase diferencial existente entre las señales procedentes de pares de antenas tipo Dipolo repartidas según una estructura pentagonal, iluminadas por un frente de onda radioeléctrica casi plano. En V/UHF, el radiogoniómetro utiliza una medida de nivel y de fase en las 5 antenas. Ver Figura 4.6

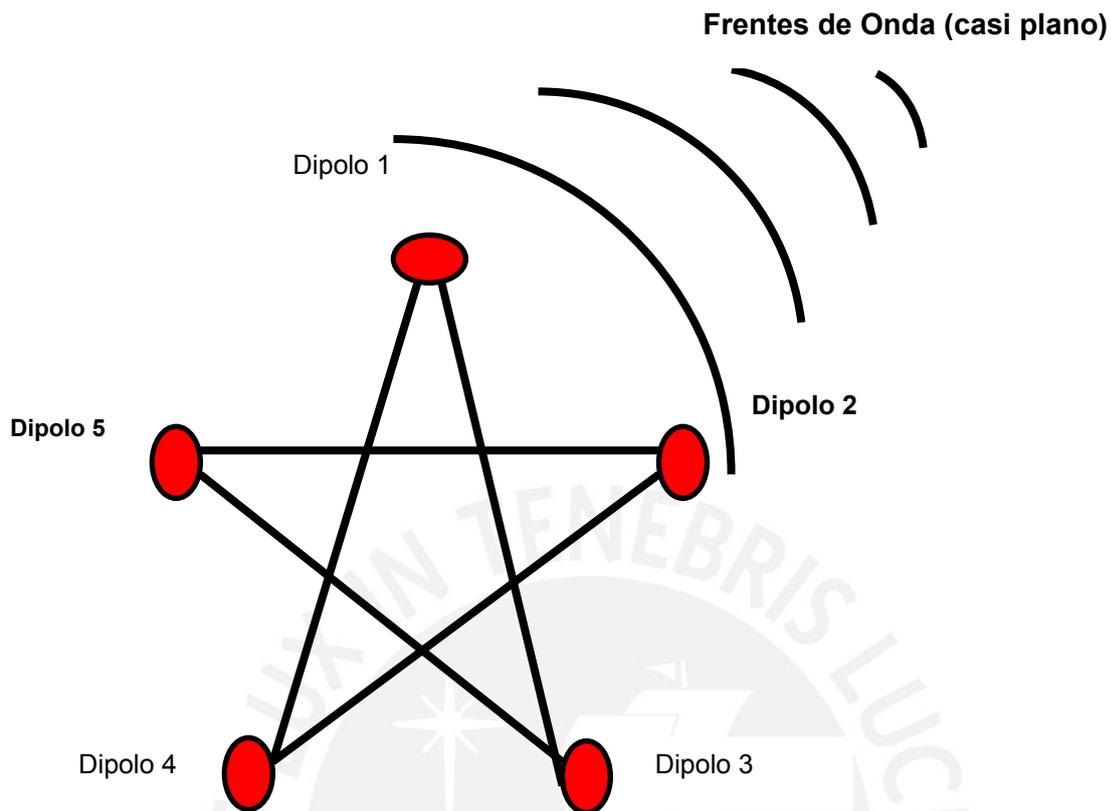


Figura 4.6 Estructura de una red de antena de radiogoniometría

4.1.2.1- GAMA DE ANTENAS PARA V/UHF

Están constituidas por 2 bases de metal de estructura pentagonal las cuales soportan los 5 elementos verticales separados 72° aproximadamente, estas antenas sirven para monitorear la Banda II, correspondiente a la FM, las características de estas antenas son las siguientes:

- Nombre de la antena: ANT 184-A, consta de 2 gamas de antenas.
- Frecuencia de operación: desde 20 MHz. hasta 500 MHz., exclusiva para FM.
- Frecuencia de operación: desde 500 MHz. hasta 3000 MHz. Ver Figura 4.7

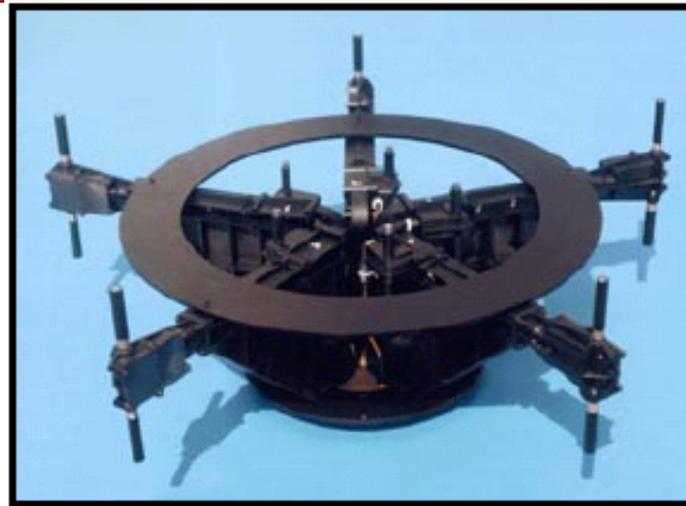


Figura 4.7 Unidad antenas ANT 184-A, gama para FM

4.1.3- UNIDAD DE CONMUTACIÓN DE ANTENAS AEA 192

Este equipo selecciona 2 antenas de la base de 5 antenas en un instante dado, entre las 2 antenas seleccionadas siempre hay una diferencia de 216° , en sentido antihorario (144° , en sentido horario).

4.1.3.1- CONMUTADOR DE ANTENAS PARA V/UHF

Es un estuche fijado a la red de antenas V/UHF, nos permite seleccionar el uso de las 2 gamas de antenas y en cada gama de antenas, este conmutador selecciona 2 de 5 dipolos que conforman la red de antenas (para monitoreo de FM, utiliza la gama ANT 184-A).

- Nombre del conmutador: AEA 192.
- Frecuencia de operación: 20 - 3000 MHz.

Ver Figura 4.8



Figura 4.8 Unidad de Conmutación de antenas AEA 192

4.1.4- UNIDAD DE RECEPCIÓN REC 108 VU-2 ESMERALDA V/H/UHF

El receptor, se encarga principalmente de la detección, la escucha, el tratamiento de las emisiones activas del espectro radioeléctrico. Consta de dos canales principales, canal 2 y canal 3 y un canal 1 (opcional) que está dedicado a la escucha. Ver Figura 4.9



Figura 4.9 Unidad de Recepción de antenas REC108 Esmeralda para V/UHF.

4.1.4.1- REC 108 - CANAL1: Es opcional y está dedicado a la escucha, tiene módulos propios para la escucha, consta del módulo LO 2000, para poder pilotar las cabezas RF con un LO variable rápido. Este canal está compuesto por los siguientes módulos:

- Módulo IF HVU 2000

- Módulo RF HF 2000
- Módulo RF VU 2000
- Módulo LO 2000

4.1.4.2- REC 108 - CANAL2: Está dedicado a la recepción y va equipado de una cabeza HF y/o V/UHF, así como de un módulo FI que permite la escucha, puede estar equipada adicionalmente con un módulo BBC. Este canal está compuesto por los siguientes módulos:

- Módulo IF HVU 2000: Es opcional, se encarga de la escucha de las emisiones de radiogoniometría.
- Módulo RF HF 2000: Este módulo constituye la cabeza de recepción HF.
- Módulo RF VU 2000: Este módulo constituye la cabeza de recepción V/UHF, cuando existen dos cabezas de RF, el módulo FI sólo explota un único RF.
- Modulo BBC: Es un canal de banda ancha.

4.1.4.3- REC 108 - CANAL 3: Está dedicado a la radiogoniometría, incluye una o dos cabezas RF, este canal está formado por los siguientes módulos:

- Módulo RF HF 2000 (cabeza HF).
- Módulo RF VU 2000 (cabeza V/UHF).
- Módulo LO 2000 (opcional), este módulo permite obtener una mayor relación de velocidad de intercepción / radiogoniometría.

4.1.4.4- REC 108 - MODULOS ADICIONALES: Los módulos adicionales son los siguientes:

- INTERFAZ: Este módulo efectúa la interfaz entre los módulos del receptor y el computador así como el telemando de los conmutadores de antenas.
- PILOTO FN 2002 o FN 2003: Este modulo incluye el piloto de referencia común a los canales de recepción.
- BLOQUE DE ALIMENTACIÓN: Funciona a partir de una fuente externa de 115 /230 V alterna,
genera el conjunto de las tensiones necesarias para los diferentes módulos.

Ver Figura 4.10

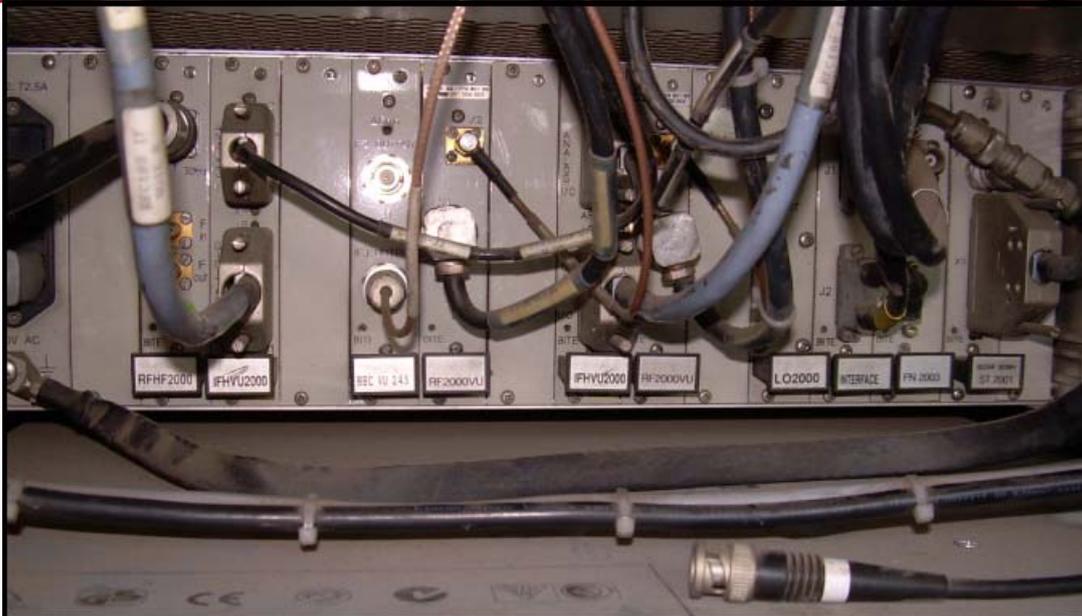


Figura 4.10 Interconexión de tarjetas (PIE) del receptor REC 108 Esmeralda

La unidad de Recepción REC 108 HVU-2, tiene los siguientes módulos: Ver Figura 4.12

4.1.4.5- CONJUNTO DE ALIMENTACIÓN

El bloque de alimentación suministra, a partir de la tensión de la red 115 V/230 V (base X1), las tensiones continuas (± 12 V y ± 5 V) necesarias para el receptor. La tensión de la red es filtrada previamente por un filtro red "FL 1" antes de entrar en el bloque de alimentación. Esta tensión filtrada se rectifica antes de ser suministrada a tres convertidores de tensión de corte. Las tensiones +5 V y -5 V, se filtran antes de ser utilizadas en interno por el receptor. Las demás tensiones ± 12 V se regulan, y después se filtran antes de ser explotadas. La puesta en tensión del receptor se visualiza en la cara frontal del módulo por medio del encendido de un piloto verde "POWER".

4.1.4.6- Módulo RF HF 2000

El módulo RF recibe la señal de antena (base J1) en la gama de 300 Hz a 30 MHz y suministra la señal FI a 1.5 MHz. Además de los dos niveles mezcladores y de los filtros necesarios para la conversión, incluye el sintetizador que genera el OL variable necesario para el primer nivel mezclador, la señal de antena entrante es filtrada y mezclada a un OL variable para obtener la primera FI a 43.5 MHz, el OL variable es generado por un oscilador variable (PLL), a partir de un reloj a 10 MHz, la primera FI a 43.5 MHz, es filtrada por un filtro de cuarzo y después, es dirigida hacia el segundo nivel RF para ser mezclada con el OL a 42 MHz (generado internamente a partir del reloj 10 MHz), para suministrar la FI a 1.5

MHz, destinada al módulo IF HVU 2000. El módulo puede recibir la FI a 70 MHz (de la base J2) procedente del módulo RF VU 2000 y reenviar una FI transpuesta a 1.5 MHz (a la base J1) destinada al calculador de explotación.

4.1.4.7- Módulo RF VU 2000

El módulo RF VU 2000 se encarga de la recepción de la señal de antena (base X1) en la gama de 20 a 3000 MHz y suministra dos FI: una a 1.5 MHz de banda estrecha, destinado a los módulos IF VU 2000 o IF HVU 2000 y la otra a 70 MHz, destinada a los módulos opcionales. El módulo consta de dos etapas y está situado antes de la cadena de recepción, un filtro cortabanda conmutable permite suprimir la banda de 87 a 108 MHz de la señal de antena. Este módulo situado después de un amplificador también conmutable, permite amplificar las señales de bajo nivel. La primera etapa RF suministra la FI a 4.5 GHz, se obtiene mediante la mezcla entre un OL variable y la señal de antena filtrada y la segunda etapa RF y suministra dos FI: una a 70 MHz y la otra a 1.5 MHz. El OL variable necesario para la primera transposición se obtiene por medio de un oscilador variable comandado por el bus radio a través de una interfaz y el OL variable utilizado para la segunda transposición se obtiene por medio de un sintetizador sincronizado en los armónicos de un oscilador de cuarzo de 30 MHz. Estos dos OL se generan a partir de los siguientes relojes: El reloj a 10 MHz, procedente de los módulos FN 2002/FN 2003, y el reloj variable rápido de 40 - 73 MHz, procedente del módulo LO 2000. El módulo puede suministrar una FI a 70 MHz (base X2) al módulo RF HF 2000.

4.1.4.8- Módulo IF VU 2000

El módulo IF VU 2000 efectúa la selección (una entre cuatro), el filtrado, la amplificación, la demodulación y la regulación de la FI a 1.5 MHz, suministrada por el módulo RF VU 2000. La FI seleccionada es filtrada a continuación es digitalizada antes de ser dirigida hacia los procesadores (DSP) dedicados al tratamiento de la señal y que realizan la selección, amplificación con regulación y la demodulación de la FI digitalizada. Luego la señal BF demodulada es dirigida hacia un convertidor digital/analógico y después filtrada para ser explotada. Un procesador de control permite supervisar los procesadores DSP. Este módulo suministra las siguientes señales.

- Una FI no demodulada (conectar a J2)
- Una señal BF para casco (conectar a J2)
- Una señal BF simétrica (conectar a J2)
- Una FI digital (trama SSI, conectar a J1)
- Un bucle seco (relé COA, conectar a J2)

4.1.4.9- Módulo IF HVU 2000

Este módulo es compatible totalmente con el módulo IF VU 2000, además de sus funcionalidades, posee salidas suplementarias (conectar a J1) para los canales 1 y 2, tiene un teletipo de formato V28. La PIE IF HVU 2000, está organizada en forma de una PIE maestra con una PIE esclava conectada encima. La parte adquisición (selección y digitalización) constituye una PIE esclava, equipada de un selector y de un convertidor 14 ó 16 bits y la PIE maestra sirve de soporte de recepción. La FI digitalizada es dirigida hacia los procesadores (DSP) de tratamiento de la señal, en donde la señal BF demodulada es dirigida hacia un convertidor digital/analógico y después es filtrada para su explotación.

4.1.4.10- Módulos FN 2002 o FN 2003

El módulo piloto (FN 2002 o FN 2003) es capaz de suministrar los siguientes relojes: Reloj necesario para las transposiciones de la FI efectuadas en los módulos RF VU 2000 y RF HF2000, relojes necesarios para las conversiones analógica/digital y digital/analógica de los módulos IF VU 2000 e IF HVU 2000. El piloto puede ser generado internamente o proceder del exterior del módulo (base J1), un inversor situado en la carátula del módulo permite esta selección, internamente el piloto de cuarzo utilizado oscila a 10 MHz. En el módulo FN 2002 se utiliza un TCXO y en el FN 2003 se obtiene una mayor precisión utilizando un OCXO.

4.1.4.11- Módulo LO 2000 (opcional)

Este módulo es un sintetizador de frecuencia rápida, de pasos finos. Suministra un LO rápido destinado a sustituir al LO interno (más lento) de los módulos RF VU 2000 y RF HF 2000. Está organizado en torno a dos PLL (Phase Lock Loop/bucle de cierre de fase) que funcionan a partir del reloj a 10 MHz, (FN 2002/FN 2003). El conjunto es pilotado por el Bus radio interno. Las diferentes señales de mando transitan por la interfaz de bus antes de ser distribuidas a los circuitos internos del módulo.

4.1.4.12- Módulo INTERFAZ

El módulo INTERFAZ es un módulo de control que permite el diálogo entre el calculador de explotación, los módulos internos del receptor y el conmutador de antenas. Decodifica los mensajes recibidos del calculador para enviarlos hacia los demás módulos o hacia el conmutador de antenas. Suministra al calculador los informes de las pruebas procedentes de los módulos y/o del conmutador de antenas. La primera interfaz del módulo es el Bus radio (conectar a J1), conectada al calculador (PIE de adquisición interna del calculador). Los mensajes recibidos en esta interfaz son decodificados por una lógica combinatoria antes de ser depositados en dos buses internos, destinados a otros módulos

(un bus paralelo, bus radio y/o un bus serie), el bus serie permite el mando de los OL de los módulos RF HF 2000 Y RF VU 2000. El segundo interfaz es el Bus Antenas (conectar a J2) conectado a un conmutador de antenas HF o V/UHF, por este bus transitan diferentes señales de mando como son: Las señales de mando de calibración, señales de presencia del conmutador de antena HF, una señal de la presencia de un cortocircuito en la alimentación de un equipo externo (caja CAL). Estas señales recibidas en primer lugar transitan por los circuitos de protección pararrayos y después, son decodificadas por la lógica combinatoria, para ser depositadas en los buses internos.

4.1.4.13- Módulo ST 2001

El ST 2001 es el módulo de gestión de los telemandos, permite el telemando del receptor por un computador a través de la red Ethernet y/o un enlace serie. También permite que el operador lance manualmente la prueba del receptor pulsando S1 Bite. El módulo está organizado en torno a un procesador, sus periféricos y a tres interfaces que gestionan los protocolos propios a cada tipo de enlace establecido, dispone de un interfaz Ethernet conectado a una red Ethernet que permite asegurar el telemando y la televigilancia del receptor, también dispone de dos interfaces serie, una de ellas va conectada al computador de explotación y la otra permite los intercambios internos con otros módulos finalmente cuenta con un interfaz bus radio el cual asegura la transferencia de los diferentes comandos destinados a los módulos.

4.1.4.14- Módulo BBC

Llamado también módulo banda ancha, constituye uno de los dos módulos de cada canal de recepción del receptor. Asegura principalmente la recepción de la FI a 70 MHz, procedente del módulo RF VU 2000. Después de amplificar y filtrar la señal es transpuesta por mezcla con un OL. Este OL se genera a partir de una señal de reloj a 10 MHz (módulos FN 2002/FN2003). La transposición permite obtener una FI a 3.75 MHz, destinada a ser explotada al exterior del receptor hacia un conjunto de tratamiento digital de la señal.

4.1.5- UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE RADIOGONIOMETRÍA PRU 108

La unidad de procesamiento de cálculo del radiogoniómetro incluye una PC, Pentium que procesa el software de radiogoniometría LG 111, en modo local y es el utilizado para monitoreo, así mismo está asociado a un mouse, teclado y pantalla. La PC está equipada con tarjetas QSHARC-CARAIBE integradas, las cuales realizan la adquisición de datos y los cálculos de radiogoniometría sobre las muestras digitales de las señales.

- **TARJETA CARAIBE:** Adquiere y digitaliza la señal procedente de la unidad de recepción, luego envía las muestras a la tarjeta de de tratamiento de la señal QSHARC, También

recibe las consignas precedentes de la explotación y secuencia los tratamientos de goniometría.

- **TARJETA QSHARC:** Efectúa el tratamiento de la señal de las muestras recibidas, así mismo soporta el conjunto de tratamientos de goniometría.

4.1.5.1- CARACTERISTICAS INFORMATICAS: El radiogoniómetro funciona en el entorno Windows NT, con una PC de 350 MHz y con la siguiente configuración.

- 128 MB de memoria interna.
- 256 KB de memoria caché.
- Una tarjeta grafica PCI SVGA con 1 MB ó 4 MB de memoria video, como mínimo.
- Una pantalla configurada en modo 1024x 768 ó 800x600 con 256 colores
- Un disco duro de 1 GB por lo menos.
- Una tarjeta Ethernet con protocolo TCP/IP.
- Tarjetas de adquisición y de procesamiento integradas, QSHARC-CARAIBE, sobre bus PCI (ó dos conjuntos completos en 5 canales). Ver Figura 4.11



Figura 4.11 Unidad de procesamiento de radiogoniometría



4.2- LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES NO AUTORIZADAS

A continuación detallaremos los dos casos de detección de estaciones radiodifusoras no autorizadas de FM, en cada uno de los casos el radiogoniómetro de la unidad técnica de control del espectro radioeléctrico aplica el principio de interferometría correlativa, para localizar la fuente de emisión o sistema irradiante.

En el primer caso se localiza la estación de radiodifusión de FM, no autorizada aplicando solamente este método ya que la estación está en un lugar donde la unidad móvil puede llegar físicamente, por lo tanto la precisión es notable, entre 30 y 5 metros de la fuente de emisión.

En el segundo caso, la unidad móvil no puede situarse alrededor de la estación emisora debido a que está ubicada en algún lugar no accesible para el vehículo, (en este caso se trata de un cerro), sin embargo podemos tener la dirección de la ubicación de la fuente de emisión a partir del monitoreo primario y un nivel de detección alto, alrededor de 50 dB/ μ V, lo que nos garantiza poder ubicarla, así mismo del método utilizado llamado ATR (direccionamiento de la ruta), podemos grabar el camino seguido por el GPS interno, instalado en el vehículo y los niveles de intensidad encontrados, para luego continuar con el seguimiento de la ruta a través de un GPS externo.

4.2.1- CASO 1: DETECCIÓN DE UNA ESTACIÓN RADIODIFUSORA DE FM UTILIZANDO SÓLO EL MÉTODO DE INTERFEROMETRÍA CORRELATIVA DEL RADIOGONIOMETRO

4.2.1.1- CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE LG309 PARA SELECCIONAR LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA

Primero debemos lanzar el software de radiogoniometría LG111, enseguida podemos lanzar el software LG309, el orden de lanzamiento es muy importante por la utilización de recursos de la unidad móvil de comprobación técnica, para empezar el monitoreo de estaciones no autorizadas tenemos que hacer un proceso de selección de frecuencias para esto se procede hacer un barrido de la banda de FM. Es decir debemos utilizar el Software LG 309, llamado Esmeralda para ver el espectro de frecuencia y seleccionar las posibles frecuencias no autorizadas, una vez lanzado el LG309, en la zona de los botones de control seleccionar la opción parámetros, aparecerá una ventana, debemos escoger las pestañas donde aparecen la frecuencia mínima y configurarla en 88 MHz y la frecuencia máxima a 108 MHz. Luego ir a la pestaña añadir para actualizar los valores, una vez hechos esto aparecerá, en la zona de selección de frecuencias dicho rango 88 - 108 MHz. Por defecto el Software LG309, empezará a monitorear esta banda de frecuencias.

Una vez que el equipo empieza a tomar datos y mostrarlos en la pantalla debemos ver en las gráficas (Frecuencia / Intensidad y Frecuencia / Tiempo), cuales son las frecuencias que tienen mayor nivel, luego debemos escoger y comparar las frecuencias encontradas con las frecuencias autorizadas por el MTC, si hubiera más de una frecuencia no autorizada debemos escoger primero la que tenga mayor nivel (mayor amplitud), en este caso se verificó que la frecuencia 106.7 MHz, no está autorizada para operar una estación radiodifusora en FM, en la ciudad de Lima o en algún distrito periférico, sólo una frecuencia debe ser seleccionada para monitorearla en el software de radiogoniometría LG111, para esto debemos inhibir el software Esmeralda LG309 y habilitar el software LG111. Ver Figura 4.13

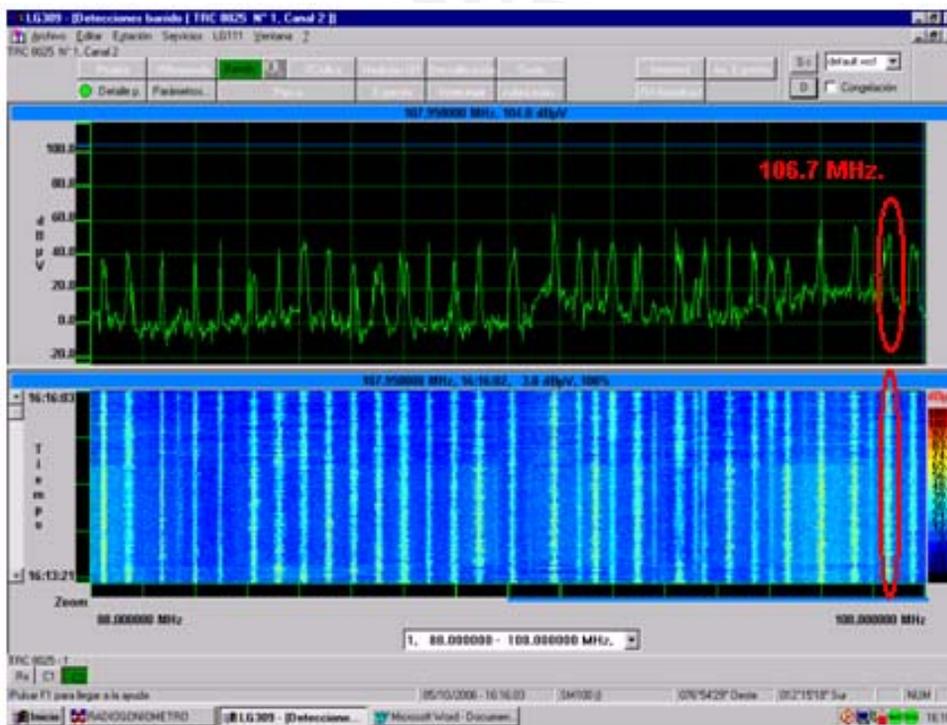


Figura 4.13 Detección de una frecuencia no autorizada (106.7 MHz), con el software LG309

4.2.1.2- CONFIGURACION DEL SOFTWARE LG111, PARA MONITOREO

Habilitado el Software LG111, debemos hacer la medición siempre estando en el modo de operación Vigilancia Bloqueada, en este modo debemos ingresar a la ventana, parámetros de radiogoniometría y configurar la frecuencia en MHz, luego ingresar la frecuencia a monitorear en la pestaña Frecuencia central, para este caso debemos colocar la frecuencia 106.7 MHz, luego configurar la opción Paso en 8.33 KHz, después configurar en la pestaña

Umbral de detección, el nivel mínimo de potencia que se quiere detectar por lo general se sugiere ponerlo en $-33 \text{ dB}/\mu\text{V}$. Recordar que la relación entre dBm y $\text{dB}/\mu\text{V}$ es la siguiente:

$$1 \text{ dBm} = 1 \text{ dB}/\mu\text{V} + 107$$

Debemos configurar la pestaña Ganancia RF, hay 3 posibles valores: Alta sensibilidad, Normal y Buena linealidad, para empezar este monitoreo debo empezar con Alta sensibilidad porque debido al nivel detectado inicialmente la estación se encuentra bastante lejana y la detección de la emisión es bastante tenue, luego debemos configurar el tiempo de remanencia en 5 segundos que es el tiempo que permanecerá en pantalla el resultado obtenido por el equipo, además hay que configurar el tipo de barrido en Cadencia para ver el espectro continuo hasta en las frecuencias en donde no se detectan emisiones de energía; otro parámetro a configurar es la Resolución, para ver el ancho de cada señal detectada, se sugiere ponerla a 20 MHz y finalmente la duración de la integración en 2.0 milisegundos para no hacer lento el procesamiento de datos y la respectiva muestra en pantalla. Debemos notar que existen 2 parámetros de radiogoniometría que no se pueden programar ya que el equipo programa por defecto estos parámetros los cuales son tipos de procesamiento configurados como Gonio, y Banda de adquisición, configurada en 300 KHz.

Una vez configurada la ventana de parámetros, procedemos a iniciar el monitoreo y hacemos el lanzamiento de adquisición, en este instante es donde empieza el monitoreo para esta frecuencia particular, se tomará este punto como primer punto de monitoreo y punto de referencia porque es acá donde se detecta la emisión no autorizada por primera vez. En este momento es bastante recomendable hacer un recuadro en la ventana, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, (ventana que muestra la relación entre la frecuencia en el eje de abscisas y el ángulo de recepción de la señal con respecto al norte magnético en el eje de ordenadas), esto se logra a partir de la ventana de Herramientas seleccionando el cuadro de líneas punteadas, seguidamente en la misma ventana, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, debemos encerrar los puntos adquiridos por el sistema que aparecen de color verde ya que el nivel de energía detectado es mínimo y según la distribución de colores es el que le corresponde a un nivel de detección bajo, para este caso y para la mayoría de los casos el umbral de detección es de $-33 \text{ dB}/\mu\text{V}$ (cada punto que aparece en esta ventana indica un nivel de detección mayor al umbral por encima de $-33 \text{ dB}/\mu\text{V}$), por lo tanto este recuadro encerrará los puntos que estén por encima del nivel de detección mínimo que por lo general se agrupan en la parte central de esta ventana.

4.2.1.3- MONITOREO DE LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA – NIVEL BAJO

(*1) En la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, la detección de nivel está dada por los puntos mostrados de color verde los cuales están encerrados en el recuadro e indican el ángulo con el que están siendo detectados, aproximadamente menos de 300° , con respecto al norte magnético, cada uno de estos puntos que conforma la dispersión azimutal tiene un valor mayor de $-33 \text{ dB}/\mu\text{V}$ y corresponde al mayor valor detectado de uno de los 2 dipolos que aporta la red de antenas de goniometría. Vemos que ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Tiempo → Nivel, nos muestra la variación del nivel sentido en el tiempo, entre el nivel actual que se encuentra en la parte superior y el nivel anterior no se ve mucha variación. En la ventana de Espectro (MHz) : Canal n*1, se ha detectado el nivel actual que es el valor instantáneo o valor pico de $14 \text{ dB}/\mu\text{V}$, lo que nos indica una emisión con nivel bajo. Podemos ver en la ventana Homing la dirección de donde viene la señal monitoreada, el haz apunta casi a las 11 y 30 (en estos casos se utiliza una notación horaria en donde 0° corresponde a las 12 horas, 90° corresponde a las 3 horas, 180° corresponde a las 6 horas y 270° corresponde a las 9 horas, así se puede asociar cada medida en grados a una hora específica), vemos que hay una flecha encendida hacia arriba la cual nos indica que el nivel de intensidad empieza a subir con relación al último nivel sentido. En la ventana de Resultados numéricos podemos ver que el azimut promedio es 289.8° , la frecuencia promedio en donde se están detectando los mayores niveles de intensidad es 106.6942 MHz y el nivel de intensidad es de $17 \text{ dB}/\mu\text{V}$, corresponde al valor promedio integrado a partir del área encerrada entre las barras en la ventana Espectro (MHz) : Canal n*1, para lo cual se tomaron 1401 medidas en un periodo de tiempo aleatorio de 6870.1 milisegundos, finalmente obtenemos una Nota de calidad de 4, lo cual significa que es una buena medición.

Ver Figura 4.14

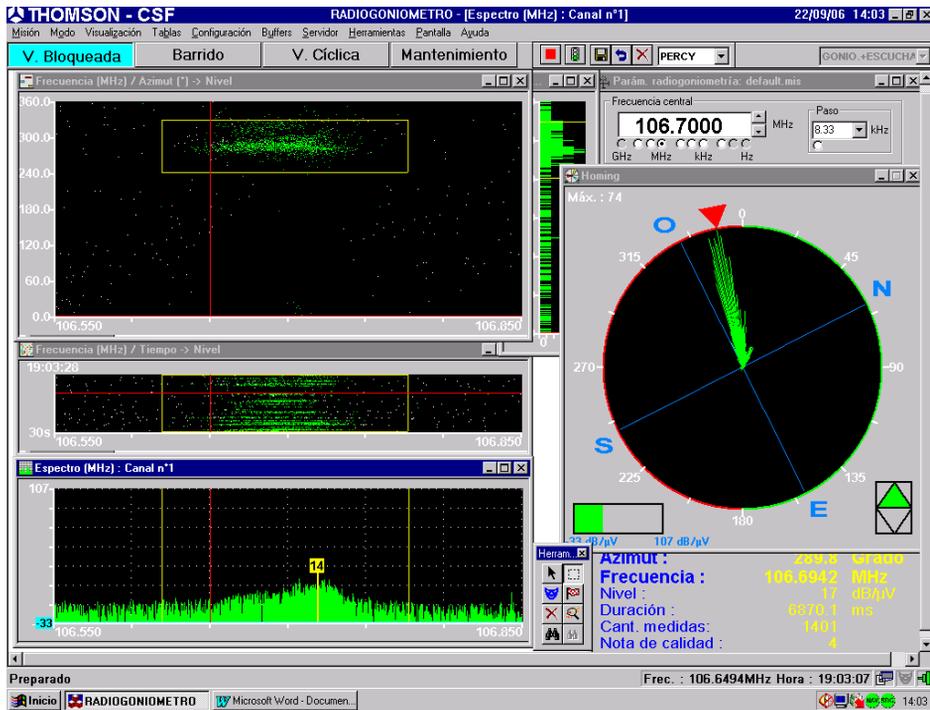


Figura 4,14 Detección de una estación emisora de FM, nivel bajo (*1)

(2*) Automáticamente el equipo hace un nuevo monitoreo y vemos que varios parámetros cambiaron, ahora la unidad móvil debe avanzar en la dirección correcta de las 11, causas ajenas como son no tener un camino directo hacia la fuente de emisión hacen que la ventana Homing nos muestre que el haz que indica la dirección sobre la brújula cambie de posición constantemente. En el punto monitoreado vemos que el nivel de intensidad de la emisión continúa aumentando, podemos observar que la detección del nivel de potencia en la ventana gráfica Espectro (MHz) : Canal n*1 está en 29 dB/μV, se hace mas robusta y su amplitud es mayor; el color de las detecciones visto en la venta gráfica, Frecuencia (MHz.) / Azimut (*) → Nivel, empieza a cambiar a amarillo, lo cual indica que se empiezan a detectar emisiones de mayor intensidad, motivo por el cual la integración nos da como resultado un mayor nivel de potencia 30 dB/μV. Como se muestra en la ventana Resultados numéricos, se nota también que el nivel de detección de potencia está estable hace algún tiempo motivo por el cual las flechas arriba y debajo de la ventana Homing se mantienen encendidas, No hay mayores cambios ya que la detección se mantiene en curso y es como se esperaba, la ventana de resultados nos muestra nuevos valores, el azimut ha cambiado el nuevo valor obtenido es 265.5°, la duración es menor que la duración anterior y la cantidad de medidas hechas es

mucho mayor que la anterior, finalmente la Nota de calidad ha aumentado motivo por el cual podemos decir que estamos en el camino correcto. Ver Figura 4.15

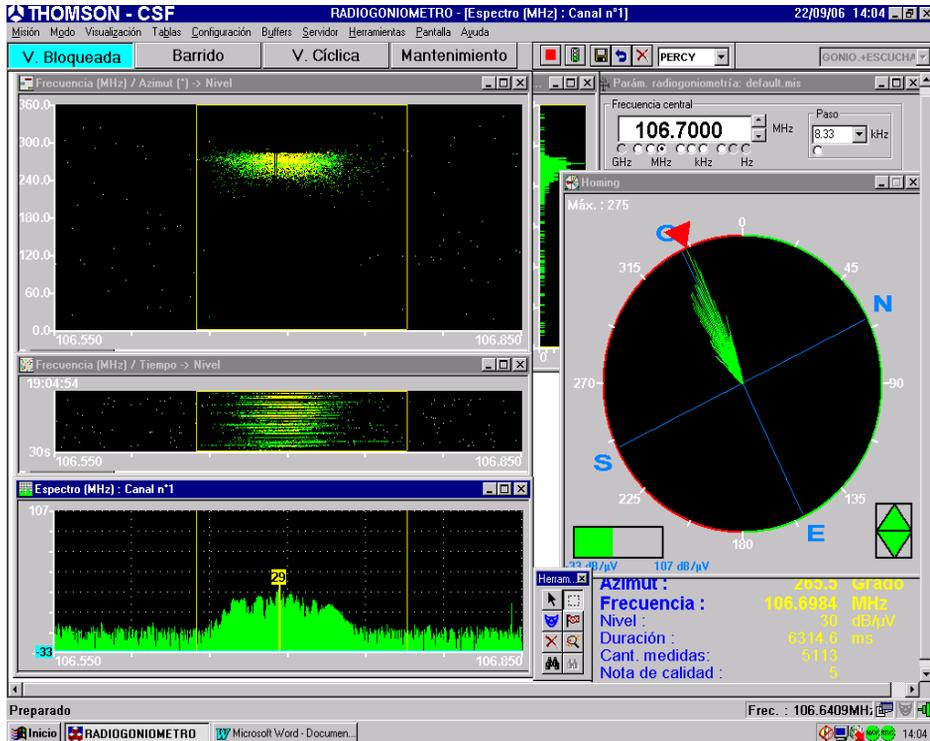


Figura 4,15 Detección de una estación emisora de FM, nivel bajo (*2)

4.2.1.4- MONITOREO DE LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA – NIVEL INTERMEDIO

(3*) Continuando con el monitoreo tomamos una nueva medida y obtenemos los siguientes resultados, en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, observamos que los niveles de intensidad (puntos amarillos), sensados están agrupados, ya no se muestran dispersos como en la muestra anterior, esto quiere decir que el equipo está detectando mas potencia en la emisión, esto nos da como resultado el azimut constante; en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Tiempo → Nivel, se nota que ya no hay mucha diferencia entre el nivel de intensidad sensado anteriormente y el actual. También en la ventana gráfica Espectro (MHz) : Canal n°1, se nota que el nivel de intensidad instantáneo del espectro es mayor y podemos considerar que 46 dB/μV, es un nivel intermedio de detección. En la ventana gráfica, Homing, se nota que el nivel se mantiene constante ya que las 2 flechas arriba y abajo están encendidas, sin embargo debemos corregir la posición porque nos estamos desviando

hacia las 10, sobre la ventana de Resultados numéricos, podemos decir que el azimut es 232.8° , la frecuencia detectada promedio de las emisiones sensadas es 106.6999 MHz. La duración y la cantidad de medidas disminuyeron con respecto a la muestra anterior. Podemos decir también que el haz a donde apunta la ventana Homing se ha abierto, está mas disperso esto quiere decir que estamos entrando al área en donde el ángulo de apertura del lóbulo del patrón de radiación de la antena de la estación no autorizada es mas ancho, significa que nos estamos acercando hacia la fuente emisora. Además la nota de calidad es 4 lo que indica que estamos ante una buena detección debido a la confiabilidad de los instrumentos. Ver Figura 4.16

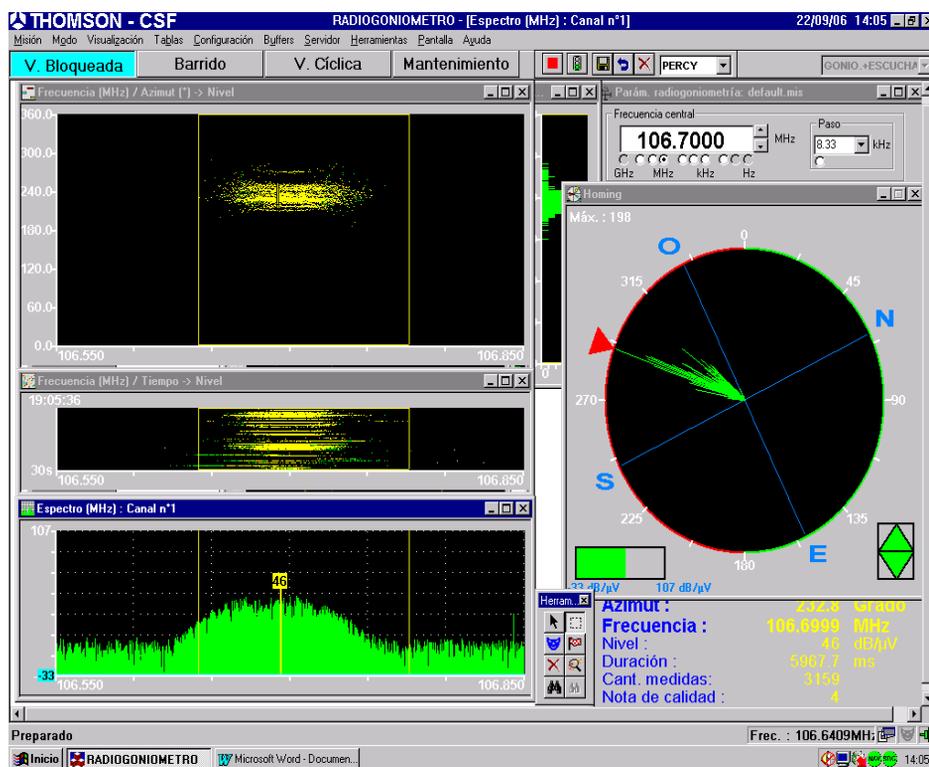


Figura 4,16 Detección de una estación emisora de FM, nivel medio (*3)

(4*) En la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, observamos que los niveles de intensidad sensados (puntos amarillos), están mas agrupados y son mas intensos, cada vez el azimut tiende a ser único indica que los niveles de energía detectados sólo deben provenir de una única fuente, ya que el azimut se mantiene constante, y el promedio va mejorando; en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Tiempo → Nivel, se nota que ya no hay diferencia entre el nivel de intensidad sensado anteriormente y el actual, podemos decir que a

partir de acá se mantendrá constante el nivel de detección actual y el anterior; en la ventana gráfica Espectro (MHz) : Canal n*1, se nota que el nivel de intensidad instantáneo del espectro es mayor y podemos considerar que 50 dB/μV, es un nivel de detección considerable. En la ventana gráfica, Homing, se nota que el nivel empieza a subir con respecto al ultimo senso que hizo el equipo ya que la flecha que va hacia arriba esta encendida además debemos corregir la posición porque la fuente emisora se encuentra hacia las 9 y 30; sobre la ventana de Resultados numéricos, podemos decir que el azimut es 168.9°, la frecuencia detectada promedio de las emisiones sensadas es 106.6998 MHz, la duración subió con respecto al monitoreo anterior así mismo la cantidad de medidas subió con respecto al monitoreo anterior. Debemos notar que el valor de intensidad promedio es 46 dB/μV. el cual se mantiene constante y el factor de calidad se mantiene en 4, lo cual nos sigue indicando que tenemos una buena calidad de detección, es recomendable empezar a grabar los datos del monitoreo, en este instante se puede decir que empieza la búsqueda de la estación de manera visual.

Ver Figura 4.17

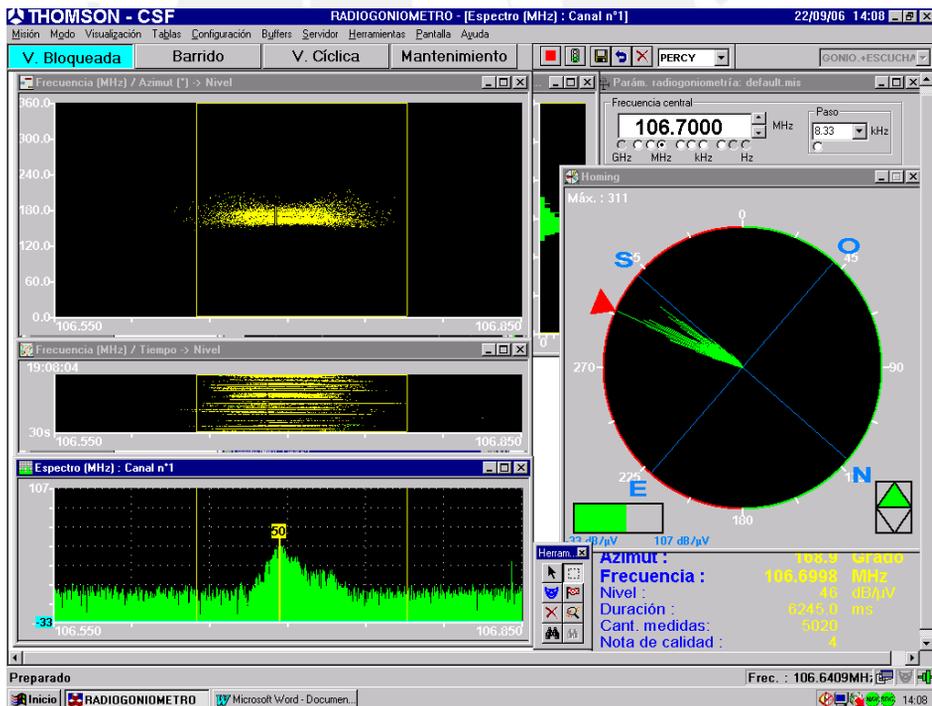


Figura 4,17 Detección de una estación emisora de FM, nivel medio (*4)

4.2.1.5- MONITOREO DE LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA – NIVEL ALTO

(5*) En el siguiente punto monitoreado, la ventana gráfica, Frecuencia (MHz.) / Azimut (*) → Nivel, nos muestra que el azimut sigue disminuyendo; en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz.) / Tiempo → Nivel, se nota que el nivel sensado y el nivel actual tienen la misma intensidad; en la ventana gráfica del Espectro el nivel de emisión instantáneo es 58 dB/μV, considerado como un nivel alto de intensidad; la ventana Homing nos indica que la fuente de emisión está en dirección de las 8 y 30 aproximadamente; la ventana de Resultados numéricos nos muestra un nivel de intensidad promedio de 55 dB/μV, podemos notar que hay más cantidad de medidas realizadas en un intervalo de tiempo casi constante. Ver Figura 4.18

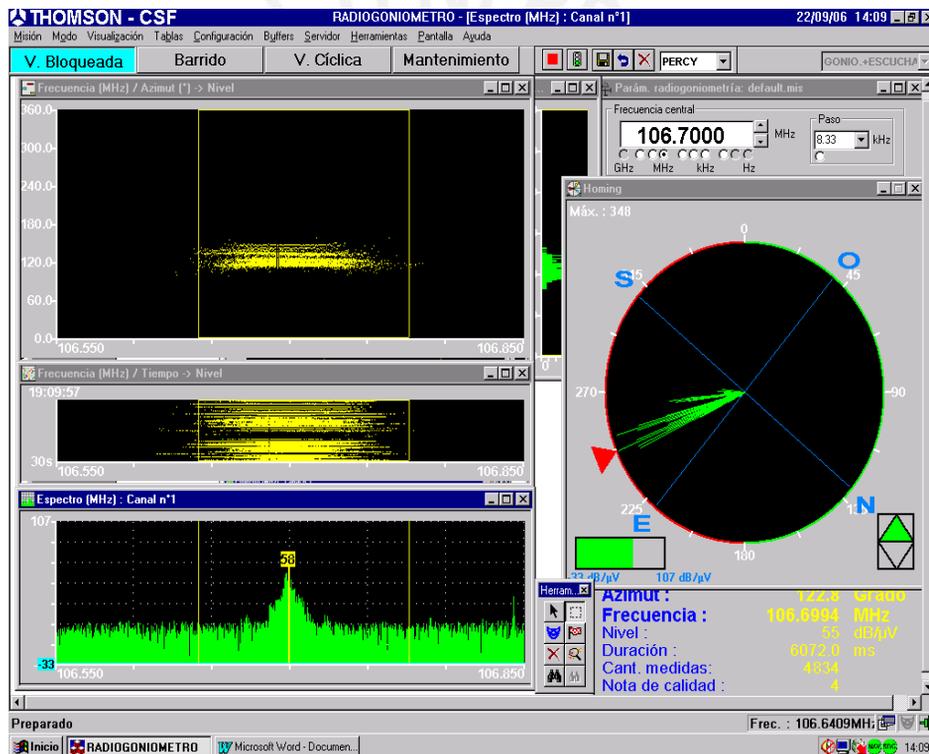


Figura 4,18 Detección de una estación emisora de FM, nivel alto (*5)

(6*) El siguiente instante monitoreado nos da la confiabilidad de que vamos en dirección hacia la fuente de emisión, analizando la ventana gráfica, Frecuencia (MHz.) / Azimut (*) → Nivel, observamos que los niveles de intensidad (puntos amarillos), sensados están más agrupados y son más intensos, vemos que el ancho del azimut es menor que en todos los casos anteriores, el azimut tiende a ser único, y el nuevo promedio está mejorando; en la

ventana gráfica, Frecuencia (MHz.) / Tiempo → Nivel, se nota que ya no hay diferencia entre el nivel de intensidad sentido anteriormente y el actual, podemos decir los niveles sentidos son los mismos ya que la intensidad del color amarillo es la misma para todos los puntos en el tiempo; en la ventana gráfica Espectro (MHz) : Canal n°1, se nota que el nivel de intensidad instantáneo de esta frecuencia es mayor en este instante, 59 dB/μV, es un nivel muy alto de detección, podemos grabar estos resultados porque nos indican que estamos cerca de la estación radiodifusora no autorizada. En la ventana gráfica, Homing, se nota que el nivel empieza a subir con respecto al último senso que hizo el equipo ya que la flecha que va hacia arriba está encendida además la estación que estamos buscando está ubicada hacia las 8; finalmente sobre la ventana Resultados numéricos, podemos decir que el azimut es 128.3°, la frecuencia detectada promedio de las emisiones sensadas es 106.7007 MHz, la duración y la cantidad de medidas bajó con respecto al monitoreo anterior, debemos notar que la Nota calidad se mantiene en 6, lo cual nos indica que tenemos una excelente calidad de detección.

Ver Figura 4.19

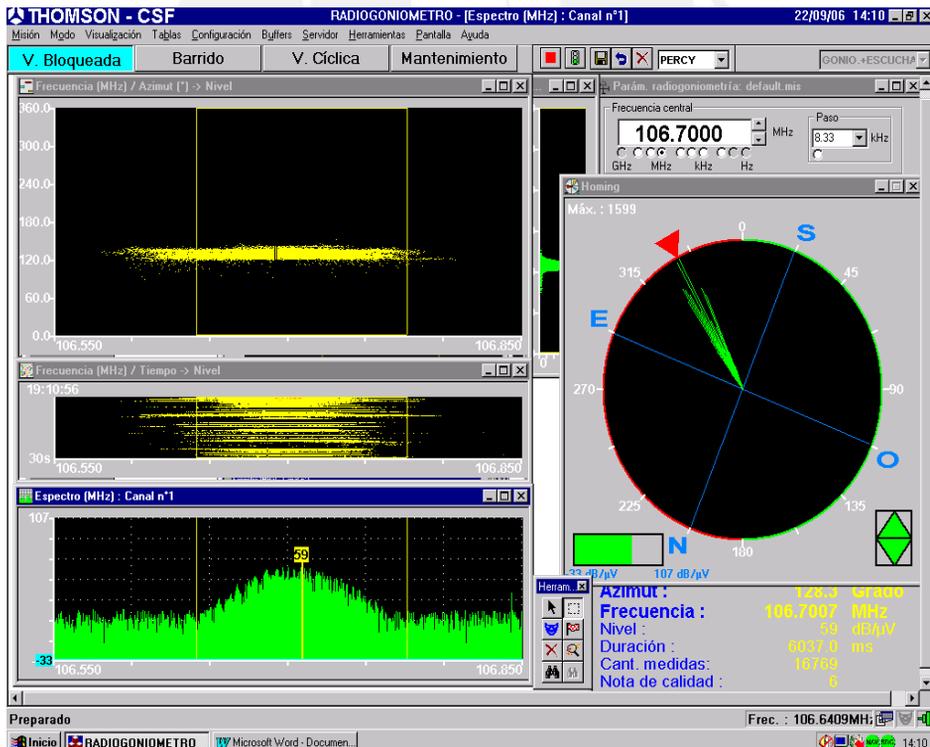


Figura 4,19 Detección de una estación emisora de FM, nivel alto (*6)

(7*) Este es el nivel máximo registrado en la detección de la fuente de emisión para 106,7 MHz, notamos en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Azimut (*) → Nivel, se obtiene un nivel que es casi lineal por lo tanto es un excelente promedio el que será el azimut final; en la ventana gráfica, Frecuencia (MHz) / Tiempo → Nivel, nos muestra que los niveles detectados actuales son iguales a los niveles anteriores; la ventana gráfica Espectro (MHz) / Canal n°1, nos muestra que el máximo nivel de intensidad eficaz logrado es 63 dB/μV, el mismo que se mantiene alrededor de la estación ya detectada; así mismo en la ventana gráfica, Homing, la dirección de detección nos muestra un haz muy fino y directivo. Finalmente de la ventana de Resultados numéricos, podemos decir que el azimut final es 94.2°, la frecuencia detectada promedio de las emisiones sensadas es 106.7001 MHz, la duración bajó con respecto al monitoreo anterior así mismo la cantidad de medidas bajó con respecto al monitoreo anterior y el valor del nivel promedio se mantuvo constante en 63 dB/μV. Ver Figura 4.20

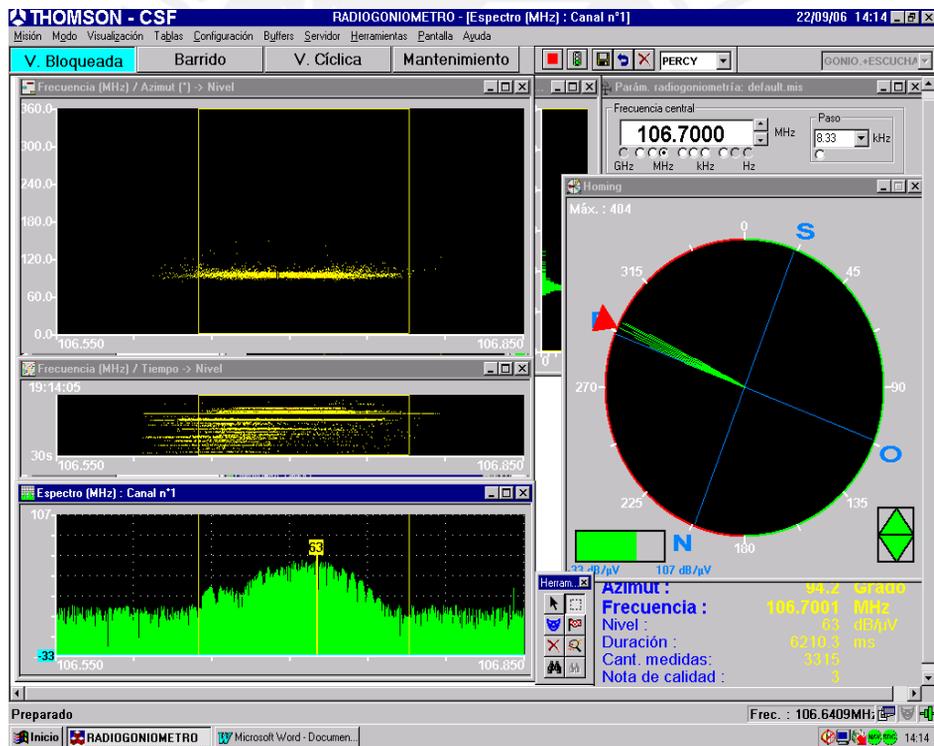


Figura 4,20 Detección de una estación emisora de FM, nivel muy alto (*7)

Después de lograr el nivel de detección máximo procedemos a buscar visualmente el sistema irradiante que generalmente se encuentra escondido, en este caso se detectó una antena Dipolo lineal con polarización vertical como la fuente de emisión seguida.

Ver Figura 4.21



Figura 4.21 Sistema irradiante de la estación detectada en el monitoreo del caso 1

4.2.1.6- SIMULACIÓN DE INTERFERENCIA CAUSADA POR LA ESTACION DETECTADA

La estación que llamaremos NA02 ha sido detectada en el distrito de Villa María del Triunfo, opera en la frecuencia 106.7 MHz y puede causar interferencia en el área de cobertura de las estaciones de FM, sobretodo en las estaciones radiodifusoras físicamente mas cercanas y las que operan en la misma frecuencia o en frecuencias adyacentes, en este caso la estación autorizada más cercana es Radio Mar con indicativo OCZ-4I y frecuencia de operación 106.3 MHz, cuya planta de transmisión y sistema irradiante están en el Morro solar (cerro Marcavilca), por lo tanto nos interesa ver la interferencia del segundo canal adyacente ya que entre ambas estaciones hay una diferencia de 0.4 MHz. Probablemente exista una pequeña área interferida, para ver que parte está siendo interferida tenemos que hacer las simulaciones respectivas en el software ELLIPSE V5.4.9a, con las características reales de cada una de las estaciones radiodifusoras.

Ver Anexos Capítulo IV

4.2.1.7- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE TRANSMISIÓN (ESTUDIOS) Y DEL SISTEMA IRRADIANTE DE LAS ESTACIONES NA02 Y RADIO MAR Ver Tabla 4.1

ESTUDIO		
Estación	No autorizada	Autorizada
Nombre	NA02	Radio Mar
Indicativo	No tiene	OCZ-4I
Frecuencia	106.7 MHz	106.3 MHz
Localización	L.S: 12S1110.15 L.O: 076W5557.47	L.S: 12° 10` 56,1`` L.O: 77° 01` 38,0``
Potencia Tx.	40 W	25 KW
SISTEMA IRRADIANTE		
Antena (Tipo)	Dipolo lineal	Tipo Cavidad, 02 Dipolos en "V"
N° Bays	1 (01 Antena)	4 (12 Antenas)
Ganancia	2.2 dBi	15.1 dBi
Localización	L.S: 12S1110.15 L.O: 076W5557.47	L.S: 12° 10` 56,1`` L.O: 77° 01` 38,0``

Tabla 4.1 Características técnicas del Sistema irradiante de NA02 y Radio Mar

La estación NA02, opera con PIRE = 48.2 dBm (40 W = 46 dBm +2.2 dBi), con altura de antena 30m, y antena con patrón de radiación omnidireccional, mientras Radio Mar, opera con PIRE = 89.1 dBm (25 KW = 74 dBm + 15,1 dBi), tipo de emisión 256KF8E, asimismo se ha considerado directivo el patrón de radiación vertical para efectos de cálculo. Ver Figura 4.22

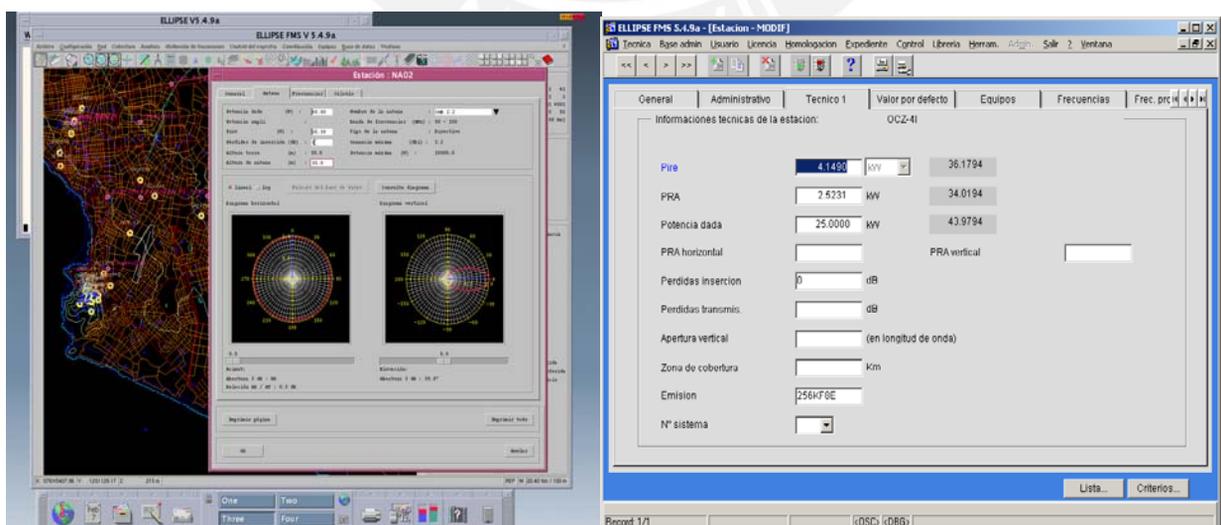


Figura 4.22 Características del sistema irradiante de la estación autorizada Radio Mar y NA02

4.2.1.8.- DISTANCIA Y LÍNEA DE VISTA ENTRE LAS ESTACIONES NA02 Y RADIO MAR

La distancia calculada entre las estaciones NA02 y Radio Mar es 10.2 Km, asimismo entre ambas estaciones existe una línea de vista libre de interferencias. Ver Figura 4.23

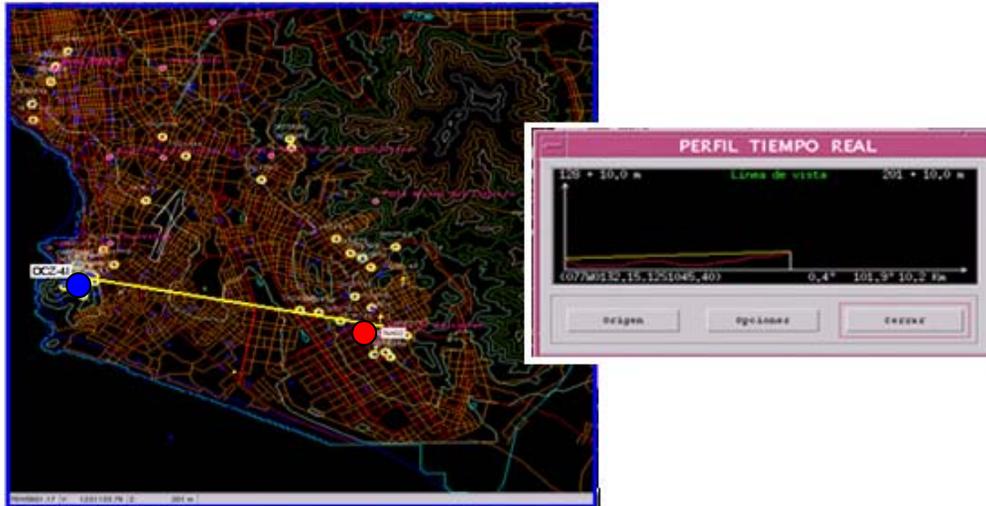


Figura 4.23 Distancia entre la estación NA02 y Radio Mar (Planta del Morro Solar)

4.2.1.9.- ÁREA DE COBERTURA DE LA ESTACIÓN NA02

El área de cobertura de la estación NA02 es aproximadamente de 50 Km de diámetro, abarcando los distritos de Villa Maria del Triunfo, San Juan de Miraflores, Chorrillos, Lurín y parte de Cañete. Ver Figura 4.24

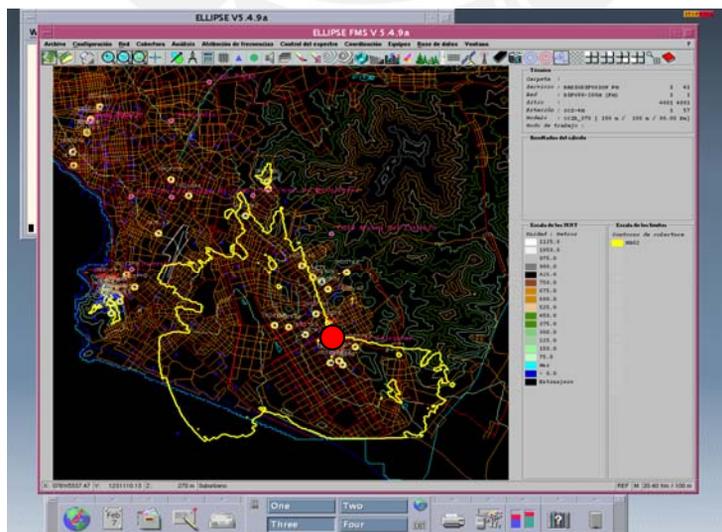


Figura 4.24 Área de cobertura de la estación NA02

4.2.1.10- INTERFERENCIA DEL SEGUNDO CANAL ADYACENTE CAUSADA POR LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA NA02 SOBRE LA ESTACIÓN AUTORIZADA RADIO MAR

Para realizar la simulación de interferencia (según el modelo 370, estándar de la FCC) por segundo canal adyacente debemos tener en cuenta que la relación de protección para las estaciones primarias es -20 dB, también sabemos que la estación Radio Mar puede operar en cualquier parte de Lima, por lo tanto tomamos un rango de 80 Km, para hacer la simulación, como vemos sólo aparece una pequeña zona de área interferida alrededor de la base de la antena de la estación NA02, (20 metros de diámetro aproximadamente). Ver Figura 4.25

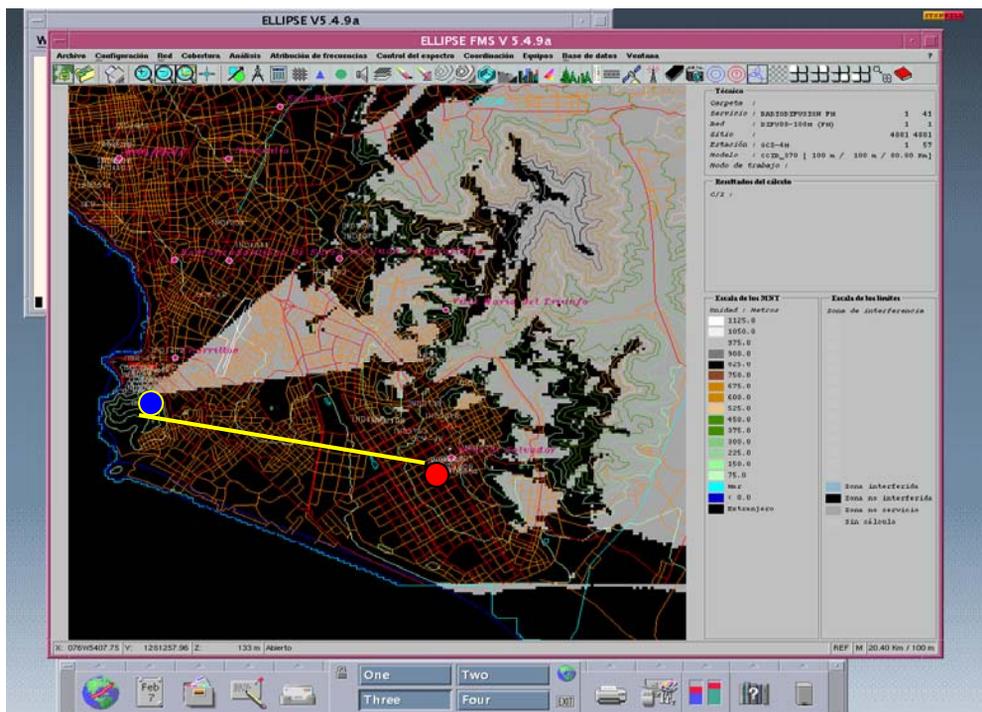


Figura 4.25 Interferencia Segundo canal adyacente, NA02 y Radio Mar

4.2.2- CASO 2: DETECCIÓN DE UNA ESTACIÓN RADIODIFUSORA DE FM UTILIZANDO GPS INTERNO DE LA UNIDAD MÓVIL (A.T.R.) Y UN GPS EXTERNO.

4.2.2.1- SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA

Hacemos el barrido de frecuencia en la banda de FM, configuramos el Software LG309, de la misma manera que en el caso anterior, la estación ha sido detectada en el distrito de San Juan de Lurigancho, opera en la frecuencia 103.7 MHz, tiene un nivel de intensidad 38 dB/μV y causa interferencia de primer canal adyacente en la zona de cobertura de las estación periférica

Asociación Educativa San Juan Bautista (OCR-4G), que opera en la frecuencia 103.5 MHz y el la estación primaria Instituto de Radio y Televisión del Perú – IRTP (OCZ-4D), que opera en la frecuencia 103.9 MHz.

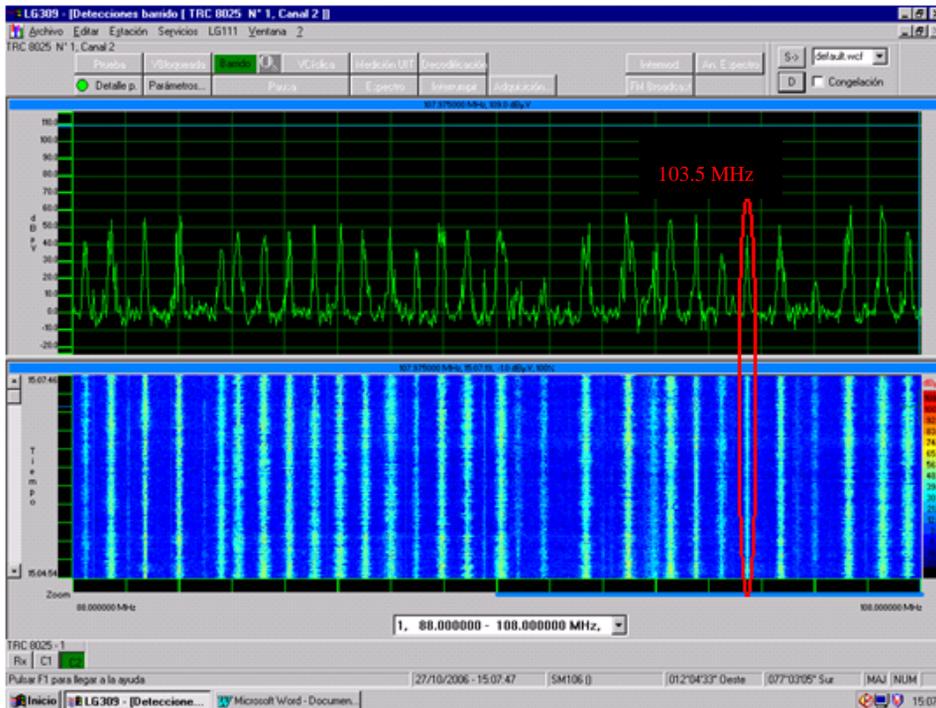


Figura 4.26 Detección de una frecuencia no autorizada (103.7 MHz), con el software LG309

4.2.2.2- SEGUIMIENTO A LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA: GPS INTERNO/EXTERNO

Una vez detectada la frecuencia no autorizada, se procede a seguirla para detectar la fuente de emisión, en este caso dicho seguimiento se hace por medio del método ATR, el cual incluye un GPS interno en la unidad de radiogoniometría, este seguimiento aparece en líneas punteadas de color azul, la ruta se da solamente siguiendo la dirección a donde apunta el norte del GPS interno (esta alternativa de detección se utiliza siempre que la estación no autorizada monitoreada anteriormente se encuentre en algún lugar no accesible por la unidad móvil), una vez que la unidad móvil llega a un punto en donde ya no puede seguir el monitoreo se procede a ubicar la estación guiados por un GPS externo en este caso se ha utilizado el GPS marca Garmin, modelo GPS12, el recorrido se hace a través de la opción Tracking , los datos almacenados en la memoria del GPS son insertados en los mapas (con formato SRTM o GIS), para luego mostrarnos la ruta seguida. Ver Figura 4.27

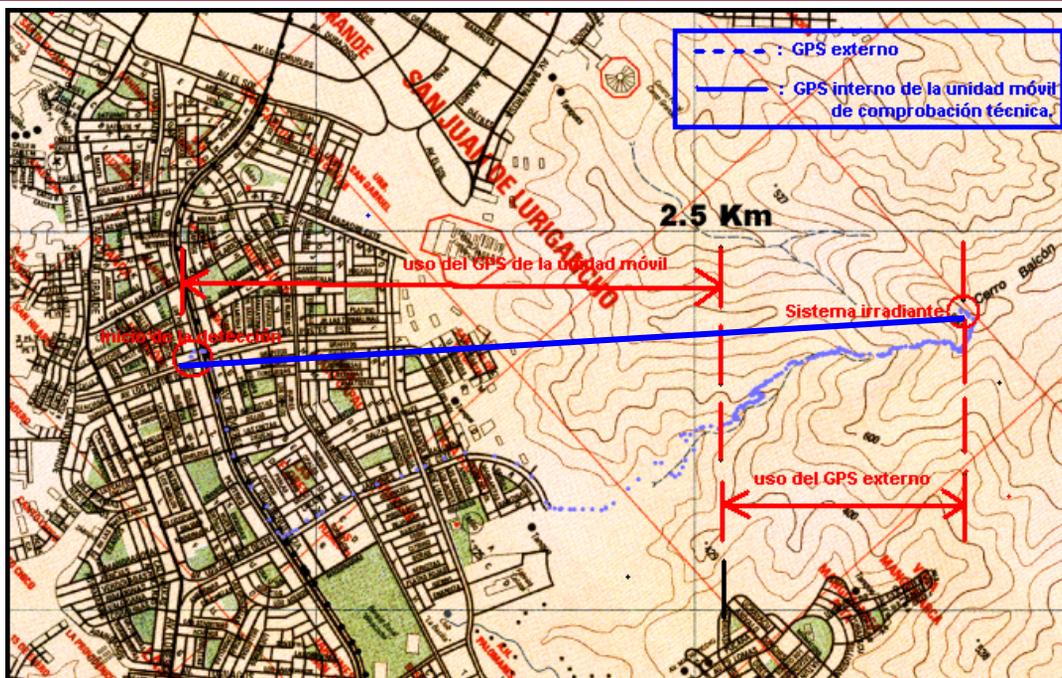


Figura 4.27 Detección de una estación radiodifusora utilizándole método ATR y el GPS

Como se puede notar en el mapa anterior, se ha dividido en 2 partes el seguimiento del sistema irradiante de la estación no autorizada (a la que llamaremos NA03), el cual corresponde a una antena tipo Dipolo Espira circular, ubicada en la parte superior de un cerro. Ver Figura 4.28

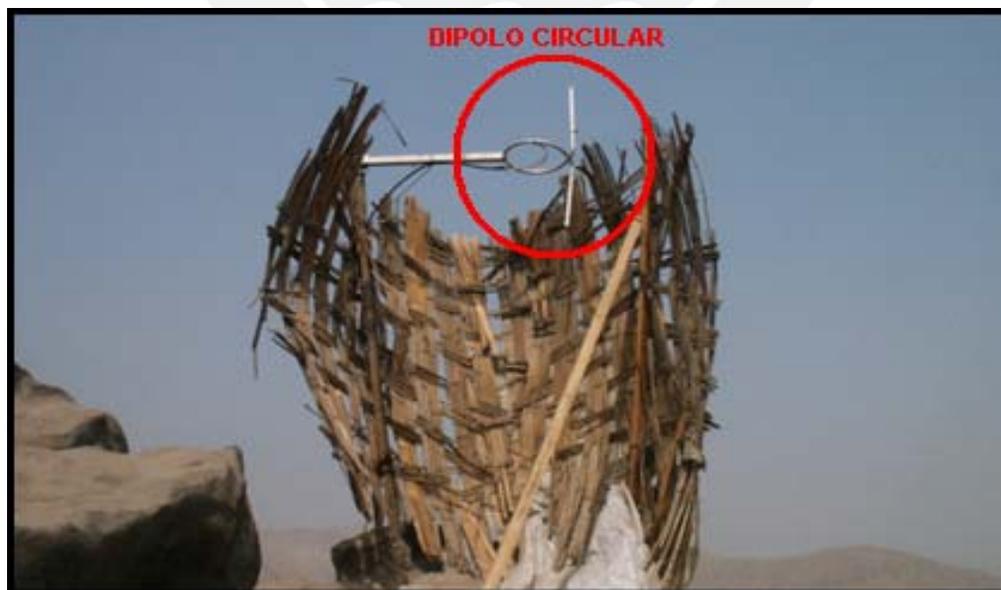


Figura 4.28 Ubicación de la estación radiodifusora de FM.

4.2.2.3- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE TRANSMISIÓN (ESTUDIOS) Y DEL SISTEMA IRRADIANTE DE LAS ESTACIONES EST03, RADIO ASOCIACIÓN EDUCATIVA NUEVO SAN JUAN E INSTITUTO DE RADIO Y TELEVISIÓN DEL PERU (I.R.T.P.)

Ver Tabla 4.2

ESTUDIO			
Estación	No autorizada	Autorizada	Autorizada
Nombre	EST03	Asociación educativa Nuevo San Juan	Radio y Televisión del Perú - I.R.T.P.
Indicativo	No tiene	OCR-4G	OCZ-4D
Frecuencia	103.7 MHz	103.5 MHz	103.9 MHz
Localización	L.S: 12S0001.53	L.S: 11° 56' 57,1"	L.S: 12° 04' 07,43"
	L.O: 076W5838.95	L.O: 77° 01' 07"	L.O: 77°02'07,63"
Potencia Tx.	40 W	1 KW	10 KW
SISTEMA IRRADIANTE			
Antena (Tipo)	Dipolo Circular	Dipolo Circular	2 Dipolos Cruzados en "V" con reflector
N° Bays	1	4 (4 antenas)	4 (16 antenas)
Ganancia	3.7 dBi (máxima)	5.2 dBi	6.5 dBi – 12,2 dBi
Localización	L.S: 12S0001.53	L.S: 11° 56' 57,1"	L.S: 12° 10' 54,6"
	L.O: 076W5838.95	L.O: 77° 01' 07"	L.O: 77° 01' 34,6"

Tabla 4.2 Características técnicas de la estación EST03, Asociación educativa Nuevo San Juan e Instituto de Radio y Televisión del Perú (I.R.T.P.)

4.2.2.4- INTERFERENCIA: PRIMER CANAL ADYACENTE, CAUSADA POR LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA NA03 - 103.7 MHz, SOBRE LA ESTACION AUTORIZADA ASOCIACIÓN EDUCATIVA NUEVO SAN JUAN 103.5 MHz (AMBAS ESTACIONES EN SAN JUAN DE LURIGANCHO)

Con una relación de protección de 7 dB, sobre la estación primaria: Asociación educativa nuevo San Juan (103.5 MHz) y debido a la cercanía de ambas estaciones, la interferencia causada en el primer canal adyacente es apreciable en la zona de San Martín de Porres, la cual es mas cercana a la estación no autorizada NA03 (que ocupa el canal 279 ó la frecuencia 103.7 MHz). Sin embargo debido a la diferencia de potencias de transmisión entre ambas estaciones no hay mayor interferencia, así mismo debemos notar que el área de cobertura de la estación autorizada es limitada por corresponder a una canalización periférica de la ciudad de Lima, por lo tanto el problema es imperceptible, y no causa mayores molestias a dicha estación sino a los radioescuchas que sintonizan los canales adyacentes. Ver Figura 4.29

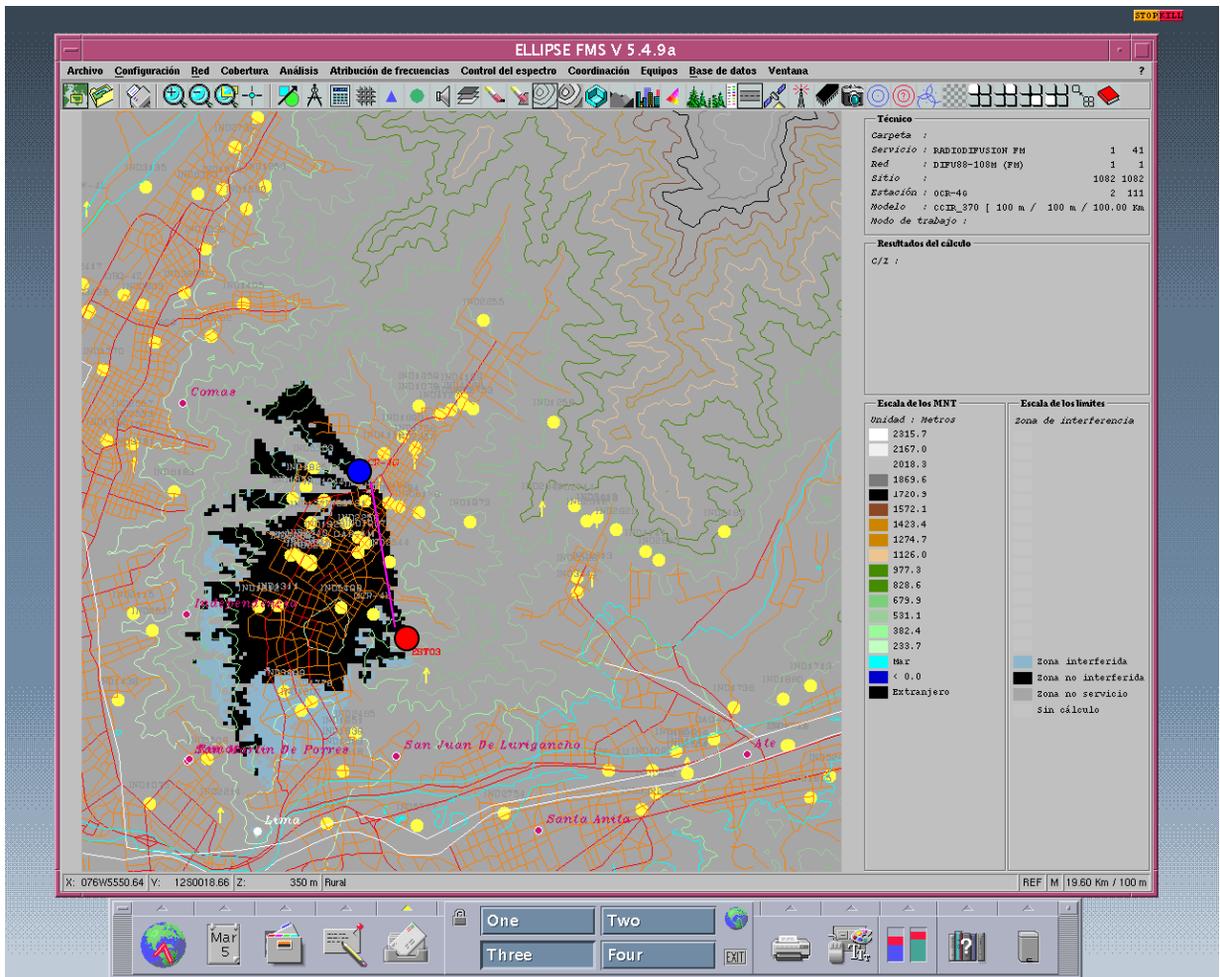


Figura 4.29 Interferencia: Primer canal adyacente, entre NA03 y Radio Nuevo San Juan

4.2.2.5- INTERFERENCIA: PRIMER CANAL ADYACENTE, CAUSADA POR LA ESTACIÓN NO AUTORIZADA: NA03 – 103.7 MHz, UBICADA EN SAN JUAN DE LURIGANCHO, SOBRE LA ESTACION AUTORIZADA, INSTITUTO DE RADIO Y TELEVISION DEL PERU (I.R.T.P.) – 103.9 MHz, UBICADA EN EL MORRO SOLAR.

A pesar que el sistema irradiante de la estación autorizada I.R.T.P., se encuentra mucho mas lejos (en el Morro Solar), hay interferencia pero es mínima (casi nula), debido a que dicha estación transmite con una potencia mucho mayor (10 KW autorizado) y sobretodo el centro de radiación de la estación I.R.T.P., está a mayor altura que el centro de radiación de la estación NA03, la interferencia causada es totalmente despreciable, sin embargo causa que la señal de IRTTP, se debilite alrededor de la estación NA03.

Ver Figura 4.30

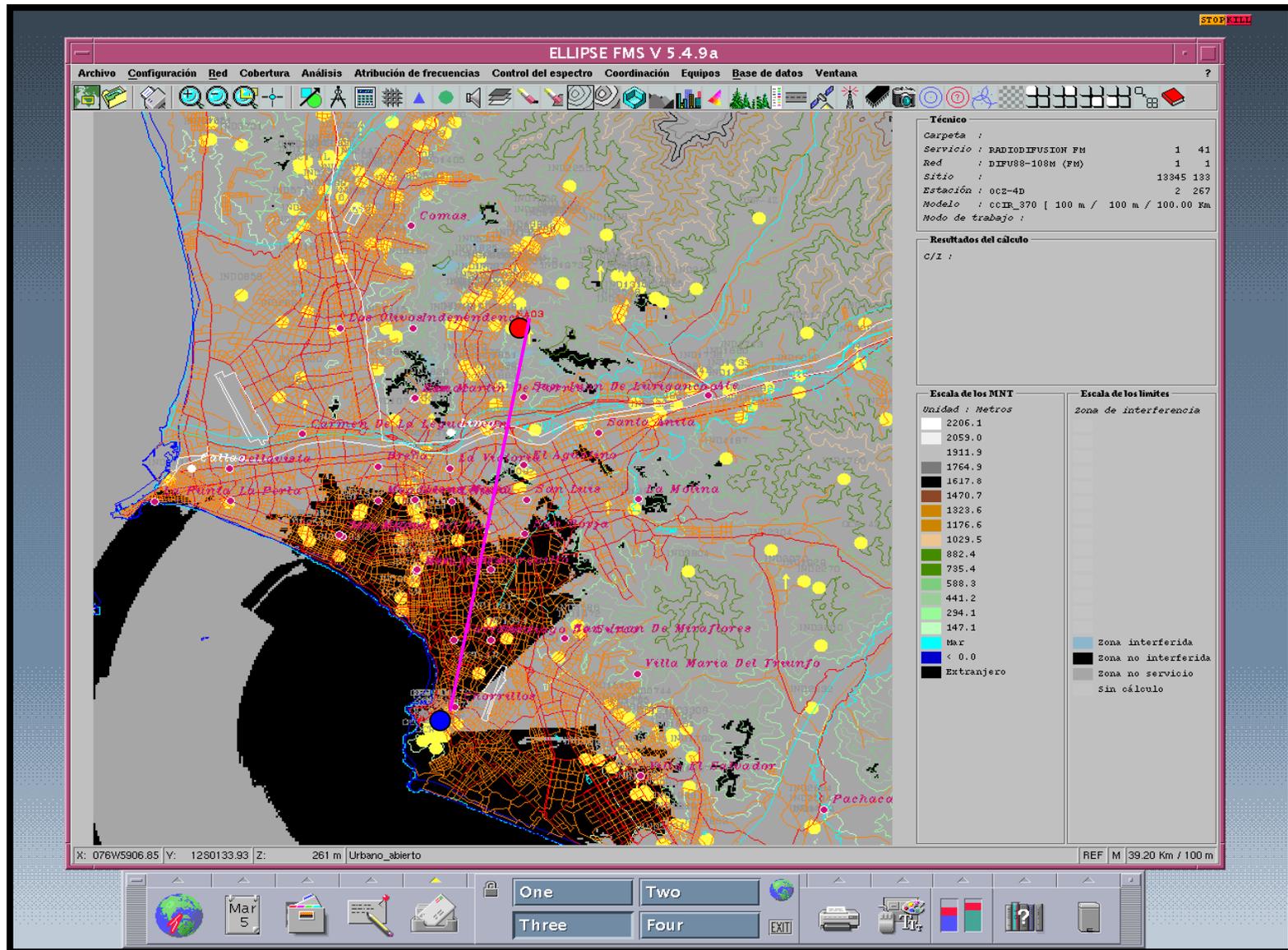


Figura 4.30 Interferencia: Primer canal adyacente, entre NA03 e I.R.T.P

CONCLUSIONES

- En el Perú es legal la autorización de estaciones de baja potencia en áreas periféricas a la ciudad de Lima, incluso pueden coexistir en la misma frecuencia que opera una estación del tipo A, B, C, D; hay que considerar que la estación de baja potencia no puede interferir a una estación primaria. **Capítulo 1**

- Un conocimiento profundo a cerca de las normas técnicas dadas por el MTC, sobre gestión del espectro, localización geográfica del estudio y sistema irradiante, instalación y operación de la estación radiodifusora, nos proporcionará una mejor idea de la situación actual de la FM en la ciudad de Lima y sobretodo en los distritos periféricos en donde se presenta el mayor problema de emisiones no autorizadas. **Capítulo 1**

- En la canalización hecha en Lima y zonas periféricas, la asignación de frecuencia a una estación radiodifusión en FM, nos permite mantener el espectro controlado, de esta manera podemos evitar la interferencia e intermodulación y proteger el área de cobertura de cada estación. **Capítulo 2**

- Existe la tendencia en las estaciones no autorizadas a usar sistemas irradiantes tipo dipolo circular de polarización circular, que es lo mas parecido a tener polarización vertical y horizontal a la vez, también es una antena barata y con ganancia aceptable (de 0 – 3 dBi) que proporciona un patrón de radiación omnidireccional, es fácil de instalar y tiene pocas perdidas en sus acoplamientos. **Capítulo 2**

- El método de Interferometría correlativa utilizado por la unidad de comprobación técnica, nos proporciona la capacidad para obtener la dirección en la cual se encuentra la fuente de emisión de una estación no autorizada, de esta manera a través de la ventana Homing del software LG 111, podemos seguir dicha emisión hasta alcanzar el mayor nivel de RF. **Capítulo 3**

- La unidad de comprobación técnica del espectro utiliza 5 antenas que barren los 360 grados, es decir cada antena es capaz de monitorear 72° del lado de la semirrecta de mayor radiación (estos dipolos son omnidireccionales, cada uno puede recibir emisiones con ángulos de 360°). **Capítulo 3**

- Las estaciones no autorizadas, no se mantienen en la misma frecuencia, periódicamente cambian su frecuencia de operación con la finalidad de seguir operando y no ser descubiertas, así mismo varían el nivel potencia de su transmisor lo cual les permite una variación en la PIRE y por consiguiente el nivel de recepción que se obtiene en el sistema de radiogoniometría es diferente. **Capítulo 3 - Anexos**

- A partir del monitoreo en la banda de FM, se puede verificar el número de estaciones que están utilizando el espectro radioeléctrico y saber cuales están autorizadas y cuales no, de tal manera que una vez identificada una estación no autorizada se pueda seguirla y detectar su sistema irradiante. **Capítulo 4**

- A través del monitoreo de la Banda de FM nos podemos dar cuenta del nivel de intensidad de una señal no autorizada y predecir a grandes rasgos el área de cobertura de dicha estación, sin embargo actualmente resulta mas difícil poder detectar una planta de transmisión debido a que entre esta y el sistema irradiante existe una radioenlace el cual está dado entre 200 – 250 MHz. **Capítulo 4**

- A partir del monitoreo de la banda de FM se pudo comprobar que para aumentar el área de cobertura de una estación no autorizada se debe aumentar la altura del centro de radiación del sistema irradiante como primera opción, así mismo una buena práctica será aumentar la PIRE, a partir de una mayor ganancia del sistema irradiante. **Capítulo 4**

- Se ha comprobado que el sistema de radiogoniometría puede trabajar con un GPS externo el cual debe estar sincronizado con la tarjeta de adquisición de datos del módulo REC 108, para capturar posicionamiento del vehículo cada segundo y guardarlo en un archivo .exe el cual se correrá sobre el programa MapInfo para darnos la ruta seguida sobre los mapas de Lima anteriormente cargados en dicho programa. **Capítulo 4**

- Las interferencias de segundo canal adyacente, son perjudiciales para la sintonía de una radioemisora, así mismo se ha comprobado a través de la simulación de interferencia del primer canal adyacente que esta es mas perjudicial sobretodo en estaciones autorizadas que están mas cercanas a la fuente de emisión no autorizada y producen con mas facilidad productos de intermodulación, finalmente la interferencia cocanal es destructiva para una señal autorizada. **Capítulo 4**

- A partir del monitoreo del espectro de frecuencias se puede ver en los distritos del cono Sur, cono Norte y cono Este de la ciudad de Lima, se ha detectado gran cantidad de emisiones no autorizadas por el MTC, las cuales operan preferentemente en canales o frecuencias diferentes a las autorizadas, estas estaciones pueden cambiar de nombre y de frecuencia de operación diariamente. **Capítulo 4**



BIBLIOGRAFÍA

BARFIELD, R. H.

1987 Statical plotting methods for radiodirection-finding.

Vol. 94, Part IIIA.

BULL, J.R.

1990 A compact antenna array for direction-finding in the HF & VHF band.

Proc. Of the tactical communication conference.

Vol. I, Sec. Ed.

Indiana, U.S.A.

HAYKIN, S. y REILLY, J. P.

1992 Some aspects of array signal proc., part F.

New York, U.S.A.

THOMAS M. ECKELS y P. E. HATFIELD

2003 FM Blanketing Interference.

A case study of problems and solution for a typical high power FM station.

Seattle, Washington.

KABINDRA N. GHOSE

2005 Interference & Mitigation

Theory and application.

New York, U.S.A.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 Radiogoniómetro digital TRC8000.

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 ANT 194A - Antenne du bande V/UHF.

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 Catalogue antennes accessoires bandes I à V.

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 LG Esmeralda software (CMOS).

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 LG Esmeralda software (CMOS).

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 LG111 software (CMOS).

Colombes Cedex, Francia.

THOMSON-CSF COMMUNICATION

1999 LG102 software (CMOS).

Colombes Cedex, Francia.

CRIL TECHNOLOGY SYSTÈMES AVANCÉS

1999 Guía de la base de datos y Documentación ELLIPSE V 5.4.

Colombes Cedex, Francia.

CRIL TECHNOLOGY SYSTÈMES AVANCÉS

1999 Herramienta de gestión del espectro radioeléctrico ELLIPSE V 5.4 FMS.

Colombes Cedex, Francia.

DIRECCION GENERAL DE TELECOMUNICACIONES DEL MTC

1999 Proyecto: "Control del espectro radioeléctrico".

Lima, Perú.

VICEMINISTERIO DE COMUNICACIONES DEL MTC

1999 Estaciones de radiodifusión sonora.

Lima, Perú.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE LA REPÚBLICA

2004 Ley N° 28278: Ley de radio y televisión del Perú.

Lima, Perú.

NARDA AN L3 COMMUNICATION COMPANY

2001 Catalog 901, Spring 2001 edition, Wireless components, networks and instrument.

California, U.S.A.

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION

1981 Estimated field strength exceeded at 50% of the potential receiver location 50% of the time.

Washington-DC, U.S.A.

JAVIER TRIVIÑO

2003 Radio Mobile: Software para el análisis de redes y sistemas inalámbricos.

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

Bogota, Colombia.

MARCOS MARTÍN FERNÁNDEZ

2001 Modulaciones angulares.

<http://www.lmi.bwh.harvard.edu/papers/pdfs/2003/martin-fernandezCOURSE03g.pdf>

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

2002 UIT-R SM.854: Radiogoniometría y determinación de posición de señales en estaciones de comprobación técnica.

Ginebra, Suiza.

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

2001 UIT-R M.428: Radiogoniometría y radiorecalada.

Ginebra, Suiza.

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

1994 UIT-R SM 329-10: Emisiones no deseadas en el dominio no esencial.

Ginebra, Suiza.

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

1994 UIT-R SM.1268-1: Método de medición de la máxima desviación de frecuencia de las emisiones de radiodifusión a utilizar en las estaciones de comprobación técnica.

Ginebra, Suiza.



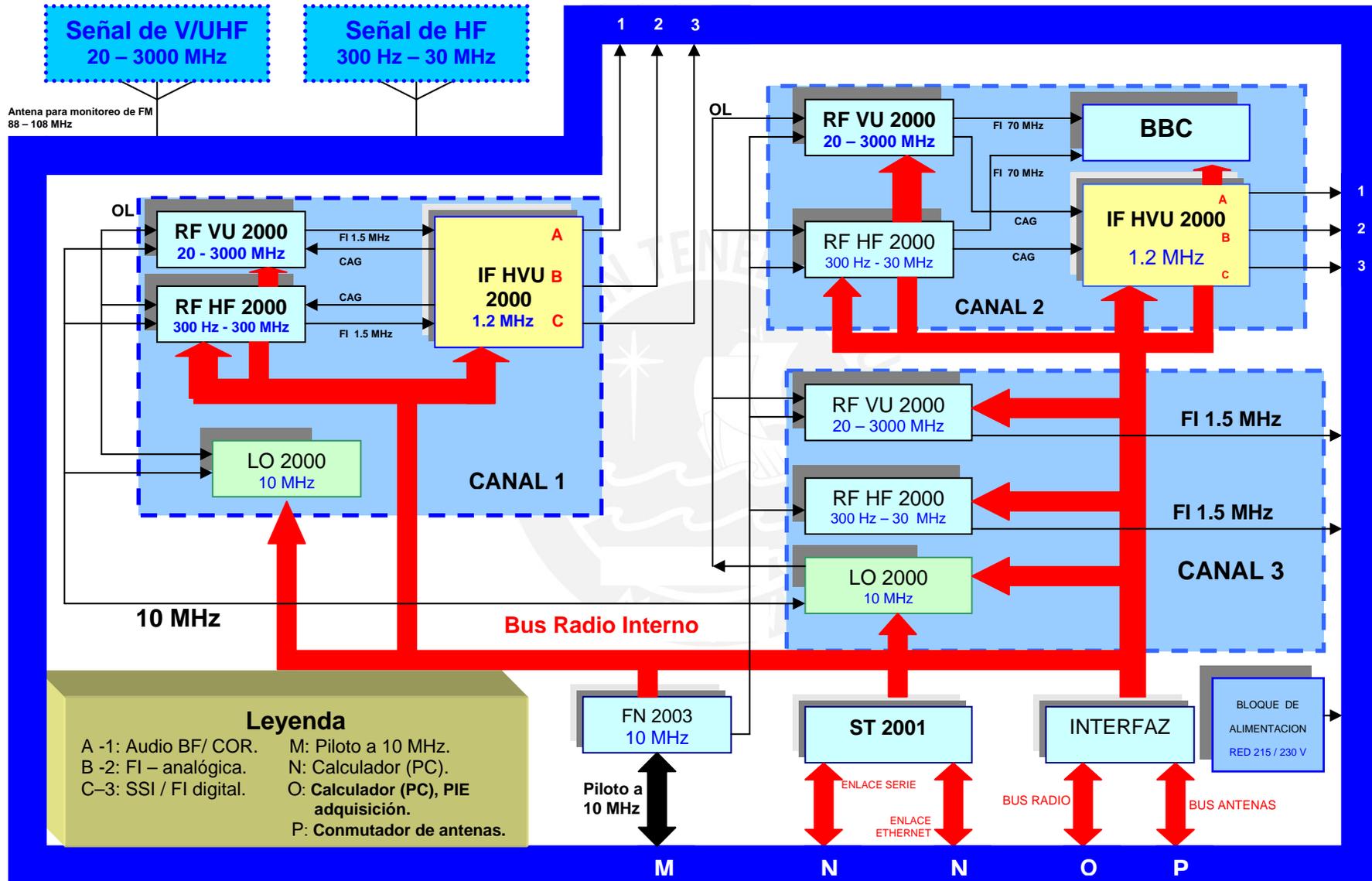


Figura 4.12 Interconexión de tarjetas: Esquema de Control del Receptor REC 108 H/V/UHF de 3 Canales