

T-UES

1504

H557d

1992

8.2.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



TRABAJO DE GRADUACION

“DISEÑO DE SISTEMAS DE RADIO Y TELEVISION”

PRESENTADO POR:

EDGAR ERNESTO HERNANDEZ PARADA

15101390

PARA OPTAR AL TITULO DE

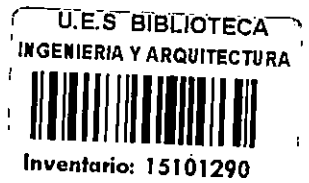
INGENIERO ELECTRICISTA

ENERO 1,992.



SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

Recibido, marzo 21/92



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA
SECRETARIO GENERAL : LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR
SECRETARIO : ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR : ING. SALVADOR DE JESUS GERMAN
SECRETARIO : ING. OSBALDO ADOLFO CAMPOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION

"DISEÑO DE SISTEMAS DE RADIO Y TELEVISION"

COORDINADOR : ING. JAIME  ANAYA HERNANDEZ

ASESOR : ING. JOSE HUBERTO  SHUL FLORES

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 18 de Octubre de 1991
en el local de la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica
a las 9:00 horas, con la presencia de las siguientes autoridades de la
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador.

- 1- Ing. Salvador de Jesús German
Director E.I.E.
- 2- Ing. Osbaldo Adolfo Campos
Secretario E.I.E.
- 3- Ing. Ricardo Ernesto Cortez
Director de Investigaciones E.I.E.

Firma

Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas
siguientes:

- 1- Ing. Raúl Armando Aparicio
- 2- Ing. Mario Juárez
- 3- Ing. Salvador Ramírez
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____

Firma
Escuela de Ingeniería Eléctrica

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de
Graduación: "DISEÑO DE SISTEMAS DE RADIO Y TELEVISION"

a cargo del (los) Br(es):

Edgar Ernesto Hernández Parada

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 7.5

(Siete punto cinco)

TRABAJO DEDICADO A :

DIOS TODO PODEROSO

A MIS PADRES :

JULIO CESAR HERNANDEZ MARTINEZ

CORINA DEL CARMEN PARADA DE HERNANDEZ

A MIS HERMANOS :

CESAR MARVIN HERNANDEZ

WILFREDO ENRIQUE HERNANDEZ

ANA YANIRA HERNANDEZ (Q.D.D.G.)

JULIO CESAR HERNANDEZ PARADA

A MIS TIOS :

CARLOS ALFONSO CUERNO

ISABEL MARTINEZ DE CUERNO

A MIS DEMAS FAMILIARES Y AMIGOS

EDGAR HERNANDEZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, deseo expresar mi agradecimiento a cada maestro e instructor que me dedicaron tiempo y esfuerzo a mi preparación académica. También al Ing. Mario Juarez por sus muchos y valiosos sugerencias durante el desarrollo de este trabajo. Finalmente, doy mi reconocimiento y gracias a Walter Rodriguez y Martín Palacios por la elaboración de los planos y el mecanografiado completo respectivamente.

EDGAR HERNANDEZ

PREFACIO

Los sistemas de comunicaciones se encuentran prácticamente por todas partes, siempre es necesario transmitir información de un punto a otro, de esto depende en cierta medida los factores sociales, culturales, técnicos y humanos, que posea un pueblo.

En el transcurso del progreso y desarrollo técnico de la humanidad, se han ideado muchos sistemas de comunicación, cada vez aumentando su distancia de transmisión de la "señal". La comunicación es una necesidad de la vida social, y los sistemas, como el teléfono, la radio y la televisión se han convertido en factores indispensables de la vida diaria.

En nuestro país se ha alcanzado un alto grado de desarrollo en los sistemas de comunicaciones. Pero aún así, falta mucho por hacer, ya que existen regiones que no tienen un medio de comunicarse, y los que poseen no son eficientemente utilizados.

La información teórica que se posee no es completa, y la enseñanza en este campo es limitada. Por esta razón, queremos hacer de este trabajo el principio del desarrollo didáctico del campo de las comunicaciones, demostrar que la "Ingeniería de comunicaciones" es una especialidad importante y vital en el desarrollo de los pueblos, y es hoy cuando más se necesita de ella.

Por lo tanto, el propósito de este trabajo es incentivar el desarrollo de las comunicaciones en el país, específicamente de los servicios de radiodifusión, la radio y la televisión, aclarando el funcionamiento y organización de tales sistemas.

RESUMEN DEL TRABAJO

Los sistemas de radio y televisión es un campo amplio e interesante, pero a la vez, poco conocido en sus componentes y elementos. Debido a esto, se detallan paso a paso, todo el proceso de comunicación empleado en la radiodifusión comercial, comenzando desde el sistema de comunicación general y básico, hasta concluir en los planos y especificaciones técnicas de una estación de transmisión de programas, ya sea para radio o para televisión.

El propósito de este trabajo, además de describir las distintas partes de los sistemas de radio y televisión, es de reconocer sus principios analíticos fundamentales, los problemas que conlleva su realización física y desarrollar criterios de selección de equipos para un amplio rango de aplicaciones.

El desarrollo del trabajo tiene como base la información bibliográfica obtenible, la cual es la base para la descripción analítica de los sistemas. También se han consultado libros específicos y manuales acerca de determinados temas, principalmente documentos proporcionados por la Administración Nacional de Telecomunicaciones. Finalmente, en la elaboración de los diseños, fueron de mucha importancia los catálogos de equipos y materiales, ya que contienen las especificaciones técnicas necesarias para su selección.

El fruto de todo el material tratado, es la elaboración de los planos de las distintas partes del sistema de transmisión de una estación de radio en FM y una televisión. También incluye la descripción de los materiales a usarse y la organización en la operación de dicha estación, para enviar al aire un programa radiodifundido. Además se hacen comentarios del proceso burocrático a seguir para obtener la licencia de comercialización de la estación de radiodifusión, y algunas bases legales a cumplir durante su ejecución.

En cuanto a los alcances logrados, se cubrió todo el material teórico necesario para la comprensión de todo el sistema de radio y televisión, pero no se cubrió a cabalidad los aspectos de diseño de una manera consisa, pero si de forma general y básica. Además, la parte que trata de televisión no se detalló mucho como se planeó originalmente.

INDICE

TITULOS	Paginas
CAPITULO I	
INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE COMUNICACION:	
RADIO Y TELEVISION	1
INTRODUCCION	1
1.1. Sistema de comunicación básico.	1
1.2. Modulación	3
1.3. Limitaciones fundamentales de la comunicación eléctrica.	5
1.4. Radiodifusión.	7
1.5. Tipos de servicios en la radiodifusión.	9
CONCLUSIONES	12
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	12
CAPITULO II	
SISTEMAS DE RADIO: AM Y FM	13
INTRODUCCION.	13
2.1. Modulación.	13
2.2. Modulación en amplitud.	15
2.2.1. Analisis de la señal AM.	16
2.2.2. Moduladores y transmisores de AM.	21
2.2.3. Conversión de frecuencia, detección y receptores de AM.	23
2.3. Modulación en frecuencia.	28
2.3.1. Análisis de la señal de FM.	29
2.3.2. Ancho de banda en FM.	37
2.3.3. Modulación de fase (PM).	40
2.3.4. Transmisores y receptores.	42
2.4. Modulación en frecuencia estereofónica.	49
CONCLUSIONES.	51
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	51
CAPITULO III	
SISTEMAS DE TELEVISION.	52
INTRODUCCION.	52
3.1. La señal de video.	52
3.1.1. El espectro de video.	55
3.1.2. Reducción y ancho de banda.	56
3.2. Transmisores y receptores de TV.	58
3.2.1. Transmisores.	59
3.2.2. Receptores.	60
3.3. La televisión a color.	61
3.3.1. Señales de luminancia y crominancia.	62
3.3.2. Sistema de multicanalización de crominancia.	63
CONCLUSIONES.	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	67

CAPITULO IV

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y ANTENAS

INTRODUCCION.	68
4.1. Líneas de transmisión.	68
4.1.1. La impedancia característica.	68
4.1.2. Razón de onda estacionaria.	71
4.1.3. Coeficiente de reflexión.	72
4.1.4. Pérdidas por atenuación.	73
4.1.5. Acoplamiento por medio de secciones de $1/4 \lambda$	75
4.2. Propagación de ondas.	75
4.2.1. Onda superficial.	76
4.2.2. Onda espacial.	78
4.3. Antenas y radiación.	79
4.3.1. Antena de dipolo corto.	83
4.3.2. Abertura útil o eficaz, directividad y ganancia.	88
4.4. Antena de AM.	90
4.4.1. Areas de cobertura primaria y secundaria.	91
4.4.2. Cartas de intensidad de campo en ondas superficiales.	93
4.4.3. Sintonización de la antena.	95
4.4.4. Protección contra rayos.	95
4.4.5. Señalización de la antena.	97
4.5. Antenas de FM.	97
4.5.1. Sistemas de antena de FM.	100
4.5.2. Polarización horizontal y vertical combinados.	100
4.6 Antenas para transmisión de televisión.	105
4.6.1. Tipos de antenas.	105
4.6.2. Tipos de antenas de VHF.	106
4.6.2.1. Antenas superturnstiles.	106
4.6.3. Terminales de antena.	107
4.6.4. Requerimientos de una antena de transmisión comercial.	107
4.6.4.1. Patrón azimutal.	107
4.6.4.2. Patrón horizontal.	107
4.6.4.3. Patrón vertical.	107
4.6.4.4. Ganancias.	107
4.6.5. Requerimientos de ganancias.	110
4.6.6. Inclinación del haz de radiación (BEAM TILT).	110
4.6.7. Capacidad de potencia.	110
4.6.8 Patrón de radiación vertical.	110
6. Transmisores de televisión.	111
CONCLUSIONES.	112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	112

CAPITULO V

EL ESTUDIO Y EL CUARTO DE CONTROL

INTRODUCCION.	113
5.1. Distribución de la estación de producción.	113
5.2. Atenuadores fijos.	114

5.3. Atenuadores variables.	121
5.4. Compensadores.	122
5.4.1 Compensadores de línea.	122
5.4.2. Compensadores de producción.	123
5.5. La consola de control.	124
5.6. El medidor VU.	126
5.7. Tecnología del sistema de audio.	128
5.8. Distribución de la estación transmisora.	130
5.9. El monitor de frecuencia para AM.	130
5.10. El monitor de modulación.	132
5.11. El monitor de modulación y frecuencia para FM.	133
5.12. Estación de radiodifusión de televisión.	134
5.12.1. Equipo de la estación transmisora.	135
CONCLUSIONES.	138
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	138

CAPITULO VI

FACTIBILIDAD TECNICA DE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

INTRODUCCION.	139
6.1 Consideraciones preliminares.	139
6.2. Generalidades.	141
6.3. La estación de producción.	142
6.3.1 El estudio.	142
6.3.2. El cuarto de control principal.	143
6.3.3. El cuarto de operación continua.	144
6.3.4. El cuarto de almacenamiento de discos y cintas.	146
6.4. La estación de transmisión.	147
6.4.1. El cuarto del transmisor.	147
6.4.2. La línea de transmisión.	148
6.4.3. El sistema radiador.	149
6.5. La estación de producción de televisión.	150
6.5.1. El estudio de TV.	150
6.5.2. El cuarto de control.	151
6.5.3. El cuarto de cinta de video.	152
6.5.4. El cuarto de almacenamiento de cintas.	153
6.6. La estación de transmisión de televisión.	153
CONCLUSIONES.	154
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	155

ANEXOS 155

ANEXO A

NORMAS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTACIONES DE RADIODIFUSION EN LA BANDA DE 535 A 1605 Hz.	156
---	-----

ANEXO B

NORMAS TECNICAS PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE ESTACIONES DE RADIODIFUSION SONORA EN LA BANDA DE 88 a 108 MHz. CON PORTADORA PRINCIPAL MODULADA EN FRECUENCIA.	193
--	-----

ANEXO C	
NORMAS TECNICAS PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSION TELEVISIVA EN LA BANDA DE 54 A 88 MHz Y DE 174 A 216 MHz.	232
ANEXO D	
POTENCIA REFLEJADA CONTRA INCIDENTE.	246
ANEXO E	
TABLA DE LONGITUD EN PIES PARA ALTURAS DE TORRES DE RADIODIFUSION EN AM.	247
ANEXO F	
DISTANCIA EN MILLAS PARA EL LUGAR DE RECEPCION Y ANGULOS DE DEPRESION PARA VARIAS ALTURAS DE ANTENAS DE FM.	250
ANEXO G	
DECIBELES ARRIBA Y ABAJO DEL NIVEL DE REFERENCIA DE 1mW PARA 600 OHMIOS	251
ANEXO H	
PRODUCTOS DE RADIODIFUSION	253

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Banda de RF utilizadas para radiodifusión en la Región 2. y algunas de la Región 1. marcadas con asterisco.	10
Tabla 3.1 Normas de televisión en Estados Unidos.	54
Tabla 4.1 Capacitancia e inductancia por pie para algunos tipos comunes de líneas de transmisión.	69
Tabla 4.2 Constante dieléctrica de materiales utilizados comúnmente.	70
Tabla 5.1 Datos de diseño para atenuadores fijos.	116
Tabla 5.2 Valores de razón de voltajes para una pérdida dada en decibeles.	117
Tabla 5.3 Valor de R1 para un circuito puente de 600 ohms.	120

LISTA DE FIGURAS

		Pagina
Figura 1.1	Los elementos de un sistema de comunicación..	2
Figura 1.2	El espectro electromagnetico..	6
Figura 1.3	Sistema de comunicación en la radiodifusion.	8
Figura 2.1	Formas de onda de AM. (a) $x(t)$; (b) $x_c(t)$ con $m < 1$; (c) $x_c(t)$ con $m > 1$	17
Figura 2.2	Espectro de AM..	19
Figura 2.3	Espectro de líneas de AM modulado por un tono.	20
Figura 2.4	Diagrama fasorial para AM con modulación de tono.	20
Figura 2.5	Modulador de conmutación de AM. (a) Circuito equivalente (b) Forma de onda de salida	22
Figura 2.6	Transmisor de AM con modulación de alto nivel.	22
Figura 2.7	Detección de envolvente. (a) Circuito; (b) Forma de onda.	24
Figura 2.8	Receptor superheterodino..	25
Figura 2.9	Características de respuesta en frecuencia de un superheterodino: (a) El amplificador de FI solo; (b) el mezclador y amplificador de FI; (c) el amplificador de RF solo; (d) el receptor completo.	26
Figura 2.10	Formas de onda de FM..	31
Figura 2.11	Espectro de líneas de FM, modulación de tono.	33
Figura 2.12	Funciones de Bessel de orden fijo graficadas contra el argumento β	33
Figura 2.13	Funciones de Bessel de argumento fijo graficadas contra n/β	34
Figura 2.14	Espectros de líneas de FM de tono modulado. (a) f_m fijo, $A_m f_m$ creciente; (b) $A_m f_m$ fija, f_m creciente..	35

35	Diagrama fasorial de FM para $\beta \ll 1$	Figura 2.15
36	Diagrama fasorial de FM para β arbitrario.	Figura 2.16
38	El número de pares de banda laterales significativas como una función de $\beta(\omega)$	Figura 2.17
43	FM directa empleando reactancia variable.	Figura 2.18
44	Modulador de fase de banda angosta.	Figura 2.19
46	Transmisor de FM.	Figura 2.20
46	Amplitud del ruido detectado para FM con filtraje de desacentuación.	Figura 2.21
47	Detección de pendiente en FM, circuitos v formas de onda.	Figura 2.22
48	Receptor superheterodino para FM.	Figura 2.23
49	Multicanalización de FM estereo. (a) Transmisor (b) espectro de banda base.	Figura 2.24
50	Receptor FM estereo multicanal.	Figura 2.25
53	Trama de exploración.	Figura 3.1
54	Forma de onda de video para una línea completa.	Figura 3.2
56	Celdas de resolución horizontal v vertical.	Figura 3.3
58	(a) Espectro de TV como se transmite; (b) forma de la banda lateral residual en el receptor.	Figura 3.4
59	Transmisor de TV.	Figura 3.5
60	Receptor de TV.	Figura 3.6
63	Vectores de colores primarios saturados. Fig.	Figura 3.7
64	Multicanalización de portadora en cuadratura.	Figura 3.8
65	Sistema de modulación de subportadora de color.	Figura 3.9
65	Sistema de demodulación de color.	Figura 3.10

Figura 4.1	Una carga acoplada debe tener impedancia igual a la impedancia característica de la línea de transmisión.	69
Figura 4.2	Valores de amplitud de onda estacionaria que varia con la distancia a lo largo de la línea.	71
Figura 4.3	Atenuación por 100 pies de cable para SWR=1.	74
Figura 4.4	Pérdida adicional provocada por varias razones de onda estacionaria	74
Figura 4.5	Sección de un cuarto de longitud de onda para aclopar impedancias iguales.	75
Figura 4.6	Variación de E con la distancia de ondas de superficie.	77
Figura 4.7	(a) Onda espacial sobre tierra plana (b) Onda espacial sobre tierra esférica.	78
Figura 4.8	Variación del campo E con la distancia D.	79
Figura 4.9	Representación de la antena como dispositivo de transición entre una impedancia de circuito y un campo de radiación.	80
Figura 4.10	(a) Diagrama de campo en sistema coordenado (b) Diagrama de potencia en coordenadas polares (c) Diagrama de antena con escala en dB.	81
Figura 4.11	(a) Antena de dipolo corto alimentada por una línea de transmisión de dos conductores (b) Su equivalente.	83
Figura 4.12	(a) Diagrama de campo tridimensional y (b) bidimensional de un dipolo corto.	85
Figura 4.13	Antena de mástil vertical eléctricamente corta sobre una tierra perfectamente conductora con su imagen.	87
Figura 4.14	Diagrama de potencia de antena con el máximo alineado en la dirección $\theta=0^\circ$	88
Figura 4.15	Patrones de radiación vertical para diferentes alturas de antena.	91
Figura 4.16	Carta de longitudes de onda e intensidad de campo efectivo.	92

Figura 4.17	Áreas de servicio de una estación de radiodifusión AM..	92
Figura 4.18	Intensidad de campo de la onda espacial...	93
Figura 4.19	Carta de intensidad de campo de onda superficial.	94
Figura 4.20	Unidad de sintonización de una antena.	95
Figura 4.21	Protección contra rayos para una torre AM.	96
Figura 4.22	Carta de intensidad de señal para estaciones de FM..	99
Figura 4.23	Antena de FM de tres secciones montadas lateralmente en la torre..	101
Figura 4.24	Patrón de radiación básica de un dipolo.	102
Figura 4.25	Componente horizontal de radiación retrasada del componente vertical en 90 grados eléctricos.	103
Figura 4.26	Polarización circular, E_H retrasa a E_V en 90°.	104
Figura 4.27	Polarización elíptica.	104
Figura 4.28	Patrones azimutales típicos, para varios tipos de antena de TV.	108
Figura 4.29	Ejemplos de patrones horizontales direccionales en uso corriente..	108
Figura 4.30	Cuatro patrones verticales..	109
Figura 5.1	Disposición de la estación de producción..	115
Figura 5.2	Notación para atenuadores usados para acoplar impedancias distintas.	116
Figura 5.3	Carta de pérdida mínima.	117
Figura 5.4	Uso del atenuador reducto para alimentar una línea de 150 ohms desde una fuente de 600 ohms..	119
Figura 5.5	Principios del atenuador de escalera..	121
Figura 5.6	Representación simplificada del compensador de línea..	123

Figura 5.7	Módulo de control típico para un canal individual..	124
Figura 5.8	Consola de doble canal que emplea circuitos transistorizados..	125
Figura 5.9	Circuito externo de un medidor VU normalizado.	127
Figura 5.10	Factor de corrección para el medidor VU a través de varias impedancias..	128
Figura 5.11	Sistema de audio típico para radiodifusión.	129
Figura 5.12	Disposición física de la estación de transmisión.	131
Figura 5.13	Monitor de frecuencia típico para AM.. . . .	132
Figura 5.14	Monitor de modulación de AM.	133
Figura 5.15	Monitores para radiodifusión en AM.. . . .	133
Figura 5.16	Esquema de bloques de una estación transmisora de TV simple..	136

CAPITULO I

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE COMUNICACION: RADIO Y TELEVISION

INTRODUCCION

La facilitación o el intercambio de pensamientos, opiniones o información, es una necesidad inherente en el hombre, y éste se vale de la comunicación para satisfacer dicha necesidad. Las formas modernas de las comunicaciones se llevan a cabo mediante la tecnología aplicada. En este caso, se tratará el sistema de comunicación radiodifundido, los cuales son los servicios más extendidos e importantes del mundo.

El propósito de este capítulo es doble: dar una descripción general de los sistemas de comunicación, enumerar sus elementos esenciales, sus funciones y problemas asociados, y situar los servicios de radiodifusión en el papel que desempeña para llevar a cabo la función del sistema de comunicación.

1.1. Sistema de comunicación básico.

La comunicación es el proceso por medio del cual la información se transfiere desde un punto llamado fuente, en espacio y tiempo, hasta otro punto que es el destino o usuario. Un sistema de comunicación es la totalidad de mecanismos que proporcionan el enlace para la información entre fuente y destino. Un sistema de comunicación eléctrico es aquel que ejecuta esta función principal, pero utilizando dispositivos y fenómenos eléctricos.

La información es la esencia de la comunicación. La manifestación física de la información como se produce en la fuente es el mensaje. De aquí en adelante se entenderán estos términos en forma matemática, aplicada a la tecnología de la comunicación.

Las fuentes de información pueden ser muchas clases: símbolos, letras, una magnitud física que varía en función del tiempo, etc. Pero sea cual fuere el mensaje, el objeto de un sistema de comunicación es proporcionar una réplica aceptable de él en su destino.

En forma general, el mensaje producido por una fuente no es eléctrico, y por lo tanto es necesario un transductor de entrada. Este transductor convierte el mensaje en una señal, una magnitud eléctrica variable, ya sea un voltaje o una corriente. De la misma forma, otro transductor en el destino convierte la señal de salida a la forma apropiada del mensaje.

La Figura 1.1. muestra los elementos funcionales de un sistema completo de comunicación. Se pueden apreciar los distintos elementos que lo forman, y a continuación se describirá cada uno de ellos.

Transmisor. El transmisor envía el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de señal. La más común e importante de estas operaciones es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

Canal de transmisión. El canal de transmisión o medio es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial o el aire, pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión eléctricos se caracterizan por la atenuación que puede ser pequeña o muy grande. Generalmente es grande, y por lo tanto, es un factor que debe ser considerado.

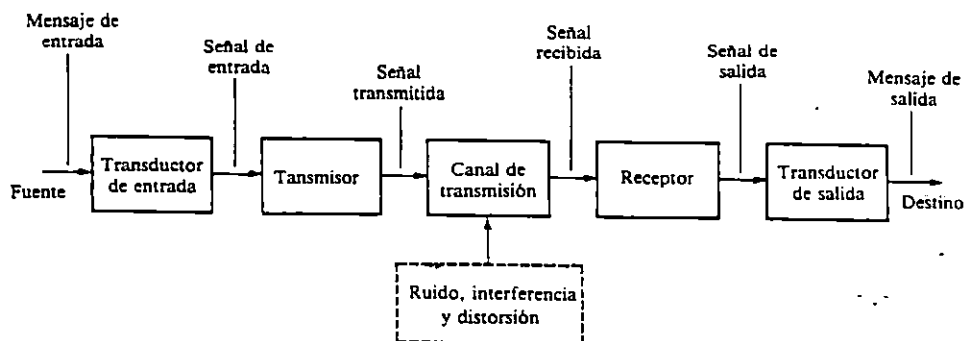


Fig. 1.1. Los elementos de un sistema de comunicación.

Receptor. El receptor extrae del canal la señal deseada y la entrega al transductor de salida. Ya que las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. La operación clave que se ejecuta en el receptor es la demodulación (o detección), el caso inverso del proceso de modulación en el transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.

Contaminantes. En la transmisión se dan ciertos efectos no deseados, uno de ellos es la atenuación, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, los más serios son la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales producen alteraciones en la forma de la señal.

Distorsión. Es la alteración de la señal debido a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse. El diseño de sistemas más perfeccionados y las redes de compensación reducen la distorsión. En teoría es posible lograr una compensación perfecta. En la práctica debe permitirse cierta distorsión, aunque su magnitud debe estar dentro de los límites tolerables.

Interferencia. Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de la interferencia se puede considerar como la eliminación de la señal interferente o su fuente, pero no siempre es una solución práctica.

Ruido. Son todas las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando se agregan a la señal la portadora de información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. El ruido no puede ser eliminado nunca completamente, ni aún en teoría, y constituye uno de los problemas básicos de la comunicación eléctrica.

1.2. Modulación

Modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo a la variación del mensaje o señal moduladora, y puede ser también una codificación. Esto se debe a que muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente por el canal, como salen del traductor. Por esta

razón se modifica una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de transmisión en cuestión para representar el mensaje.

Existen otras consideraciones que merecen más atención para ampliar la importancia de la modulación, a continuación se explican algunas de ellas.

Modulación por facilidad de radiación. La radiación eficiente de la energía electromagnética requiere de elementos radiadores (antenas) cuyas dimensiones físicas deben ser por lo menos de $1/10$ de longitud de onda de la señal modulada. Por ejemplo, considérese una señal con frecuencia del orden de los 100 Hz o menores, necesitan antenas de unos 300 km de longitud si se radiaran directamente. Si esta señal se modula, el tamaño de la antena se reducirá considerablemente. En la banda de radio de FM, las portadoras están en el intervalo de 88 a 108 MHz, y las antenas no son mayores de un metro.

Modulación para reducir el ruido y la interferencia. Existen ciertos tipos de modulación que tienen la útil propiedad de suprimir el ruido y la interferencia. Pero esto se logra por un cierto precio, generalmente se requiere de un ancho de transmisión (intervalo de frecuencia) mucho mayor que el de la señal original. Este convenio de ancho de banda para la reducción del ruido es uno de los más interesantes y a veces desventajosos aspectos del diseño de un sistema de comunicación.

Modulación por asignación de frecuencia. Es posible separar y seleccionar cualquier estación deseada, aún cuando transmitan simultáneamente sus programas, dado que cada una tiene asignada una frecuencia portadora diferente. Si no hubiera modulación, sólo operaría una estación en un área dada, de otro modo se produciría una mezcla inútil de señales interferentes.

Modulación por multicanalización. Existen técnicas de multicanalización, intrínsecas de modulación, que permiten la transmisión de señales múltiples en un solo canal, a fin de que cada señal pueda ser captada en el extremo receptor. La misión de FM estereofónica constituye un ejemplo de aplicación.

Modulación para superar las limitaciones del equipo. La modulación se puede usar para situar una señal en la parte del espectro de frecuencia donde las limitaciones del equipo sean mínimas o donde se encuentren más fácilmente los requisitos de diseño. Esto se aplica ya sea en los transmisores y en los receptores.

1.3. Limitaciones fundamentales de la comunicación eléctrica.

En todo diseño de un sistema de comunicación, el ingeniero afronta dos clases generales de restricciones: los factores tecnológicos, es decir los factores vitales de la ingeniería, y las limitaciones físicas fundamentales, impuestas por el propio sistema.

Los problemas tecnológicos son problemas de practicabilidad que incluye consideraciones tan diversas como disponibilidad del equipo, interacción con sistemas existentes, factores económicos, etc., problemas que pueden ser resueltos en teoría. Sin embargo, los problemas tecnológicos son las limitaciones que en última instancia rigen si pueden ser salvadas o no. Las limitaciones físicas fundamentales en las comunicaciones eléctricas son el ancho de banda y el ruido.

Limitaciones del ancho de banda. Una medida de la velocidad de la señales su ancho de banda. De igual forma, el régimen al cual puede un sistema cambiar su energía almacenada, se refleja en términos de su ancho de banda. La transmisión en tiempo real, el diseño deberá asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de la señal incrementándose el tiempo de transmisión. Debe recalcar también que el diseño del equipo no es tanto un problema de ancho de banda absoluto o fraccionario, o sea, el ancho de banda absoluto dividido entre la frecuencia central. Si con una señal de banda fraccional y con ello se simplifica el diseño del equipo. Esta es la causa de porqué en señales de TV cuyo ancho de banda es de 6 MHz se emiten sobre portadoras mucho mayores que en la transmisión de AM, donde el ancho de banda es de 10 KHz.

La Figura 1.2. muestra las porciones del espectro electromagnético en uso o potencialmente disponible para la comunicación eléctrica. También se indican las aplicaciones representativas y los medios de transmisión.

Limitaciones de ruido. El éxito de la comunicación eléctrica depende de la exactitud con que el receptor pueda determinar cual es la señal realmente transmitida, diferenciándola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal solo es posible en ausencia del ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre y los sistemas eléctricos y sus perturbaciones limitan la habilidad de identificar correctamente la señal de interés. Si las variaciones de la

señal son mayores, por ejemplo de varios voltios de pico a pico, el ruido puede ser despreciable. Pero en sistemas de potencia mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más.

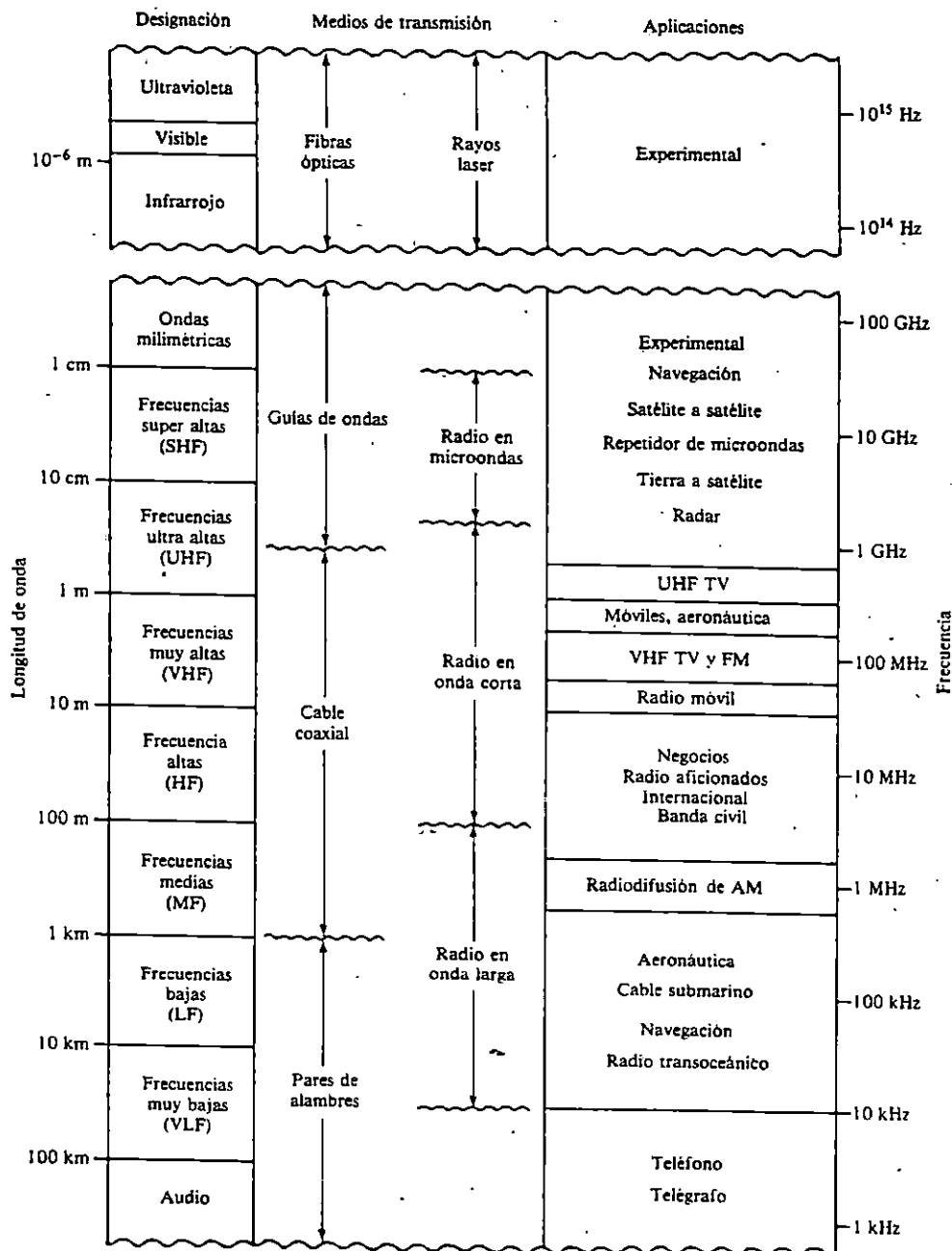


Fig. 1.2. El espectro electromagnético.

Reducir el ruido no es tarea fácil, por ejemplo, añadir pasos de amplificación en el receptor no se resuelve nada; el ruido se aplicará junto con la señal a ruido por medio de técnicas de modulación. Generalmente la técnica más efectiva es la más costosa y difícil de instrumentar.

En conclusión, con un sistema de ancho de banda y relación de señal a ruido fijos, existe un límite superior definido, conocido con el nombre de "capacidad" de información. Ya que la capacidad es finita, el diseño del sistema de comunicación es un asunto de compromiso, un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido; compromiso muy restringido por los factores tecnológicos.

1.4. Radiodifusión.

La radiodifusión es uno de los sistemas de comunicaciones más antiguos y extendidos que existen, además es uno de los servicios más importantes, debido a que a él tiene acceso la gran mayoría de la población.

Radiodifusión ("broadcasting" en inglés) es la transmisión de programas, ya sean sonoros (radiofónicos) y de imágenes en movimiento (televisión), por medio de sistemas de comunicaciones radioeléctricos, cuyas emisiones están destinadas a la recepción por el público.

La parte técnica (es decir, excluyendo los aspectos artísticos, informativos o de otra índole, relacionados con el contenido del programa) de los sistemas de radiodifusión comprenden dos áreas: el área de producción de programas y el área del sistema de comunicación destinados a la transmisión de los programas.

El servicio de radiodifusión se presta por medio de sistemas unidireccionales, que transmiten los programas desde los centros de producción hasta los receptores de los radioescuchas o televidentes. El sistema de comunicación aplicado a la radiodifusión toma el aspecto de la Figura 1.3. Se puede notar las secciones asociadas con la generación y envío de la información, el medio de propagación (de tipo radioeléctrico) y la recepción de la señal y recuperación de información.

El bloque "producción de programas" comprenden estudios, técnicas de tomas en exteriores, grabaciones y otros aspectos similares, que en conjunto forman problemas de arquitectura, iluminación, energía y otros, además de los aspectos propios de la comunicación eléctrica, como técnicas de sonido, de

imagen, producción de efectos especiales, etc.

El punto donde se genera el programa se encuentra relativamente lejos del transmisor con un sistema radiante, por lo que se necesita un "enlace estudio-planta", el cual es un sistema auxiliar, de tipo punto a punto. Generalmente, este enlace estudio-planta se realiza por medios radioeléctricos, pero también puede ser por medio de líneas físicas.

En cuanto al medio de transmisión, cabe notar la diferencia entre los sistemas de antena transmisora y receptora, debido a las diferentes funciones que deben llenar. La antena transmisora es de tipo profesional y debe lanzar ondas electromagnéticas que puedan llegar a todos los

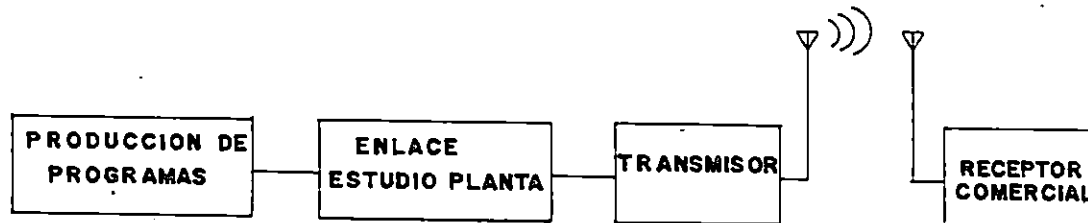


Fig. 1.3. Sistema de comunicación en la radiodifusión.

puntos donde potencialmente pueda estar un radioreceptor que se desee servir. La antena receptora en cambio, deberá tener dimensiones y costos que resulten prácticos para el público; por eso son pequeñas o a lo sumo de tamaño mediano. Se debe recordar que además de la señal deseada existen señales indeseables, debidas a emisiones y radiaciones ajenas al programa, pero que, debido a que tienen componentes en la misma banda de RF, aparecen en la salida del receptor como disturbios que afectan y hasta pueden volver imposible la comunicación. Estos disturbios son diafonías que reciben distintos nombres según la causa que los origina, por ejemplo, ruido estelar, ruido atmosférico, ruido de la ciudad, interferencias de otras comunicaciones, etc.

El receptor comercial a menudo lleva incorporada la antena receptora, puede recibir distintas transmisiones pero solo trabaja con uno a la vez. Tal receptor es llamado, "aparato de radio" en la radiodifusión sonora, y "televisor", en

televisión. Por su carácter de electrodoméstico, así como para hacer posible que pueda captar las distintas transmisiones, es necesario que se construyan con características altamente normalizadas; en particular, el receptor con su antena deberá funcionar con una calidad aceptable con distintos valores de potencia del campo electromagnético, dentro de un rango normalizado.

1.5. Tipos de servicios en la radiodifusión.

Los tipos de servicios ofrecidos en radiodifusión se pueden clasificar en base a dos criterios diferentes: según las características del sistema de comunicación y según la extensión del área de servicios.

Según las características del sistema de comunicación, se tienen diferentes elementos, cada uno de los cuales permite una clasificación, estos son: características de la información, proceso de modulación, banda de RF. En la práctica los dos primeros elementos forman "tipos básicos", que son una reseña histórica de los servicios ofrecidos, separando los de radiodifusión sonora de los de televisión, se tienen los siguientes tipos:

- a) Radiodifusión sonora:
 - 1. Servicio normal en AM
 - 2. Servicio de alta fidelidad en FM
 - 3. Servicio estereofónico en FM

- b) Televisión:
 - 1. TV en blanco y negro
 - 2. TV a colores
 - 3. TV a colores con audio estereofónico

La radiodifusión es un servicio público (aunque puede ser proporcionado por empresas privadas) en donde todos los receptores de una región deben recibir cualquier radiodifusora que emita para dicha región, por lo tanto es necesario que se unifiquen los valores numéricos de los parámetros que caracterizan la transmisión. Esta exigencia se ha cumplido, prácticamente, a nivel mundial para los servicios más antiguos. Pero en los servicios más sofisticados propuestos recientemente, no siempre se ha logrado la uniformidad de normas a nivel mundial, sino que solo a nivel nacional o regional.

Las gamas de frecuencia que se han explotado para la radiodifusión tienen diferencias según la región que se trate. En la Tabla 1.1. se dan gamas que rigen la Región 2 y se indican algunas bandas de la Región 1 que tienen interés mundial por tratarse de servicios de larga distancia por ondas espaciales que se pueden captar en las demás regiones.

Tabla 1.1. Banda de RF utilizadas para radiodifusión en la Región 2, y algunas de la Región 1 marcadas con asterisco.

Designación	Rango
Onda larga (ondas kilométricas) banda	150 a 285 kHz*
Onda media (ondas hectométricas) banda	535 a 1605 kHz 525 a 1605 kHz*
Onda Corta (ondas decamétricas o HF)	
banda de 2 MHz ó 120 m	2.30 a 2.495 MHz
banda de 3 MHz ó 90 m	3.20 a 3.40 MHz
banda de 4 MHz	4.75 a 4.85 MHz
banda de 5 MHz ó 60 m	5.005 a 5.06 MHz
banda de 6 MHz ó 49 m	5.95 a 6.20 MHz
banda de 7 MHz	7.10 a 7.30 MHz*
banda de 9 MHz ó 31 m	9.50 a 9.775 MHz
banda de 11 MHz ó 25 m	11.70 a 11.975 MHz
banda de 15 MHz ó 19 m	15.10 a 15.45 MHz
banda de 17 MHz ó 16 m	17.70 a 17.90 MHz
banda de 21 MHz ó 13 m	21.45 a 21.75 MHz
banda de 26 MHz ó 11 m	25.60 a 26.10 MHz
Onda ultracorta o VHF (ondas métricas)	
banda	54 a 73 MHz
banda	41 a 68 MHz*
banda	76 a 88 MHz
banda	88 a 108 MHz
banda	75.4 a 108 MHz*
banda	174 a 216 MHz
Ondas decimétricas o UHF banda	470 a 890 MHz

Con respecto a la extensión de la zona que se le da servicio, se distingue entre una clasificación por emisora y otra por red. La clasificación por emisora no es más que la

definición del área de servicio de la misma(o área a proteger) la que depende de la potencia radiada y del sistema de antena. La clasificación por red se basa en la manera que se utiliza para cubrir la región de interés, ya sea por medio de una red monoemisora, de una red sincronizada o de una cadena.

Las radiodifusoras se clasifican por su alcance en categorías o grupos previstos por las regulaciones de las autoridades de cada país. Generalmente, se tiene un grupo de estaciones locales, que sirven una ciudad y alrededores, y otros grupos cada vez más extensos. A cada grupo se le autorizan valores de potencia radiada dentro de ciertos rangos, de acuerdo a la extensión del área de servicio correspondiente.

La cobertura de la zona de interés por medio de una red compleja, utilizando varios radiodifusores puede hacerse con dos métodos diametralmente opuestos, que son: red de pocas emisoras de gran potencia, y red de gran número de emisoras de poca potencia.

El primer método es utilizado normalmente en la Región 2, sobre todo en Centro América. La red dispone de pocas emisoras, lejanas entre sí, que transmiten con altos valores de potencia radiada, utilizando sistemas de antena poco directivos. Tiene la ventaja de reducir el costo de operación y mantenimiento, así como de lograr un mejor aprovechamiento del espectro de radiofrecuencias. Entre las desventajas están la de no cubrir con la misma calidad toda la región de interés, provocando zonas de penumbra o de condiciones precarias de recepción, fácilmente sujetas a interferencia, y una falla en una estación deja sin servicio una gran cantidad de usuarios.

El segundo método es muy utilizado en Europa Occidental, especialmente por las grandes potencias que disponen de fuertes capitales. En estas redes, se tiene un gran número de emisoras situadas no muy lejos una de otra, emitiendo con poca potencia y con sistemas directivos de antenas, con buena uniformidad en pequeñas áreas de servicio. Como desventaja se tiene el alto costo de inversión y de operación, y el uso de una gran cantidad de frecuencias. En este tipo de red, dada la alta calidad que se pretende en el servicio, se pueden instalar sistemas en paralelo para fines de protección por diversidad. Además, para el buen manejo de la red, se dispone de un centro de distribución en donde convergen las señales de cualquier estudio que se desea utilizar; una vez recibida la señal, el programa se distribuye como si el estudio estuviera en el centro de distribución.

CONCLUSIONES

- Tiene una visión muy buena del desarrollo posterior del trabajo de graduación; o sea es un capítulo de ubicación del lector para ahondarlo en los Sistemas de comunicación, sus fundamentos y desarrollo.
- Se trató de dar a conocer conceptos fundamentales que se necesitan saber para tener una idea muy general del trabajo.
- En todo diseño de comunicación se afrontan 2 clases generales de restricciones: los factores tecnológicos y factores físicos.
- Se generalizó a los dos medios de radiodifusión tratados: Sonoro y Visual.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carlson, A. Bruce, Sistemas de Comunicación, México, McGraw Hill, 1987.
- Carrillo, Juan Antonio, Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Eléctricas. Universidad Centroamericana José Simeon Cañas, 1989.
- Lafhi, B.P., Sistemas de Comunicación, México, Nueva Editorial Interamericana, S.A., 1984.

CAPITULO II

SISTEMAS DE RADIO: AM Y FM

INTRODUCCION.

El principal procesamiento que se hace al mensaje en la radiodifusión es la modulación. Por lo tanto en este capítulo se hace una clasificación general de los distintos tipos de modulación, y posteriormente, se analizan dos tipos de modulación usados en la radiodifusión: la modulación en amplitud y la modulación en frecuencia, incluyendo sus variaciones.

La finalidad de este capítulo es explicar analíticamente las formas de onda, espectros, métodos de detección, transmisores y receptores, de modo que se comprendan las ventajas y limitaciones de los servicios de AM y FM.

2.1. Modulación.

La modulación es alteración sistemática de una forma de onda, conocida como portadora, de acuerdo con las características de otra forma de onda, la señal moduladora o mensaje. La meta fundamental es producir una onda modulada que conduzca información, cuyas propiedades sean las más adecuadas al trabajo de comunicación dado.

El éxito de un sistema de comunicación en una misión determinada depende en gran parte de la modulación, tan es así que el tipo de modulación es una decisión alrededor de la cual gravita el diseño del sistema y por esta razón muchas técnicas de modulación han evolucionado y cubierto diversas tareas y requisitos de muchos sistemas.

A pesar de la multitud de variedades, es posible identificar dos tipos básicos de modulación en relación a la clase de onda portadora: modulación de onda continua (CW), en la cual la portadora es simplemente una forma de onda sinusoidal, y la modulación de pulsos, en la cual la portadora es un tren periódico de pulsos.

La modulación de onda continúa se adapta a señales que están variando con el tiempo. Por lo general, la portadora senoidal es de mayor frecuencia que cualquiera de las componentes de frecuencia contenidas en la señal moduladora. El proceso de modulación se caracteriza por una traslación de frecuencia, es decir, el espectro del mensaje (su contenido de frecuencia) se corre hacia arriba a otra banda de mayor frecuencia.

La modulación de pulsos es un proceso discontinuo o discreto, en el sentido de que los pulsos aparecen solo en ciertos intervalos de tiempo. Por eso la modulación de pulsos se adapta mejor a los mensajes que son discretos por naturaleza. Con la ayuda del muestreo, las señales que varían continuamente pueden ser transmitidas sobre portadoras pulsadas.

Otra clasificación, debido a la implementación con éxito de la moderna tecnología, designa a la modulación como analógica o codificada (digital), la cual se aplica a sistemas más complejos que emplean ambas técnicas (modulación de CW y pulsada). La diferencia entre analógica y digital es la siguiente: en la modulación analógica, el parámetro modulado varía en razón directa a la señal modulada. En la modulación codificada, ocurre una transformación digital, por medio de la cual el mensaje se cambia de un lenguaje simbólico a otro.

La modulación de onda continúa se divide en dos tipos: la modulación lineal y la modulación exponencial. La modulación lineal es en esencia, la traslación directa de frecuencia del espectro del mensaje, al ancho de banda de transmisión nunca excede en dos veces la del mensaje.

La modulación lineal a su vez se divide en cuatro grupos principales: la modulación de doble banda lateral (DSB), modulación en amplitud convencional (AM), modulación de banda lateral única (SSB) y modulación de banda lateral residual (VSB). Cada uno de estas variantes tiene sus propias ventajas expresas y sus aplicaciones prácticas significativas.

La modulación exponencial es un proceso no lineal; por lo que, no debe sorprender que el espectro modulado no esté relacionado con el espectro del mensaje de una manera sencilla, más aún, resulta que el ancho de banda de transmisión es casi siempre mayor que el doble de ancho de banda del mensaje. Mientras que existen muchas formas posibles de modulación exponencial, sólo dos han demostrado ser prácticos, la modulación de frecuencia (FM) y la modulación de fase (PM).

En FM la frecuencia de la onda modulada varía de acuerdo con la forma de onda del mensaje. La señal modulada es, por lo tanto, proporcional al intervalo de variación de frecuencia, conocido como desviación, y se puede incrementar la potencia de la señal de salida incrementando la desviación. Debido a que se modula en frecuencia, la amplitud de la portadora permanece constante, y se produce una mejoría en la salida sin necesidad de incrementar la potencia de transmisión. Sin embargo, una desviación de frecuencia mayor requiere un ancho de banda de transmisión mayor. Existen dos casos especiales de FM, correspondientes a valores muy pequeños o muy grandes de la relación de desviación, se les han dado los nombres característicos de FM de banda angosta (NBFM) y FM de banda ancha (WBFM).

En lo que resta de este trabajo, se tratará de la modulación usada en el servicio de radiodifusión. Históricamente, el primer tipo de modulación en desarrollarse fue la modulación de amplitud convencional, la familiar AM de radiodifusión normal, y debido a esto se la reserva el término de modulación en amplitud a este tipo específico.

2.2. Modulación en amplitud.

La radiodifusión sonora convencional o "normal" con modulación de amplitud y transmisión en onda media (MF) corresponde al primer tipo de servicio puesto en operación. Sus principales especificaciones de sistemas son las siguientes:

Ancho de banda de la moduladora:	5 kHz
Sistemas de modulación:	AM-DSB
Máximo índice de modulación:	85%
Gama de RF:	535 a 1 605 kHz
Ancho de banda del canal de RF:	10 kHz
Tipo de emisión:	A3E
Tolerancia de la portadora de RF:	10 Hz
Potencial radiada:	hasta algunas decenas de kW
Tipo de onda:	superficial
Polarización de las ondas:	vertical
Intensidad de campo mínima:	500 uV/m

El tipo de emisión A3E corresponde a una clasificación de las emisiones que se encuentran en el Reglamento

Internacional de Radiocomunicaciones, y significa: modulación AM, doble banda lateral, un canal con información analógica, radiodifusión sonora. Debido a que la potencia radiada real cambia constantemente con la profundidad de modulación instantánea; para poderla definir con precisión, se acordó tomar el valor de potencia radiada en ausencia de modulación.

El ancho de banda de cada canal RF es el requerido por el sistema de modulación por tal motivo, en una misma zona se deberá cumplir con el requisito:

$$\text{separación entre portadoras RF} \geq 10 \text{ kHz}$$

Anteriormente, se asignaban frecuencias con cierto desorden, procurando que se cumpliera únicamente con el requisito anterior. Debido a la creciente demanda de radiofrecuencias, se ha normalizado la distribución de los canales, a fin de explorar la banda más racionalmente, imponiendo que las portadoras adyacentes estén separadas exactamente por 10 kHz.

La potencia radiada por cada estación depende del área de servicio que se desee cubrir. Se recomienda que las autoridades competentes tengan una reglamentación de este aspecto y vigilen su cumplimiento.

2.2.1. Análisis de la señal AM.

En el análisis de señales que se tratará a continuación se designa al mensaje como $x(t)$, y tendrá una banda limitada W conocida como ancho de banda del mensaje. En algunas ocasiones, el análisis con una $x(t)$ arbitraria será muy difícil sino imposible. Para tales situaciones se recurrirá a alguna señal moduladora específica como la simple senoide:

$$x(t) = A \cdot \cos 2\pi f_c t \quad A \leq 1, f_c \geq W \quad (2.1)$$

la cual se conoce como modulación de tono. Los tonos son a menudo las únicas señales fáciles de manejar en problemas complejos, facilitan el cálculo de espectros, potencias promedio, etc. que de otra manera serían prohibitivos.

El carácter distinto de la AM radica en que la envolvente de la portadora modula tiene la misma forma que la señal del mensaje. Esto se logra agregando el mensaje, en la proporción adecuada, a la portadora no modulada. Por lo tanto, la señal modulada es:

$$\begin{aligned}
 x_c(t) &= A_c \cos \omega_c t + m x(t) A_c \cos \omega_c t \\
 &= A_c [1 + m x(t)] \cos \omega_c t
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

donde $A_c \cos \omega_c t$ es la portadora no modulada, $f_c = \omega_c / 2\pi$ es la frecuencia portadora, y la constante m se conoce como índice de modulación. Ya que A_c es la amplitud de la portadora no modulada, se tiene que la amplitud modulada es una función lineal del mensaje, es decir:

$$A_c(t) = A_c [1 + m x(t)]$$

lo que aclara el significado de modulación en amplitud.

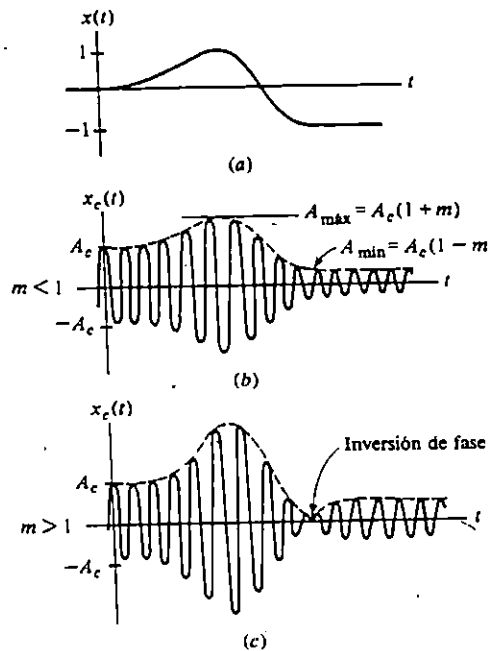


Fig. 2.1. Formas de onda de AM. (a) $x(t)$; (b) $x_c(t)$ con $m < 1$; (c) $x_c(t)$ con $m > 1$.

La Figura 2.1. muestra una porción de la señal moduladora y la señal modulada resultante de AM para dos valores de m . La envolvente tiene la forma de $x(t)$ siempre y cuando la

frecuencia portadora sea mucho mayor que la rapidez de variación de $x(t)$, de otra forma no se puede visualizar su envolvente y no hay inversiones de fase en la onda modulada, o sea, la amplitud de $A_c [1 + mx(t)]$ no se hace negativa así se conserva la relación deseada entre la envolvente y la señal moduladora:

$$f_c \gg W \quad \text{y} \quad m \leq 1 \quad (2.3)$$

Lo último procede de que $|x(t)| \leq 1$ por convención.

La condición $m \leq 1$ fija un límite superior de intensidad a que se puede modular la portadora. Con $m=1$, conocido como modulación al cien por ciento, la amplitud de la señal modulada varía entre 0 y $2A_c$. Con $m > 1$ ocasiona inversión de fase en la portadora, lo cual es llamado sobremodulación y provoca distorsión de envolvente.

La transformada de Fourier de la señal de AM es:

$$X_c(f) = \frac{A_c}{2} [\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c)] + \frac{mA_c}{2} [X_{(f-f_c)} + X_{(f+f_c)}] \quad (2.4)$$

La Figura 2.2. muestra el espectro de la ecuación (2.4) y está formada por el espectro de la señal moduladora trasladada y un par de impulsos en $\pm f_c$ representando a la portadora. Se debe notar también dos propiedades importantes del espectro de AM:

1. Existe simetría en relación con la frecuencia portadora, siendo la amplitud par y la fase impar. La porción del espectro encima de f_c se conoce como banda lateral superior, y que está por debajo de f_c es la banda lateral inferior, de esto proviene la designación de modulación en amplitud de doble banda lateral.

2. El ancho de banda de transmisión B_T es exactamente dos veces el ancho de banda de la señal moduladora, o sea:

$$B_T = 2W \quad (2.5)$$

El ancho de banda de transmisión es uno de los parámetros característicos de los tipos de modulación; otro parámetro importante es la potencia de transmisión promedio de la onda modulada, la cual se expresa como:

$$S_T = (1 + m^2 \overline{x^2}) A_c^2 / 2 \quad (2.6)$$

La ecuación (2.6) tiene una interpretación interesante con relación al espectro de AM.

lo cual expresa que por lo menos el 50% de la potencia transmitida total reside en la portadora. De la ecuación (2.2) se observa que el término portadora es independiente del mensaje y no contiene ninguna información. Por lo que se concluye que una porción sustancial de la potencia S_t transmitida se "desperdicia" en la propia portadora. Más adelante se verá que la verdadera modulación de envoltente, y la sencillez de la detección de envoltente depende de esta potencia desperdiciada.

$$P_c = S - 2P_{bb} \approx \frac{1}{2} S_t \quad (2.7)$$

El límite superior de P_{bb} procede de $m^2 x^2 \leq 1$. O sea:

$$P_{bb} = \frac{m^2 x^2 P_c}{2} \leq \frac{1}{2} P_c$$

y la potencia por cada banda lateral:

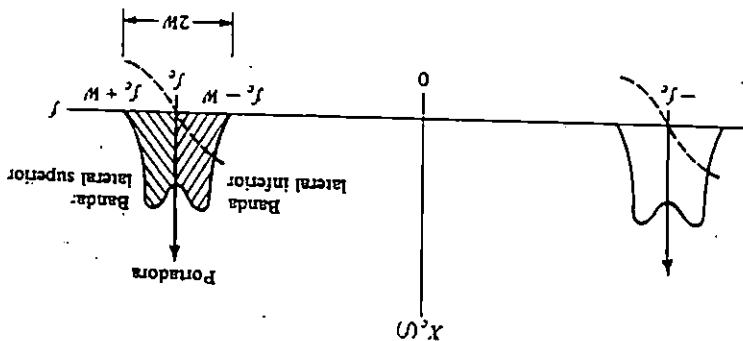
$$P_c = \frac{1}{2} A_c^2$$

donde la potencia de la portadora es:

$$S_t = \frac{A_c^2}{2} + m^2 x^2 \frac{A_c^2}{2} = P_c + 2P_{bb}$$

A partir de la figura 2.2., S_t incluye la potencia de la componente de frecuencia de la portadora más dos bandas laterales simétricas. En consecuencia:

Fig. 2.2. Espectro de AM.



Para estudiar el comportamiento de la AM en una señal moduladora, se considerará el caso de la modulación de tono. Haciendo $x(t) = A_m \cos 2\pi f_m t$ se tiene la forma de onda de AM de tono modulado:

$$\begin{aligned}
 x_c(t) &= A_c(1 + m A_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \\
 &= A_c \cos \omega_c t + \frac{m A_m A_c}{2} [\cos(\omega_c - \omega_m)t + \cos(\omega_c + \omega_m)t] \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

en la Figura 2.3. se muestra el correspondiente espectro de líneas.

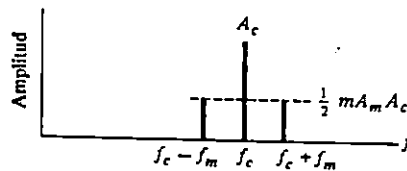


Fig. 2.3. Espectro de líneas de AM modulado por un tono.

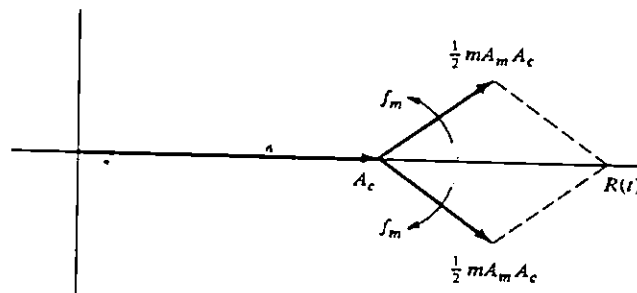


Fig. 2.4. Diagrama fasorial para AM con modulación de tono.

Con la modulación de tono, una onda de AM se puede considerar como una suma de fasores, uno por cada línea espectral. En la Figura 2.4. se muestra una manera especialmente informativa para la construcción del diagrama, donde los fasores correspondientes a cada banda lateral se agregan al extremo fesor portadora. Puesto que el fesor portadora gira a f_c Hz, los fasores de las bandas laterales giran a velocidades de $\pm f_m$ en relación con la portadora. Se debe notar que mientras las líneas de las bandas laterales son iguales y de fase correctas, la resultante de los fasores de las bandas laterales son colineales con el fesor de la portadora. Además, la magnitud de la resultante es la envolvente $R(t)$.

Esta observación conduce a una forma simple de estudiar de una manera cualitativa los efectos de las imperfecciones de transmisión, de la interferencia, etc.

2.2.2 Moduladores y transmisores de AM.

La finalidad principal del transmisor es la de trasladar en banda la señal de AM a transmitirse por medio de la modulación, hacia la gama correspondiente al canal de RF asignado. Por lo tanto, las funciones esenciales de los equipos de radiodifusión son las siguientes:

1. Limitación de la señal a transmitirse en amplitud y frecuencia
2. Generación de la portadora de RF
3. Modulación
4. Amplificación de la señal modulada
5. Limitación de la banda RF mediante un filtro pasa banda

El modulador debe ser variable con el tiempo o no lineal, para que pueda generar una onda de AM que no tenga otras componentes de frecuencia. Para el servicio de radiodifusión, los moduladores deben ser de alto nivel ya que S_r es muy grande.

El modulador de conmutación es una de los más usados y eficientes moduladores de alto nivel. Este es básicamente un amplificador clase C modulado con suministro de voltaje, el cual logra la conmutación por medio de un dispositivo activo de conmutación, su circuito equivalente y su forma de onda se muestra en la Figura 2.5.

El dispositivo activo, un tubo al vacío o un transistor, se utiliza como un conmutador impulsado a la frecuencia

portadora, cerrando brevemente cada $1/f_c$. La carga es un circuito tanque, y se sintoniza para resonar a f_c , la cual hace que el circuito "oscile" en forma senoidal con la acción de conmutación.

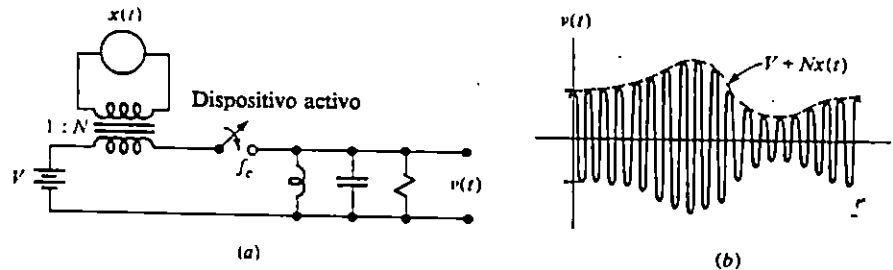


Fig. 2.5. Modulator de conmutación de AM. (a) Circuito equivalente (b) forma de onda de salida.

El voltaje en la carga de estado permanente en ausencia de modulación es $v(t) = V \cos \omega_c t$. Al agregar la señal moduladora a la fuente de voltaje, por medio del transformador, se tiene $v(t) = [V + Nx(t)] \cos \omega_c t$, donde N es la relación de vueltas transformador. Si V y N se proporcionan en forma correcta, se logra la modulación deseada sin una generación apreciable de componentes indeseables.

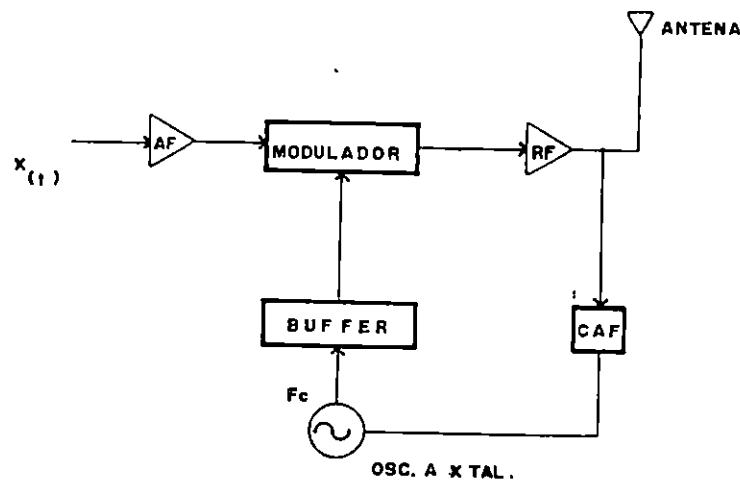


Fig. 2.6. Transmisor de AM con modulación de alto nivel.

La Figura 2.6. muestra el diagrama esquemático de un transmisor completo de AM para el caso de modulación de alto nivel. La onda portadora se genera por medio de un oscilador controlado a cristal, para asegurar la estabilidad de la frecuencia portadora. El "buffer" se utiliza para aislar al oscilador y evitar que represente una carga variable para el otro, lo que podría modificar el punto de trabajo. El control automático de frecuencia (CAF) garantiza que la transmisión tenga lugar dentro de los límites de frecuencia del canal RF. Ya que la modulación de alto nivel demanda señales de entrada potentes, tanto la portadora como la señal moduladora se amplifican antes de la modulación. La señal modulada se entrega luego directamente a la antena.

2.2.3. Conversión de frecuencia, detección y receptores de AM.

La modulación lineal es principalmente una traslación de frecuencia directa del espectro del mensaje. La demodulación o detección, el proceso en el receptor, por medio del cual se recupera el mensaje, de la señal modulada. La traslación de frecuencia, o conversión se emplea para desplazar la señal modulada a otra nueva frecuencia portadora (arriba o abajo) para procesarla con mayor eficacia.

La conversión se efectúa, en forma analítica, al multiplicar por una senoide. Considerese, como ejemplo, la señal $x(t)\cos\omega_1 t$, al multiplicar por $\omega_2 t$, se obtiene:

$$x(t)\cos\omega_1 t \cos\omega_2 t = \frac{1}{2}x(t)\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \frac{1}{2}x(t)\cos(\omega_1 - \omega_2)t$$

El producto está compuesto de las frecuencias suma y diferencia, $f_1 + f_2$ y $|f_1 - f_2|$, cada una modulada por $x(t)$. Se puede escribir $|f_1 - f_2|$ por claridad, puesto que $\cos(\omega_2 - \omega_1)t = \cos(\omega_1 - \omega_2)t$. Suponiendo que $f_2 = f_1$, la multiplicación ha trasladado el espectro de la señal a dos nuevas frecuencias portadoras. Con un filtraje apropiado, la señal se convierte a un valor mayor o a una menor en frecuencia. Los dispositivos que realizan esta operación se llaman convertidores de frecuencia o mezcladores. También es llamada heterodinación o mezcla.

La demodulación usada en AM es el detector de envolvente. Un detector de envolvente simplificado y sus formas de onda, se pueden ver en la Figura 2.7. En ausencia del resto del circuito, el voltaje "v" sería la versión rectificadora de media onda de la entrada V_{in} , pero RC_{11} actúa como un filtro pasabaja y responde sólo a las variaciones en los

picos de V_{en} . Por lo tanto, la constante de tiempo debe ser grande comparada con $1/f_c$ y pequeña en comparación con el tiempo de variación del mensaje $1/W$. Así, se necesita que $f_c \gg W$ para que la envolvente quede definida en forma clara. Bajo estas condiciones, C_1 se descarga sólo un poco entre picos de la portadora, y v será en forma aproximada la envolvente de V_{en} . Un filtraje más complejo ocasionará una considerable mejoría si fuere necesario. Finalmente, $R_2 C_2$ actúa como un medio de bloqueo de la componente cd para remover la polarización de la componente no modulada de la portadora.

El voltaje v también se puede filtrar para remover las variaciones de la envolvente y producir un voltaje cd proporcional a la amplitud de la portadora. Este voltaje, a su vez se realimenta a los pasos precedentes del receptor para proporcionar el control automático de volumen (AVC) y compensar el desvanecimiento.

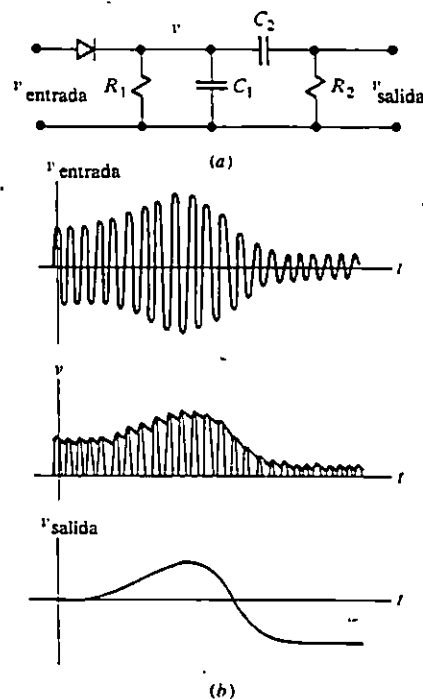


Fig. 2.7. Detección de envolvente. (a) circuito; (b) forma de onda.

El capacitador de bloqueo de cd de la Figura 2.7. origina que el detector tenga una respuesta pobre a las componentes de baja frecuencia del mensaje. Por lo tanto, la detección de envolvente puede no ser muy satisfactoria para señales con un importante contenido de cd y términos que varíen lentamente.

Los receptores de AM están formados por un mecanismo de sintonía, un modulador y amplificadores. Casi todos los radioreceptores son del tipo superheterodino, cuyo diagrama de bloques se muestra en la Figura 2.8., incluyendo el AVC.

Existen tres tipos de amplificadores en un superheterodino; el amplificador de radiofrecuencia (RF), el cual se sintoniza a la frecuencia portadora deseada; el amplificador de frecuencia intermedia (FI), de sintonía fija y que proporciona la mayor parte de la ganancia y selectividad; el amplificador de radiofrecuencia (AF), el cual se encuentra a continuación del detector y eleva la potencia al nivel requerido por el parlante. El mezclador es un convertidor de frecuencia que traslada la salida de RF a la banda de FI convirtiendola de f_c a f_{FI} . El oscilador local (OL) proporciona la frecuencia de mezcla, y se ajusta en paralelo con la etapa de RF.

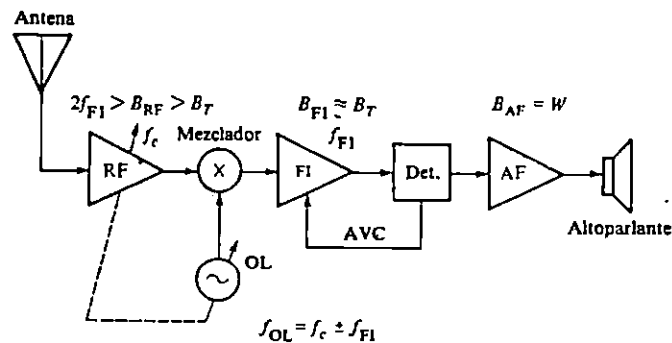


Fig. 2.8. Receptor superheterodino.

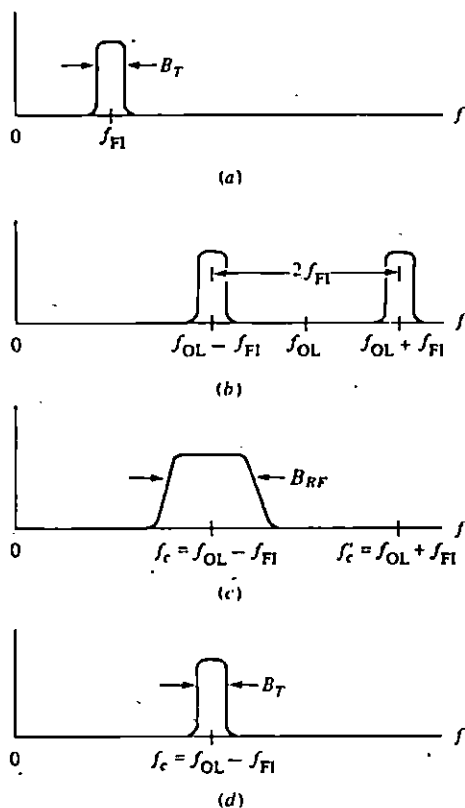


Fig.2.9. Características de respuesta en frecuencia de un superheterodino: (a) El amplificador de FI solo; (b) el mezclador y amplificador de FI; (c) el amplificador de RF solo; (d) el receptor completo.

En la Figura 2.9 se ilustra la amplitud relativa de la salida FI como una función de la frecuencia de entrada en varios puntos del receptor. Si se aplica a una senoide de frecuencia variable y de amplitud constante a la entrada del amplificador de FI, la respuesta es la relación de amplitudes del amplificador mismo. Ya que el amplificador de FI debe permitir el paso de la señal modulada a la frecuencia portadora trasladada, su ancho de banda debe ser igual o mayor que B_T . Considerando el mezclador más el oscilador local solos, existen dos frecuencias de entrada que serán la f_{r1} en la salida, y son $f_{ol} \pm f_{rf}$. Así, la respuesta del amplificador de FI y del mezclador serán las mostradas en la Figura 2.9 (b) para el caso común donde $f_{r1} < f_{ol}$. Debe notarse que si se está tratando de recibir una estación en $f_c = f_{ol} - f_{r1}$, sólo se captará $f_c = f_{ol} + f_{r1}$ la cual se conoce como frecuencia imagen.

Para una posición dada en el oscilador local, la portadora y las frecuencias imágenes están relacionadas por

$$|f_c - f_i| = 2f_{r1} \quad f_{r1} < f_{ol}$$

$$|f_c - f_i| = 2f_{ol} \quad f_{r1} > f_{ol}$$

El último caso es bastante raro en la práctica.

El objeto de la etapa RF es rechazar la frecuencia imagen antes que llegue al mezclador. Por lo tanto, el amplificador de RF necesita un ancho de banda no más angosto que $2f_{r1}$. Por otra parte, el ancho de banda del amplificador de FI no debe ser mayor que B_r , porque está por encima de la etapa de FI para rechazar las portadoras en la vecindad inmediata de la señal deseada, es decir la etapa de FI proporciona selectividad de canal adyacente, mientras que la de RF proporciona rechazo de canal de imagen. En operación convencional, la frecuencia central de RF se sintoniza a la portadora deseada mientras que el oscilador local se ajusta simultáneamente a $f_{ol} = f_c + f_{r1}$ para que la diferencia de frecuencias correctas $f_c - f_{ol} = -f_{r1}$ se obtenga en la salida del mezclador.

Hasta aquí se ha considerado sólo un superheterodino ideal. Los receptores reales presentarán respuestas espurias a varias frecuencias debido a las señales que entran al receptor y las no linealidades. Por ejemplo, cuando una señal intensa de frecuencia cercana a $\frac{1}{2}f_{r1}$ llega a la entrada de FI, se puede producir una segunda armónica que es en forma aproximada a f_{r1} , será simplificada por las etapas siguientes y aparecerá a la salida del detector como interferencia, por lo general como un tono de audio de alta frecuencia, o como un silbido.

La distribución de frecuencias portadoras en AM comercial va desde 540 a 1 600 kHz de espaciamiento, y el ancho de banda de la señal moduladora o mensaje es de unos 5 kHz, los superheterodinos tienen una $f_{r1} = 455\text{kHz}$ y $f_{ol} = f_c + f_{r1}$. Empleando estos valores, los anchos de banda del receptor serán

$$10\text{kHz} < B_{rr} < 910\text{kHz} \quad B_r \approx 10\text{kHz} \quad B_{ar} = 5\text{kHz}$$

El intervalo de sintonía de RF es, por supuesto, de 540 a 1 600 kHz. La relación de sintonía del oscilador local es, por lo tanto, 2:1. Por otra parte; si f_{ol} se toma como $f_c - f_{r1}$, entonces el intervalo de sintonía sería de 85 a 1 145 kHz; esto corresponde a una relación de 13:1 y sería mucho más

difícil llevarla a cabo con capacitadores variables, etc.

2.3. Modulación en frecuencia.

Debido al progreso técnico se ha incrementado el uso de las bandas de RF cada vez más altas para diferentes servicios, incluyendo la radiodifusión, así como la realización de circuitos de baja frecuencia con buena linealidad en rangos de radiodifusión sonora en VHF, con canales RF de mayor anchura de banda, obteniéndose dos ventajas, de gran importancia: ampliación de la banda de la señal modulante (cambiando de un servicio normal a uno de "alta fidelidad") y utilizar el sistema de modulación FM (obteniendo así mejor calidad de transmisión).

Las especificaciones principales de radiodifusión sonora de alta fidelidad con modulación FM y transmisión VHF son las siguientes:

Banda Base:	50 a 15 000 Hz
Sistema de Modulación:	FM
Máxima desviación instantánea de frecuencia para 100% de modulación:	± 75 kHz
Gama de RF:	88 A 108 MHz
Ancho de canal RF:	200 kHz
Tipo de emisión:	F3E
Tolerancia de la portadora RF:	3 kHz
Potencia radiada:	hasta algunas decenas de KW
Tipo de ondas:	Troposféricas
Polarización de las ondas:	horizontal
Intensidad de campo mínimo:	500 μ V/m

El tipo de emisión F3E quiere decir modulación FM, un solo canal con información analógica, radiodifusión sonora. Debido a la gama RF de 88 a 108 MHz para la Región 2, puede haber un total de 100 canales RF, de las cuales, el primero con portadora de 88.1 MHz y el último con portadora de 107.9 MHz. La eficiencia de la potencia radiada depende en gran medida de la altura de la antena sobre el terreno promedio. Por consiguiente, una clasificación de las emisoras según la extensión del área de servicio conlleva no tanto los valores de potencia radiada para cada tipo, sino la combinación de potencia y altura de antena.

2.3.1. Análisis de la señal de FM.

La modulación en frecuencia es un tipo de modulación exponencial, por lo tanto difiere de la modulación lineal en varios aspectos. En primer lugar es un proceso no lineal, por lo que el espectro modulado no está relacionado con el espectro del mensaje de una manera sencilla. Más aún, resulta que el ancho de banda de transmisión es casi siempre mucho mayor que el doble del ancho de banda del mensaje. En compensación por la restricción del ancho de banda, la modulación exponencial puede permitir el incremento de las relaciones señal a ruido sin que se tenga que incrementar la potencia transmitida.

En la modulación exponencial, la onda modulada en forma fasorial es una función exponencial de la onda moduladora:

$$x_c(t) = R[A e^{j(\omega_c t + \theta_c(t))}] = A \cos \theta_c(t)$$

donde $\theta_c(t)$ es una función lineal de $x(t)$ y A_c es una constante. Puesto que θ_c es una posición angular del fasor, el nombre de modulación angular resulta igualmente adecuado. θ_c se puede expresar como:

$$\theta_c(t) = 2\pi f t + \theta(t) \quad (2.9)$$

el segundo término de la ecuación (2.9) es el ángulo de fase relativo, en el sentido de que el fasor $e^{j\theta_c}$ difiere en posición angular de $e^{j\theta(t)}$. También se debe recordar que la frecuencia angular (en radiales por segundo) es la derivada de la posición angular respecto al tiempo. Por lo que se llega a la definición de desviación de frecuencia instantánea (en revoluciones o ciclos por segundo) por

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2.10)$$

lo cual se puede interpretar como la velocidad de $e^{j\theta_c}$ en comparación con $e^{j\theta(t)}$. Así, $\theta_c(t)$ está relacionada con $f(t)$ por integración en la forma

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + 2\pi \int_{-\infty}^t f(\lambda) d\lambda \quad (2.11)$$

El límite inferior de la integración representa un término de fase constante del que se puede prescindir sin pérdida de la generalidad si se desea. La desviación de frecuencia instantánea de una onda de modulación de frecuencia es

$$f(t) = f_c x(t) \quad (2.12)$$

donde f_c es la constante de desviación de frecuencia. Sustituyendo (2.12) en (2.11) se tiene

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + 2\pi f_c \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda \quad (2.13a)$$

y en consecuencia

$$x_c(t) = A_c \cos[\omega_c t + 2\pi f_c \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda] \quad (2.13b)$$

es la forma de onda modulada.

La comparación de la modulación exponencial con la modulación lineal revela algunas diferencias pronunciadas. Por un lado, la amplitud de una onda de modulación de frecuencia es siempre constante, por lo que sin tomar en cuenta el mensaje $x(t)$, la potencia transmitida promedio es

$$S_T = \frac{1}{2} A_c^2$$

Por otro lado, los cruzamientos cero de una onda modulada en forma exponencial no son periódicos, pero en la modulación lineal siempre lo son. Además por la propiedad de amplitud constante de la modulación en frecuencia, se puede decir que el mensaje reside sólo en los cruzamientos cero, siempre y cuando la frecuencia portadora sea grande.

Para analizar espectralmente una señal de FM se verá el caso de modulación de tono. Antes del análisis, es necesario observar que $f(t)$ no es lo mismo que la frecuencia espectral f . La primera es una cantidad dependiente del tiempo que

describe a $x_c(t)$ en el dominio del tiempo; la última es la variable independiente del análisis espectral de donde $x_c(f)$ describe a $x_c(t)$ en el dominio de la frecuencia en términos de las componentes senoidales de frecuencia fija.

Con la modulación de tono, la frecuencia instantánea de una señal de FM varía en forma senoidal en relación con la frecuencia portadora (Figura 2.10), de manera específica, si $x(t)=A_m \cos \omega_m t$, entonces se tiene:

$$\theta_c(t) = 2\pi f_c t + 2\pi f_m \int_0^t A_m \cos \omega_m \lambda d\lambda$$

$$y \ x_c(t) = A_c \cos \left(\omega_c t + \frac{2\pi f_m A_m}{\omega_m} \sin \omega_m t \right) = A_c \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t) \quad (2.15)$$

siendo

$$\beta = \frac{2\pi f_m A_m}{\omega_m} = \frac{A_m f_m}{f_m} \quad (2.16)$$

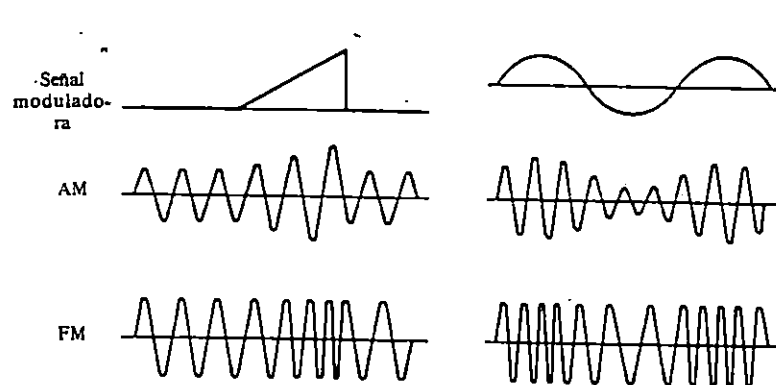


Fig. 2.10. Formas de onda de FM.

El parámetro β se conoce como índice de modulación de FM, y presenta dos propiedades extraordinarias: está definida solo para modulación de tono, y depende tanto de la amplitud como de la frecuencia del tono modulante. En forma física β es la desviación de fase máxima (en radianes) producida por el tono en cuestión. Por lo tanto, la fase relativa de $x_c(t)$ es

$$\theta(t) = \beta \sin wmt = \frac{Amf_m}{f_c} \sin wmt \quad (2.17)$$

Se puede expresar $x_c(t)$ como la suma de sinusoides para hacer más fácil la transformada de Fourier, lo cual nos dará entonces el espectro de líneas que da por último

$$\begin{aligned} x_c(t) = & A_c J_0(\beta) \cos wct \\ & + \sum_{n \text{ impar}}^{\infty} A_c J_n(\beta) [\cos(wc + nwm)t - \cos(wc - nwm)t] \\ & + \sum_{n \text{ par}}^{\infty} A_c J_n(\beta) [\cos(wc + nwm)t + \cos(wc - nwm)t] \quad (2.18) \end{aligned}$$

Los coeficientes $J_n(\beta)$ son funciones de Bessel de primera clase, de orden n y argumento β . En una u otra forma, la ecuación (2.18) es la representación matemática de una onda de amplitud constante cuya frecuencia instantánea está variando en forma sinusoidal.

Examinando la ecuación (2.18) se ve que el espectro FM lo forman una línea correspondiente a la frecuencia portadora, más un número infinito de líneas correspondientes a las bandas laterales a frecuencia $f_c \pm nf_m$. Como se ilustra en la Figura 2.11., todas las líneas están igualmente espaciadas en un valor igual al de la frecuencia moduladora y las de banda lateral inferior impar, están invertidas en fase en comparación con la portadora no modulada.

En general, la amplitud relativa de una línea en $f_c + nf_m$ está dada por $J_n(\beta)$. En la Figura 2.12. se muestran unas cuantas funciones de Bessel de diferentes órdenes cuyas gráficas están en función del argumento (β). En esta gráfica se pueden advertir varias propiedades importantes:

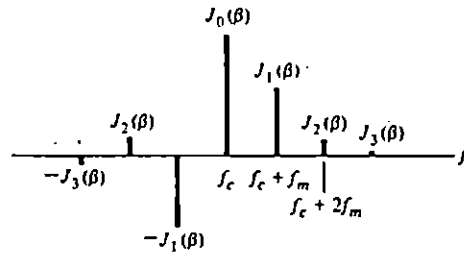


Fig. 2.11. Espectro de líneas de FM, modulación de tono.

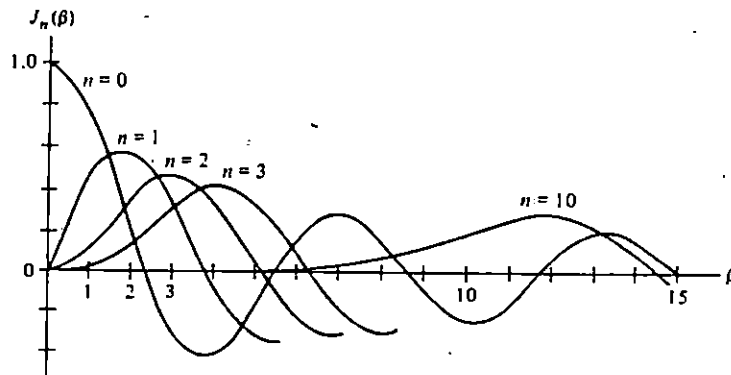


Fig. 2.12. Funciones de Bessel de orden fijo graficadas contra el argumento β .

1. La amplitud relativa de la línea portadora $J_0(\beta)$ varía con el índice de modulación y en consecuencia, depende de la señal moduladora. Así, al contrario de la modulación lineal la componente de frecuencia portadora de una onda de FM "contiene" parte de la información del mensaje.

2. El número de líneas de banda lateral que tienen amplitud relativa apreciable, también es una función de β . Con $\beta \ll 1$ sólo J_0 o J_1 , son significativos, por lo que el espectro consistirá de líneas portadoras y de dos bandas laterales. Por otra parte, si $\beta \gg 1$, habrá muchas líneas de banda lateral.

3. Un índice de modulación β grande implica un ancho de banda grande para acomodar la vasta estructura de bandas laterales en concordancia con la interpretación física de gran desviación de frecuencia.

En la Figura 2.13. se muestra a $J_n(\beta)$ como una función de n/β para diferentes valores fijos de β . En FM con modulación de tono β es constante las curvas representan entonces a la "envolvente" de las líneas de banda lateral si se multiplica el eje horizontal por β fm para obtener la posición de la línea nfm relativa a f_c . Se puede notar que todas las $J_n(\beta)$ decaen para $n/\beta > 1$ y que $|J_n(\beta)| \ll 1$ si $|n/\beta| \gg 1$.

En la Figura 2.14. se muestran los espectros de líneas típicos, en los cuales se han omitido las inversiones en las líneas de banda lateral inferior de orden impar. Nótese la influencia relativa de la amplitud y frecuencia modulante y la concentración del espectro dentro de $f_c \pm \beta f_m$ cuando β es muy grande.

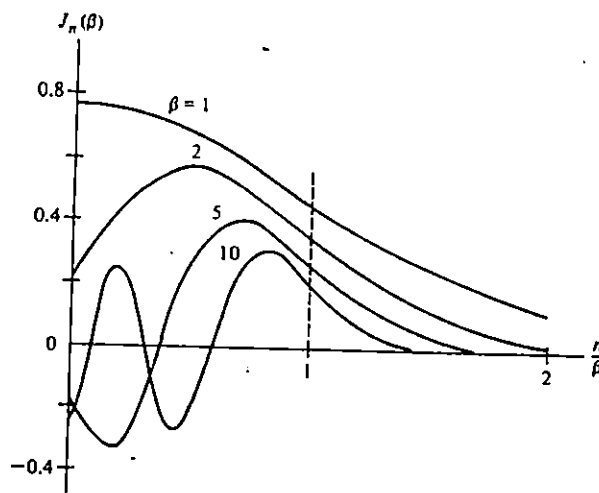


Fig. 2.13. Funciones de Bessel de argumento fijo graficadas contra n/β .

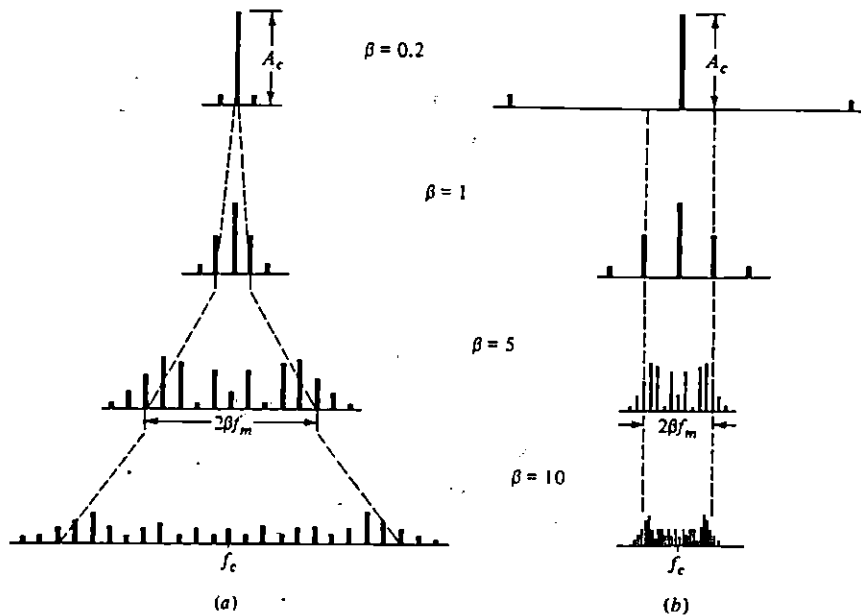


Fig. 2.14. Espectros de líneas de FM de tono modulado. (a) fm fija, $A_m f_\Delta$ creciente; (b) $A_m f_\Delta$ fija, fm creciente.

Otra forma de expresar $x_c(t)$ de la ecuación (18) es por medio del diagrama fasorial de la FM (Figura 2.15). Como punto de partida, supongase de que $\beta \ll 1$, por lo que $J_0(\beta) \approx 1$, $J_1(\beta) \approx \beta/2$, y se desprecian todas las líneas de orden superior. La contribución del par de banda lateral es más bien perpendicular o en cuadratura respecto a la portadora que es colineal.

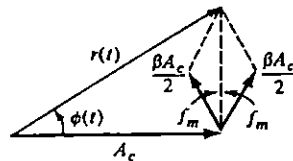


Fig. 2.15. Diagrama fasorial de FM para $\beta \ll 1$.

Esta relación en cuadratura es lo que se necesita para producir modulación en frecuencia. En forma analítica, la envolvente y la fase de $x_c(t)$ con β pequeña son

$$R(t) \approx \sqrt{A_c^2 + (2 \beta/2 A_c \text{Ac sen} \omega_m t)^2} \approx A_c \left[1 + \frac{\beta^2}{4} - \frac{\beta^2}{4} \cos 2\omega_m t \right]$$

(2.19)

$$\theta(t) \approx \text{arc tan} \left[\frac{2(\beta/2)A_c \text{Ac sen} \omega_m t}{A_c} \right] \approx \beta \text{ sen } \omega_m t$$

Existe una variación de amplitud adicional al doble de la frecuencia de tono, y para cancelar esto se debe incluir un par de líneas de banda lateral de segundo orden que gira a $\pm 2\omega_m$ en relación con la portadora y con resultante colineal a ella. Dado que el par de segundo orden en forma virtual cancela la modulación de amplitud deseada, también distorciona a $\theta(t)$. La distorsión se corrige agregando el par de tercer orden, la cual introduce de nuevo modulación en amplitud, y así hasta el infinito.

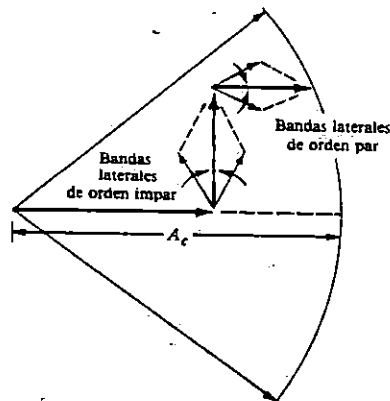


Fig. 2.16. Diagrama fasorial de FM para β arbitrario.

Cuando se incluyen todas las líneas espectrales, los pares de orden n no tienen una resultante en cuadratura con la portadora que provee la modulación en frecuencia desea más una modulación en amplitud no deseada. La resultante de los pares de orden par que son colineales con la portadora, corrige las variaciones de amplitud. El efecto neto se muestra en la Figura 2.16. el extremo de los barridos resultantes en un arco circular, refleja la amplitud constante A_c .

2.3.2. Ancho de banda en FM.

Debido a que un espectro de FM tiene una extensión infinita, la generación y transmisión de FM pura necesita sistema de ancho de banda infinito, sea la señal moduladora de banda limitada o no. Pero en la práctica existen sistemas de FM de ancho de banda finito y funcionan bastante bien. Esto se debe a que suficientemente lejos de la portadora, los componentes espectrales son muy pequeños y se pueden descartar, pero ya que dará lugar a cierta distorsión de la señal modulada, éstas se pueden reducir al mínimo conservando las componentes espectrales significativas.

Aunque las normas especifican un ancho de banda de FM, éstas no son absolutas, siendo contingentes con la cantidad de distorsión que se puede tolerar en una aplicación específica. Sin embargo, existen aproximaciones útiles basados en criterios de reglas de uso inmediato deducidas de la modulación de tono. El análisis de los requisitos de ancho de banda de FM empieza con las líneas de banda lateral significativas en la modulación de tono.

La Figura 2.13. indica que $J_n(\beta)$ decae en forma rápida para $|n/\beta| > 1$, particularmente si $\beta \gg 1$. Suponiendo que el índice de modulación β es grande, se puede decir que $|J_n(\beta)|$ es significativo sólo para $|n| \leq \beta = A_m f_m / f_c$. Por lo que todas las líneas de banda lateral significativas están contenidas en el intervalo de frecuencia $f_c \pm \beta f_m = f_c \pm A_m f_m$. Por otra parte, supóngase que el índice de modulación es pequeño, entonces todas las líneas de banda lateral son pequeños comparados con la portadora, puesto que $J_0(\beta) \gg J_n(\beta)$ cuando $\beta \ll 1$. Sin embargo, se deben conservar por lo menos, el par de bandas laterales de primer orden, ya que de otra manera no habría modulación en frecuencia. En consecuencia para β pequeño, las líneas de banda lateral significativas están contenidas en $f_c \pm f_m$.

Cualitativamente, todas las líneas de banda lateral que tienen como amplitud relativa $|J_n(\beta)| > \epsilon$ están definidas como

significativas, donde ϵ va de 0.01 a 0.1 de acuerdo con la aplicación. Por lo tanto, si $|J_m(\beta)| > \epsilon$ y $|J_{m+1}(\beta)| < \epsilon$, existen M pares de bandas laterales y $2M+1$ líneas significativas. Así el ancho de banda es

$$B = 2M(\beta)fm \quad M \geq 1 \quad (2.20)$$

ya que las líneas están espaciadas en fm y M depende del índice de modulación β . La condición $M \geq 1$ solamente especifica que B no puede ser menor que $2fm$.

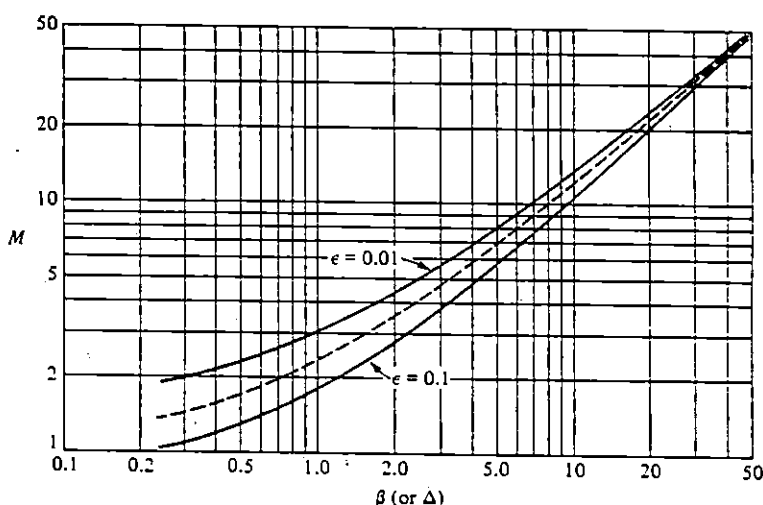


Fig.2.17. El número de pares de banda laterales significativas como una función de β (Δ)

La Figura 2.17. muestra a M como una función de β para $\epsilon=0.01$ y 0.1 . Estudios experimentales indican que el primero es bastante conservativo mientras que el último puede tener una pequeña distorsión perceptible. Los valores de M entre estos dos límites son aceptables para muchos propósitos los cuales están representados por una línea punteada.

Pero el ancho de banda B no es el ancho de banda de transmisión B_t ; más bien es el ancho de banda mínimo necesario para modulación por medio de un tono de amplitud específicas. Como ejemplo, la máxima desviación de frecuencia

f_m en la FM comercial está limitada por la FCC a 75 kHz, y las frecuencias moduladoras cubren de 30 Hz a 15 kHz. Si un tono de 15 kHz tiene amplitud unitaria ($A_m = 1$), entonces $\beta = 75/15 = 5$, $M = 7$, y $B = 2 \times 7 \times 15 = 210$ kHz. Si la amplitud hubiera sido menor, no se hubiera desarrollado la máxima desviación de frecuencia, y el ancho de banda sería más pequeño. Más aún, un tono de baja frecuencia, digamos de 7.5 kHz de amplitud plena, resultaría en un mayor índice de modulación ($\beta = 10$), es decir, un número más grande de pares de bandas laterales significativas ($M = 12$), pero un ancho de banda más pequeño $B = 2 \times 12 \times 7.5 = 180$ kHz. En pocas palabras, el ancho de bandas se determina en una forma más que compleja tanto por $A_m f_m$ como f_m (o β y f_m) y no sólo por β .

El ancho de banda máximo que se requiere cuando los parámetros de tono están limitados por $A_m = 1$ y $f_m = W$ y cuando el tono tiene máxima amplitud y máxima frecuencia, en el peor de los casos es

$$\beta_{max} = 2 (f_m + \alpha W) \quad (2.21)$$

donde α es en forma esencial constante con un valor entre 1 y 2. Nótese que el índice de modulación $\beta = f_m/W$ no es el valor máximo de β sino más bien el valor que, combinado con la máxima frecuencia moduladora, da lugar al ancho de banda máximo. Cualquier otro tono que tenga $A_m < 1$ o $f_m < W$ requerirá menos ancho de banda aunque β sea más grande.

El ancho de banda de transmisión B , se calcula en forma directa a partir del análisis de la modulación de tono en el peor de los casos, suponiendo que cualquier componente de $x(t)$ de amplitud o frecuencia más pequeña necesitará un ancho de banda más pequeño que B_{max} .

Por tanto extrapolado la modulación de tono a una señal moduladora arbitraria se define la relación de desviación,

$$\Delta = \frac{f_m}{W} \quad (2.22)$$

como la desviación máxima dividida entre la frecuencia moduladora máxima, análogo al índice de modulación de la modulación de tono en el peor de los casos. Entonces, el ancho de banda de transmisión que se requiere para $x(t)$ es

$$B = 2M_\Delta W \quad M_\Delta \geq 1 \quad (2.23)$$

donde se considera a Δ como a β para encontrar $M(\Delta)$ usando la gráfica de la Figura 2.17. Existen ciertas aproximaciones para B_T a las que se puede recurrir. Con los valores extremos de la relación de desviación, se encuentra que

$$2\Delta W = 2f_c \quad \Delta \gg 1$$

$$B_T = \frac{2W}{\Delta} \quad \Delta \ll 1$$

conforme con los resultados obtenidos para la modulación de tono con β muy grande o muy pequeño. Ambas aproximaciones están combinadas en la relación.

$$B_T \approx 2(f_c + W) = 2(\Delta + 1) W \quad \Delta \gg 1 \quad (2.24)$$

$$\Delta \ll 1$$

conocida como la regla de Carlson. Los sistemas actuales de FM tienen $2 < \Delta < 10$, por lo que la regla de Carlson subestima en algo el ancho de banda de transmisión. Una aproximación mejor para el diseño de equipo es por lo tanto

$$B_T \approx 2(f_c + 2W) = 2(\Delta + 2) W \quad \Delta > 2 \quad (2.25)$$

la cual por ejemplo, se usaría para determinar los anchos de banda a 3 dB de los amplificadores de RF y FI.

Aplicando estas relaciones a la FM comercial, $f_c = 75$ kHz y $W = 15$ kHz, por lo que $\Delta = 5$. Se ha encontrado que $M = 7$ para $\beta = 5$, por lo que la ecuación (2.23) da $B_T = 210$ kHz. (Los radios de alta calidad tienen anchos de banda en los pasos de FI de por lo menos 200 kHz). La regla de Carlson subestima a B_T en aproximadamente 10%, dando $2(5+1) \times 15 = 180$ kHz, mientras que la ecuación (25) da justo en la marca con $2(5+2) \times 15 = 210$ kHz.

2.3.3. Modulación de fase (PM)

La modulación de fase se define como el proceso en el que la fase es proporcional al mensaje. La modulaciones de frecuencia y de fase tienen muchas similitudes. Por lo que se abreviará bastante el análisis de la modulación de fase,

aplicando los resultados obtenidos para FM.

De la ecuación (2.9) se puede considerar de manera específica, la fase relativa de una onda de modulación de fase:

$$\theta(t) = \theta_{\Delta} x(t) \quad (2.26)$$

donde θ_{Δ} es la constante de desviación de fase, es decir, el máximo corrimiento de fase producido por $x(t)$. La onda modulada es entonces

$$x_c(t) = A_c \cos [\omega_c t + \theta_{\Delta} x(t)] \quad (2.27)$$

Se debe evitar las ambigüedades en la demodulación, $\theta(t)$ no debe exceder el intervalo de $\pm 180^\circ$, ya que no existe diferencia física entre los ángulos de fase de $+270^\circ$ y -90° . Por lo tanto, la constante de desviación está limitada por

$$\theta_{\Delta} \leq \pi \text{ radianes}$$

Esta restricción es análoga en forma directa a la restricción más en AM y puede llamarse a θ_{Δ} el índice de modulación de fase. En cambio en FM la constante de desviación f_{Δ} no tiene un límite definido ya que se puede distinguir a $f_c + f_{\Delta}$ de $f_c - f_{\Delta}$ siempre y cuando f_{Δ} sea menor que f_c . Por lo tanto la desviación en FM se puede hacer tan grande como se desee, yendo hacia frecuencia portadoras mayores si es necesario. Lo último demuestra que el límite absoluto en θ_{Δ} como contraste con el límite relativo en f_{Δ} explica en parte porqué la superioridad del comportamiento de la FM en presencia del ruido.

Para analizar la modulación de fase a un tono determinado, se emplea una señal moduladora senoidal en vez de una cosenoidal. Entonces, con $x(t) = A_m \sin \omega_m t$, en la ecuación (27), se tiene

$$x_c(t) = A_c \cos(\omega_c t + \theta_{\Delta} A_m \sin \omega_m t) = A_c \cos(\omega_c t + \beta_s \sin \omega_m t) \quad (2.28)$$

donde

$$\beta_s = A_m \theta_{\Delta} \quad (2.29)$$

La razón para el empleo de la modulación de onda senoidal es obvio si se compara la ecuación (2.28) con la expresión para FM, ecuación (2.15), ambas son idénticas salvo que β_s es independiente de la frecuencia de tono, mientras que β depende tanto de la amplitud de tono como de su frecuencia. Por tanto, los espectros de línea de la modulación de fase

tienen las mismas características generales que las de FM, con la siguiente excepción: si se cambia la frecuencia moduladora f_m en tanto que se mantiene fija la amplitud A_m , β , permanece constante y sólo se altera el espaciado de las líneas. Así, el lado izquierdo de la Figura 2.14, se aplica tanto a la modulación de frecuencia, mientras que el lado derecho no.

En relación a los anchos de banda se podrían repetir los razonamientos de FM con modificaciones apropiadas. Sin embargo, sólo es necesario notar que $\Delta = f_m/W$ es la máxima desviación de fase de una onda de FM bajo las peores condiciones de ancho de banda. Esto revela que Δ y θ_m son parámetros equivalentes puesto que θ_m es la máxima desviación de fase de una onda de modulación con $x(t)$ arbitraria está dado por

$$B_T = 2M (\theta_m) W \quad M \geq 1$$

$$0 \quad B_T \approx 2 (\theta_m + 1) W \quad (2.30)$$

lo cual es equivalente aproximado a la regla de Carlson. Estas expresiones difieren el caso de la FM en que θ_m es independiente de W .

2.3.4. Transmisores y receptores.

En la modulación exponencial, la frecuencia o la fase instantánea varían según la onda del mensaje. Así se necesitan dispositivos que produzcan o sean sensitivos a la variación de fase o frecuencia.

La propiedad de amplitud constante de la modulación exponencial, es una ventaja definitiva desde el punto de vista de los componentes físicos. El diseñador no necesita preocuparse por una disipación de potencia excesiva o por una ruptura de alto voltaje debidos a picos extremos en la forma de onda. Pero más importante aún, la distorsión de amplitud no lineal virtualmente no tiene efecto sobre la transmisión del mensaje, puesto que la información reside en los cruzamientos cero de la onda y no en la amplitud (el corrimiento de fase o la distorsión por retardo, por supuesto son intolerables). Además, cualquier variación de espurias de amplitud se pueden eliminar por medio de dispositivos recortadores de pico, sin afectar la señal moduladora. En consecuencia, es posible una extensión considerable en el diseño y selección de equipo.

En FM existen dos métodos de generación básicos, conocidos como sistemas directo o indirecto. A continuación se abordara estos a la vez.

En FM directa únicamente se requiere un oscilador de voltaje controlado cuya frecuencia de oscilación tiene una dependencia lineal respecto al voltaje aplicado. Esto se logra modulando un oscilador de circuito sintonizado convencional introduciendo un elemento de reactancia variable como parte del circuito resonante paralelo LC mostrado en la Figura 2.18.

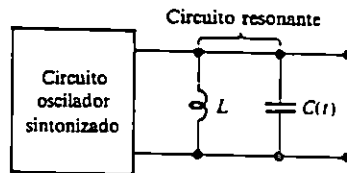


Fig. 2.18. FM directa empleando reactancia variable.

Si la capacidad tiene una dependencia del tiempo de la forma

$$C(t) = C_0 - C_x(t)$$

y si $C_x(t)$ es "lo bastante pequeño" y "lo bastante lento" la variación angular es

$$\theta_c(t) \approx 2\pi f_c t + 2\pi \frac{C}{2C_0} f_c \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda \quad (2.31)$$

lo cual es modulación de frecuencia con $f_\Delta = (C/2C_0)f_c$. La ecuación (2.31) tiene un error del 1% cuando $C/C_0 > 0.013$ por lo que la aproximación y la desviación de frecuencia que se puede obtener está limitado por

$$f_\Delta = \frac{C}{2C_0} f_c \leq 0.006 f_c \quad (2.32)$$

La reactancia variable se puede obtener de numerosas maneras. En los primeros moduladores de FM directa se usaron tubos de reactancia como el pentodo polarizado de manera que su impedancia de salida contiene un término capacitivo proporcional al voltaje de rejilla. Otros moduladores emplean la capacitancia del efecto de Miller, elementos a reactor saturable, o la reactancia de los diodos varactores.

La principal ventaja de la FM directa consiste en que son posible desviaciones de frecuencia sin operaciones adicionales. La principal desventaja reside en que la frecuencia portadora tiende a variar y debe estabilizarse por medio de un control de frecuencia realimentado. Como sólo hasta fechas muy recientes han surgido técnicas de estabilización satisfactorias, muchos transmisores de FM de los más viejos son de tipo indirecto.

En la modulación en frecuencia indirecta se usa un modulator de fase de banda angosta, cuya frecuencia portadora es suministrada por medio de una fuente estable, por lo general un oscilador controlado a cristal, para asegurar la estabilización.

Con desviación de fase pequeña, la onda de modulación de fase resulta ser

$$x_c(t) \approx A_c \cos \omega_c t - A_c \theta_x(t) \sin \omega_c t \quad (2.33)$$

y su ancho de banda $B_f = 2W$

Comparando el espectro de la modulación de fase de banda angosta con el de AM, se nota una gran similitud, ya que la modulación de fase de banda angosta es un proceso de modulación lineal, el menos en forma aproximada, y se puede generar empleando dispositivos de modulación lineales. Por ejemplo un modulator balanceado con un desplazamiento de fase en cuadratura como se muestra en la Figura 2.19.

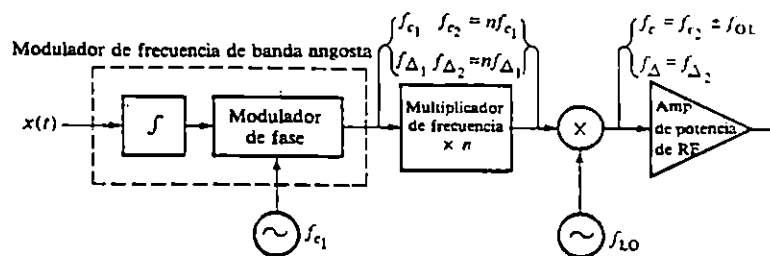


Fig.2.19. Modulador de fase de banda angosta.

Antes de la modulación el mensaje se integra para dar lugar a modulación en frecuencia en vez de modulación en fase en la salida. La frecuencia modulada de banda angosta resultante a menudo contiene distorsión inherente a menos que la relación de desviación $\Delta_1 = f_{\Delta}/W$ sea muy pequeña. Por tanto, es necesario incrementar la relación de desviación después de la modulación, lo cual se hace por medio de dobladores y triplicadores de frecuencia en cascada formando un multiplicador de frecuencia. Se elige n para dar la desviación final deseada, o sea $n = f_{\Delta}/f_{\Delta_1} = \Delta/\Delta_1$. La heterodinación de la salida del multiplicador con segundo oscilador controlado a cristal traslada el espectro intacto a la ubicación apropiada (por lo general, la heterodinación se hace a la mitad de la cadena de multiplicadores para impedir que las frecuencias centrales se hagan muy altas).

Como ejemplo, un transmisor indirecto típico para FM comercial tiene $f_{c1} = 200$ kHz y $f_{\Delta_1} = 25$ Hz. Con $W=1$ kHz, la relación de desviación inicial es $\Delta_1 = 25/(15 \times 10^3) \approx 2 \times 10^{-3}$, requiriéndose este valor para reducir al mínimo la distorsión y garantizar una buena fidelidad, puesto que la desviación final será $f_{\Delta} = 75$ kHz, el factor de multiplicación que se necesita en $n = 75 \times 10^3 / 25 = 3000$, lo cual da lugar a seis triplicadores y dos dobladores. Después de la multiplicación, el espectro se localiza en $f_{c2} = 3000 \times 200$ kHz = 600 MHz, por lo que el segundo oscilador debe tener $f = 600 \pm 100$ MHz para bajar la portadora a la banda de FM de 88 a 108 MHz.

Estos cálculos indican que aunque la FM indirecta se obtiene por el problema de la estabilidad de frecuencia, ello no es sin dificultades principalmente en el factor de multiplicación. Los multiplicadores de banda ancha con el requisito de las características de fase son casi tan complejas como los circuitos de control de frecuencia de FM indirecta, habiendo sido este último mejorado en gran manera por el desarrollo de los contadores digitales. En consecuencia, existe un regreso a la FM directa con cantidades modestas de modulación de frecuencias para transistores de desviación grande de alta calidad.

Tomando en cuenta estos aspectos de la modulación, el transistor para FM quedará como se ilustra en la Figura 2.20.

En la Figura 2.20 se introduce una red de preacentuación en el transistor el cual se usa con el fin de mejorar el comportamiento del sistema. El método de preacentuación (preénfasis) en el transistor y desacentuación (deénfasis) en el receptor se basa en las características del ruido a la salida del discriminador que se verá más adelante. La red de

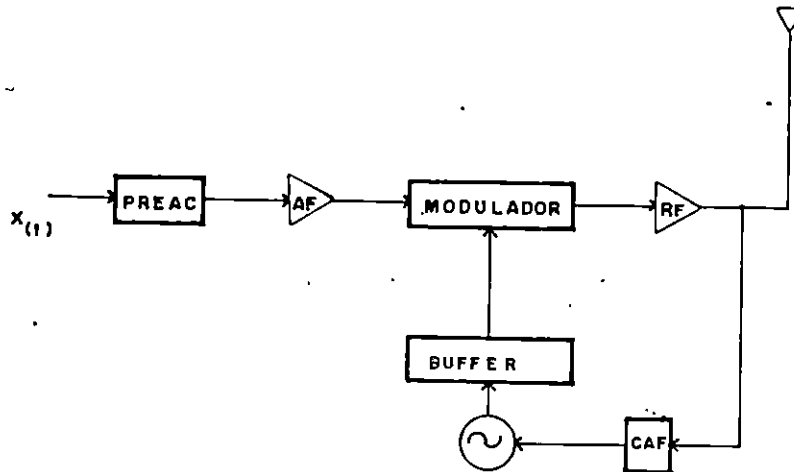


Fig.2.20. Transmisor de FM.

preacentuación tiene por objeto alterar las amplitudes relativas de las componentes frecuenciales de la señal modulante, exaltando las de frecuencias mas altas, aumentandose así su índice de modulación.

La red de desacentuación introduce una modificación inversa, que compensa la que se introdujo en la red de preacentuación. De esta manera, la señal sale inalterada. El ruido blanco (en su mayoría térmico) se reduce ya que se eleva la relación de señal a ruido, por lo que mejora la respuesta del sistema (Figura 2.21).

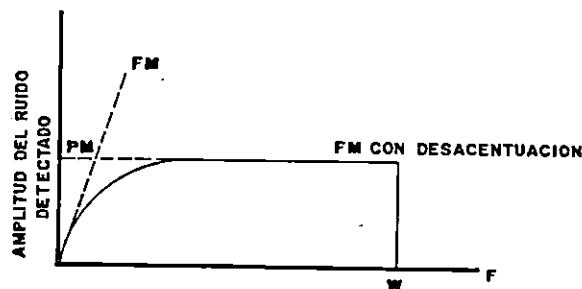


Fig. 2.21. Amplitud del ruido detectado para FM con filtraje de desacentuación.

En FM, las variaciones de amplitud en la señal modulada se eliminan por medio de limitadores. Un limitador es un dispositivo no lineal que remueve las variaciones de amplitud espurias sin destruir la modulación. Por lo que se encuentra tanto en transistores como en receptores FM.

En el receptor, la demodulación de FM se logra por medio del discriminador de frecuencia, el cual debe de producir un voltaje de salida linealmente dependiente de la frecuencia de entrada. Ligeramente arriba ó abajo de la frecuencia de resonancia, un circuito sintonizado sencillo más un detector de envolvente tiene esta propiedad sobre un intervalo limitado. Esto se conoce como detección de pendiente y se muestra en la Figura 2.22. Cualitativamente, supongase que

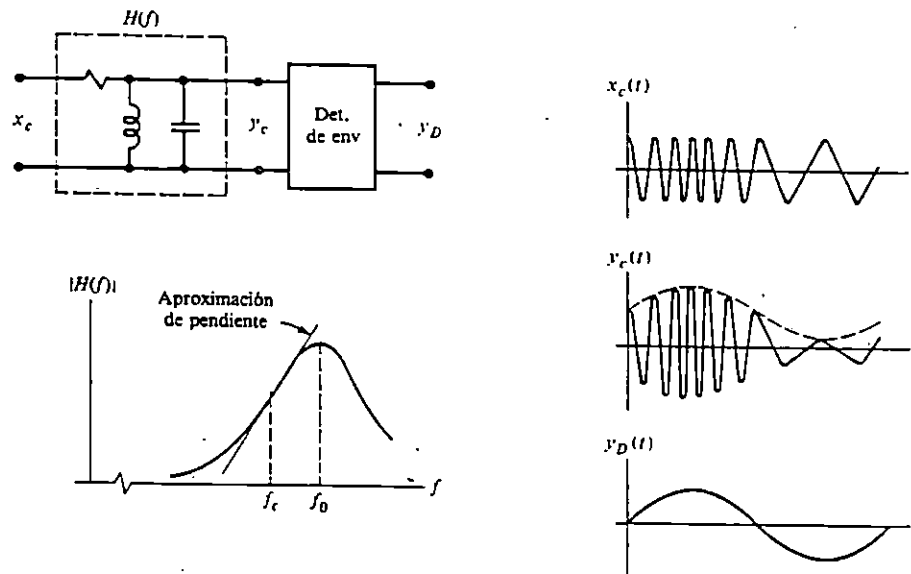


Fig. 2.22. Detección dependiente en FM, circuitos y formas de ondas

$x_c(t)$ es un tono modulado y f_c es menor que f_0 . Entonces como $f(t)$ oscila arriba ó abajo de f_c , la relación de amplitudes del circuito sintonizado convierte la variación de frecuencia a una variación de amplitud en la parte superior de la señal de FM, dando lugar a la forma de onda $y_c(t)$. Extrayendo sólo la variación de amplitud con un detector de envolvente se

produce $v_o(t)$ y se completa la demodulación.

Muchos receptores de FM son de la variedad superheterodino, por lo que difiere de los receptores de AM en dos aspectos: un limitador discriminador al cual sustituye al detector de envolvente, y se incluye el control automático de frecuencia (AFC) para corregir la variación de frecuencia del oscilador local, el diagrama del receptor de FM se muestra en la Figura 2.23.

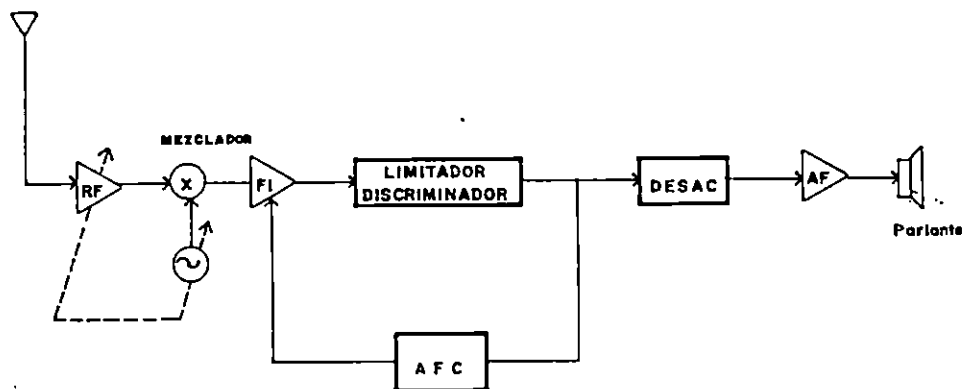


Fig.2.23 Receptor super heterodino para FM.

Los radios comerciales de FM tienen intervalo de sintonía de 88 a 108 MHz, $f_{ri}=10.7$ MHz, y un ancho de banda en FI de 200 a 300 kHz. Así, el ancho de banda fraccionario del amplificador de FI es aproximadamente de 2×10^{-2} , el mismo que en superheterodinos de AM. Finalmente, existe una tercera diferencia entre los receptores de FM y los de AM, el cual es el filtro de desacentuación en la salida del discriminador, que ya ha sido explicado anteriormente.

2.4. Modulación en frecuencia estereofónica.

La producción del efecto estereofónico se logra a partir de dos canales de audio para proveer así dos fuentes de ondas acústicas, uno a la izquierda y otro a la derecha del radioescucha. Tales canales se les conoce como L y R respectivamente y sus señales corresponden a $x_L(t)$ y $x_R(t)$, y tienen la misma banda de 5 kHz de las transmisiones monofónicas. La estereofonía provoca un aumento subjetivo en la calidad de la audición, por tal motivo, la introducción de la estereofonía en la radiodifusión se pensó, desde un principio, que se llevara a cabo en las transmisiones de alta fidelidad que se realizan en ondas métricas (VHF) y modulación de frecuencia.

La multicanalización por división de frecuencia empleado en la radiodifusión FM estereofónica comercial se muestra en la Figura 2.24.

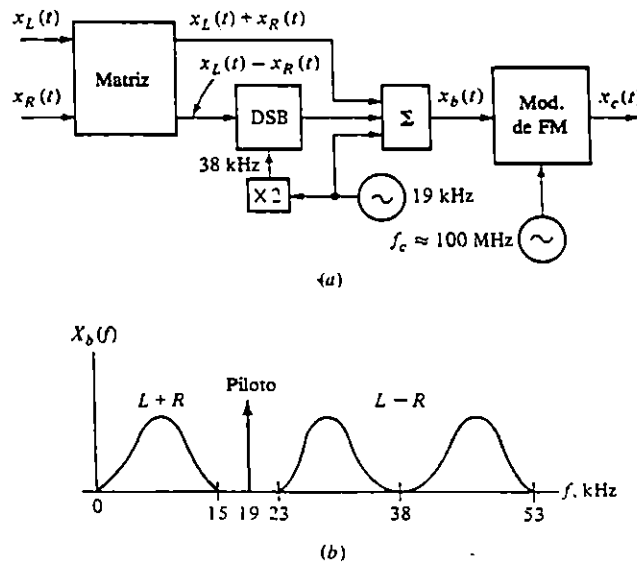


Fig. 2.24. Multicanalización de FM estéreo (a) transmisor (b) espectro de banda base.

Con referencia a la Figura 2.24. (a) las señales de los micrófonos izquierdo y derecho se matrizan primero para producir $x_L(t) + x_R(t)$ y $x_L(t) - x_R(t)$. La señal suma se escucha en un receptor monofónico; se requiere el matizado para que el oyente monoaural no esté sometido a huecos de sonido en el material del programa y no capte así efectos estereofónicos de ping pong.

Las señal $x_L(t) + x_R(t)$ se inserta luego directamente en la banda base, en tanto que la DSB con portadora suprimida $x_L(t) - x_R(t)$ modula una subportadora de 38 kHz que se deriva de una fuente de 19 kHz. La modulación de doble banda lateral se emplea para mantener la fidelidad a las bajas frecuencias. El tono piloto de 19 kHz se agrega para la sincronización en el receptor, que aparece en el espectro de banda base (Figura 2.24 b). En la Figura 2.25 se muestra el diagrama de bloques del receptor y cómo se emplea el tono piloto para la demodulación sincrónica.

El principal problema de la FDM es la diafonía, la indeseable unión de un mensaje con otro. La diafonía inteligible (modulación cruzada) aparece principalmente por las no linealidades del sistema lo cual ocasiona que una señal de mensaje module en forma parcial a otra subportadora. En la misma forma, la diafonía ininteligible ocasiona disturbios por la imperfecta separación espectral en el banco de filtros. A esto se debe que exista una separación por medio de una banda de seguridad entre $L + R$ y $L - R$.

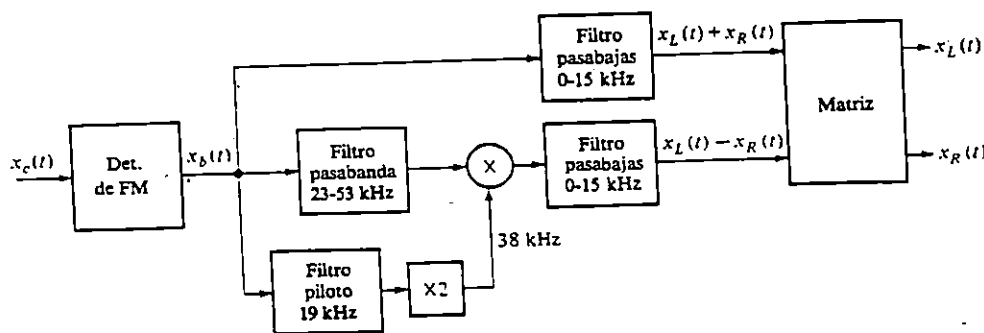


Fig. 2.25. Receptor de FM estéreo multicanal.

Conclusiones.

- Se muestra matemáticamente la diferencia entre Amplitud Modulada y Frecuencia Modulada.
- La potencia radiada por cada estación depende del área de servicio que se desee cubrir, definitivamente con el permiso legal de ANTEL.
- Nos muestra las funciones básicas de operación de un transmisor tanto para FM como para AM, al igual que sus receptores.

Referencias bibliográficas.

- Carlos, A. Bruce, Sistemas de Comunicación, México, McGraw Hill, 1987.
- Carrillo, Juan Antonio, Introducción a los Sistemas de Comunicaciones eléctricas, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 1989.
- Ennes, Harold E., AM-FM Broadcasting Equipment, Operations and Maintenance, United States of America, Howard W. Sams, 1974.
- Lafhi, B.P. Sistemas de Comunicación, México, Nueva Editorial Interamericana, S.A de C.V. , 1984.

CAPITULO III

SISTEMAS DE TELEVISION.

INTRODUCCION.

Los sistemas de televisión son sistemas de transmisión de imágenes en movimiento como una señal eléctrica, y en este capítulo se analiza la formación de la señal de video, explicando sus distintas partes. También se define los valores nominales de los parámetros utilizados, establecidas por normalización; además se explica la multicanalización utilizada para la transmisión de video y audio en una misma señal, ya sea para la televisión en blanco y negro y en colores.

Con este capítulo concluye el análisis de los sistemas de radiodifusión considerándolos como sistemas, para luego ver con detalle cada elemento por separado y comprender la disposición física de dichos elementos en un sistema real.

3.1. La señal de video.

Para empezar con el caso más simple, considérese un patrón de intensidad monocromático (blanco y negro) de movimiento libre $I(h,v)$, donde h y v son las coordenadas horizontal y vertical. La conversión de $I(h,v)$ a una señal $x(t)$ y viceversa requiere de un proceso discontinuo de mapeo, tal como la trama de exploración que se muestra en el diagrama de la Figura 3.1. El dispositivo de exploración, que produce un voltaje o una corriente proporcionales en intensidad, principia en el punto A y se mueve con velocidades constantes, pero no iguales en las direcciones horizontal y vertical, siguiendo la trayectoria AB. Así, si S_h y S_v son las velocidades de exploración horizontal y vertical, la salida del explorador es la señal de video,

$$x(t) = I(S_h t, S_v t) \quad (3.1)$$

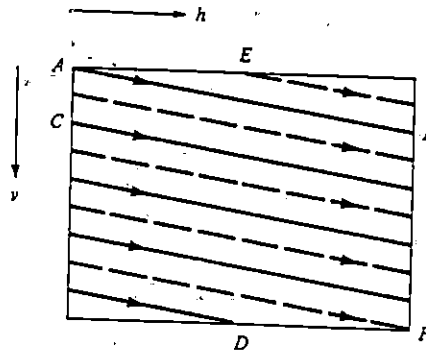


Fig. 3.1. Trama de exploración (el espaciamiento entre líneas está exagerando en forma burda).

puesto que $h = S, t$, etc. Alcanzar el punto B, el punto de exploración regresa en forma rápida a C (el retraso horizontal) y prosigue de manera similar hacia el punto D, donde finaliza la exploración de facsimil.

En televisión, sin embargo, se debe propiciar el movimiento de la imagen, por lo que el punto retraza en forma vertical hacia E y produce un patrón entrelazado que finaliza en F. El proceso se repite, empezando de nuevo en A. Los dos conjuntos de líneas se conocen como el primero y segundo campos; juntos constituyen una imagen completa o cuadro. La velocidad de cuadro es lo suficientemente rápida (25 a 30 por segundo) como para crear la ilusión de movimiento continuo, mientras que la velocidad de campo (del doble de la velocidad de cuadro) hace que el parpadeo sea imperceptible para el ojo humano. En consecuencia, la exploración entrelazada permite la velocidad de repetición de imagen más baja posible sin un parpadeo apreciable.

Se hacen dos modificaciones a la señal de video después de la exploración: se le insertan pulsos de borrado durante los intervalos de retraso para suprimir las líneas de éste en el tubo de imagen del receptor; y se agregan pulsos de sincronización en la parte superior de los pulsos de borrado para sincronizar a los circuitos de barrido horizontal y vertical del receptor. La Figura 3.2. muestra la forma de onda para una línea completa o niveles de amplitud o duraciones, correspondientes a las normas de TV de Estados Unidos. En la Tabla 3.1 se enumeran otros parámetros normas.

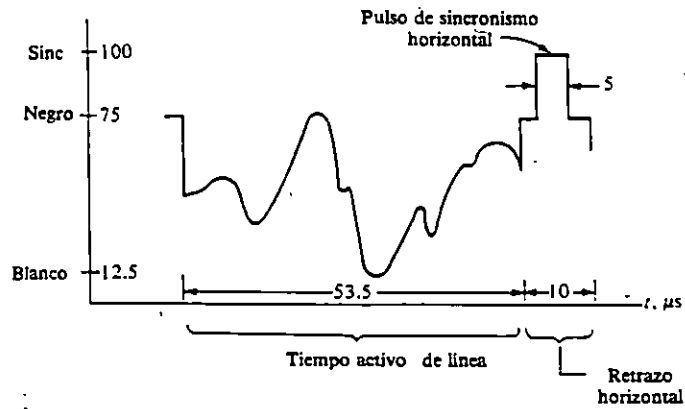


Fig. 3.2. Forma de onda de video para una línea completa.

Tabla 1. Normas de televisión en Estados Unidos

Relación de aspecto (anchura a altura)	4/3
Total de líneas por cuadro	525
Frecuencia de línea *	15.75 kHz
Tiempo de línea *	63.5 μ s
Tiempo de retraso horizontal *	10 μ s
Frecuencia de campo *	60 Hz
Retraso vertical *	20 líneas por campo
Ancho de banda de video	4.2 Mhz
Ancho de banda de transmisión	6.0 Mhz
Frecuencia de la portadora de video	54-72, 76-88, 174-216, 470-890 Mhz
Frecuencia de portadora de audio	4.5 Hz arriba de la portadora de video
Desviación de audio en FM	25 kHz

* valores nominales

3.1.1. El espectro de video.

El análisis del espectro de la señal de video en ausencia de movimiento es relativamente fácil, donde, en vez de la exploración de retraso la imagen se repite en forma periódica en ambas direcciones por lo que la trayectoria de exploración equivalente no se interrumpe. Así, cualquier función periódica de dos variables se puede desarrollar como una serie de Fourier bidimensional por medio de una extensión directa de la serie unidimensional. Para el caso que se analiza, con H y V como los períodos horizontal y vertical (incluyendo la concesión de retraso), la intensidad de la imagen es

$$I(h,v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_{mn} \exp \left[j2\pi \left(\frac{mh}{H} + \frac{nv}{V} \right) \right] \quad (3.2)$$

donde

$$C_{mn} = \frac{1}{HV} \int_0^H \int_0^V I(h,v) \exp \left[-2j\pi \left(\frac{mh}{H} + \frac{nv}{V} \right) \right] dh dv \quad (3.3)$$

por lo tanto, haciendo

$$f_h = \frac{S}{H} \quad f_v = \frac{S}{V}$$

y empleando las ecuaciones (3.1) y (3.2)

$$x(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_{mn} e^{j2\pi(mf_h + nf_v)t} \quad (3.4)$$

con lo que se tiene una señal periódica del doble conteniendo todas las armónicas de la frecuencia de línea f_h y de la frecuencia de campo f_v más sus sumas y diferencias. Puesto que $f_v \gg f_h$ y que C_{mn} por lo general, disminuye conforme aumenta el producto mn , donde las líneas espectrales se agrupan alrededor de las armónicas de f_h y existen grandes intervalos entre los grupos.

La ecuación (3.4) es exacta para una imagen fija, es decir, en sistemas de facsímil. Cuando la imagen tiene movimiento, las líneas espectrales se pierden en grupos continuos al

rededor de las armónicas de f_n . Aun así, el espectro permanece "vacío" por lo general, un hecho que se emplea con ventaja en la televisión a color.

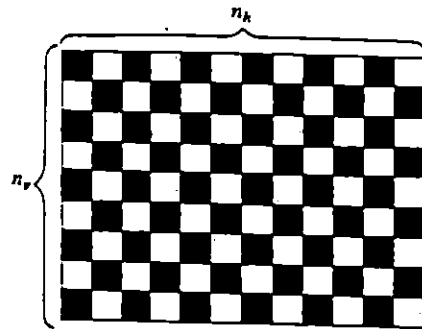


Fig. 3.3. Celdas de resolución horizontales y verticales.

3.1.2. Reducción y ancho de banda.

Dos factores básicos que impiden la reproducción perfecta de imágenes: puede haber sólo un número finito de líneas en la trama de exploración, lo cual limita la claridad de la imagen o resolución en la dirección vertical; y que la señal de video se debe transmitir con un ancho de banda finito, lo cual limita la resolución horizontal. En forma cuantitativa, se mide la resolución en términos del número máximo de líneas de imagen discretas que se pueden distinguir en cada dirección, digamos n_h y n_v . En otras palabras, la imagen más detallada que se puede definir se considera que es tablero que tenga n_h columnas y n_v filas (Figura 3.3).

Por lo general son de desearse una resoluciones horizontal y vertical iguales en línea por distancia unitaria, es decir, $N_h/(\text{ancho de imagen}) = n_v/(\text{altura de la imagen})$, o

$$\frac{n_h}{n_v} = \frac{\text{ancho de imagen}}{\text{altura de imagen}} = A \quad (3.5)$$

v a A se le conoce como la relación de aspecto.

Es obvio que la resolución vertical está relacionada con el número total de líneas de trama N; además, n_v es igual a N si todas las líneas de exploración son activas en la formación de la imagen y la trama se alinea de manera perfecta con las líneas de la Figura 3.3. Los estudios experimentales demuestran que una alineación arbitraria de la trama reduce la resolución efectiva en un factor de alrededor del 70%, conocido como el factor de Kerr, por lo que

$$n_v = 0.7 (N - N_r) \quad (3.6)$$

donde N es el número de líneas de la trama que se pierden durante el retraso vertical.

La resolución horizontal se continua por el ancho de banda de banda base B asignado a la señal de video. Si la señal de video es una senoide de frecuencia $f_{max} = B$, la imagen resultante será una secuencia de puntos luminosos y oscuros en forma alternada, espacios en medio ciclo en la dirección horizontal se desprende entonces que

$$n_h = 2B (T_{linea} - T_{hr}) \quad (3.7)$$

donde T_{linea} es la duración total de una línea y T_{hr} es el tiempo de retraso horizontal. Resolviendo la ecuación (3.7) para B y empleando las ecuaciones (3.5) y (3.6) se tiene

$$B = \frac{n_h}{2(T_{linea} - T_{hr})} = 0.35 \frac{N - N_r}{T_{linea} - T_{hr}} \quad (3.8)$$

se obtiene una expresión de ancho de banda alterna y más versátil multiplicando ambos miembros de la ecuación (3.8) por el tiempo de cuadro $T_{cuadro} = NT_{linea}$ y se demuestra en forma explícita la resolución vertical. Puesto que $N = n_v / 0.7(1 - N_r/N)$, esto da por resultado

$$BT_{cuadro} = \frac{0.714 n_v^2}{(1 - N_r/N)(1 - T_{hr}/T_{linea})} \quad (3.9)$$

resaltando que el requisito de ancho de banda (o tiempo adecuado) es proporcional al cuadrado de la resolución.

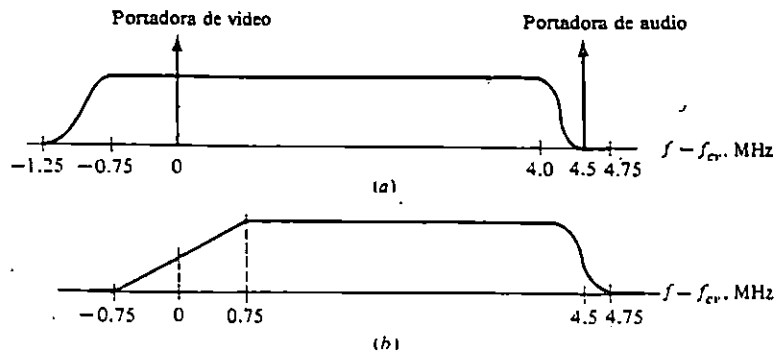


Fig. 3.4. (a) Espectro de TV como se transmite; (b) Forma de la banda lateral residual en el receptor.

3.2. Transmisores y receptores de TV.

El ancho de banda grande y el contenido de baja frecuencia significativo de la señal de video, junto con la sencillez deseada de la detención de envolvente, han conducido a la selección de la VSB + C para la radiodifusión de TV en los Estados Unidos. Sin embargo, puesto que la conformación precisa de la banda lateral residual se realiza con más facilidad en el receptor donde los niveles de potencia son pequeños, el espectro real de la señal modulada es como se indica en la Figura 3.4a. La frecuencia de potencia media de la banda lateral superior está alrededor de 4.2 MHz arriba de la portadora de video f_{cv} , mientras que la banda lateral inferior tiene un ancho de banda de 1 MHz. La Figura 3.4b muestra la conformación de frecuencia en el receptor.

La señal de audio está modulada en frecuencia sobre una portadora separada $f_{ca} = f_{cv} + f_a$, $f_a = 45$ MHz, con una desviación de frecuencia $f_d = 25$ MHz. Así, suponiendo un ancho de banda de audio de 10 kHz, $\Delta = 25$, el audio modulado ocupa alrededor de 80 kHz. Los canales de TV están espaciados en 6 MHz, dejando una banda de seguridad de 250 kHz, con frecuencia portadoras asignadas en las bandas de VHF y UHF.

A continuación se proporcionan detalles adicionales acerca

de los transmisores y receptores de TV monocromáticos; la modificaciones de la TV a color se examina en la siguiente sección.

3.2.1. Transmisores.

En el diagrama a bloques de la Figura 3.5 se muestran las partes esenciales de un transmisor de TV. El generador de sincronización controla la trama de exploración y proporciona los pulsos de borrado y sincronismo para la señal de video.

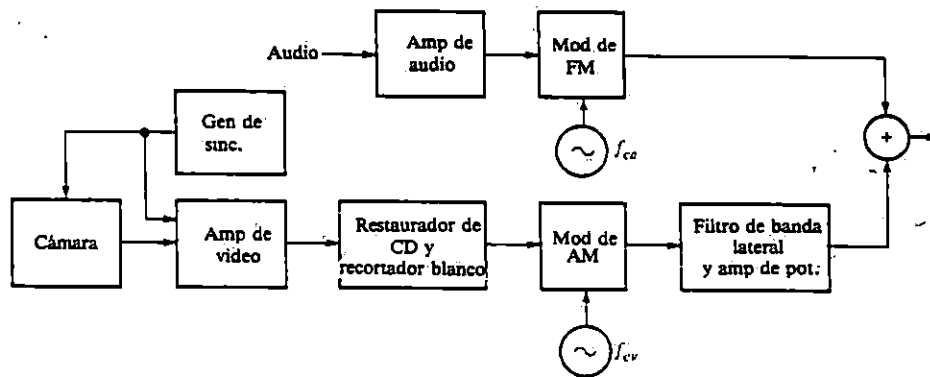


Fig. 3.5. Transmisor de TV

El restaurador de CD y el recortador blanco trabajando juntos aseguran que los niveles de señal de video amplificada estén en las proporciones mostradas en la Figura 3.2 el modulador de video es del tipo de AM de alto nivel y el amplificador de potencia remueve la porción inferior de la banda lateral inferior.

La antena tiene una configuración de puente equilibrado de tal manera que las salida de los transmisores de audio y video sean irradiadas por la misma antena sin que se interfieran entre sí. La potencia transmitida de audio es de 50 a 70% de la potencia de video .

3.2.2. Receptores.

Como se indica la Figura 3.6, un receptor de TV es del tipo superheterodino. El amplificador principal de FI tiene f_{ri} en el intervalo de 41 a 60 MHz y proporciona la

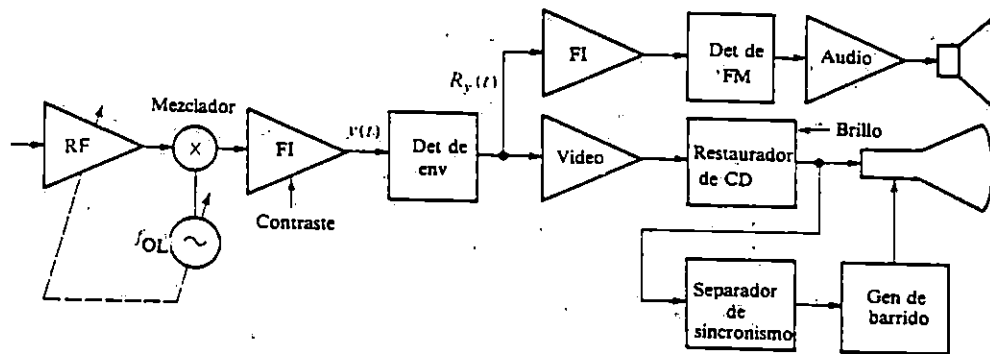


Fig. 3.6. Receptor de TV

conformación residual de la Fig 3.4b. Notese que la señal de audio modulada también pasa por este amplificador pero con una ganancia sustancialmente menor. Así, recurriendo a la ecuación (3.10), la señal total en la entrada del detector de envolvente es

$$y(t) = A_{ev} [1 + m(x(t))] \cos \omega_v t - A_{ev} m(t) \sin \omega_v t + A_a \cos[(\omega_v + \omega_a + \theta(t))] \quad (3.10)$$

donde $x(t)$ es la señal de video, $\theta(t)$ es el audio de FM, y $\omega_a = 2\pi f_a$. Puesto que $|m(t)| \leq 1$ y $A_a \leq A_{ev}$, la envolvente resultante es en forma aproximada

$$R_v(t) = A_v[1+m_x(t)] + A_c \cos[\omega_c + \theta(t)] \quad (3.11)$$

expresión que da la señal a la salida del detector del envolvente.

El amplificador de video tiene un filtro pasabajas para remover la componente de audio de $R_v(t)$ así como un restaurador de CD que en forma electrónica bloquea los pulsos de borrado y con ello restituye el nivel correcto de CD a la señal de video. La señal de video amplificada con la CD restituida se aplica al tubo de imagen y a un separador de pulsos de sincronismos que proporcionan la sincronización para los generadores de barrido. El control de "brillo" permite el ajuste manual del nivel de CD, mientras que el control de "contraste" ajusta la ganancia del amplificador de FI.

La ecuación (3.11) demuestra que el detector de la salida del envolvente también incluye el audio modulado. Está componente se recoge y amplifica por medio de otro amplificador de FI sintonizado a 4.5 MHz. La detección de la FM y la amplificación dan lugar así a la señal de audio.

Obsérvese que, aunque la señal compuesta de audio y video transmitida es un tipo de multiplicación por división en frecuencia, no se requiere de conversión de frecuencia por separado para el audio. Esto es así porque la portadora de video actúa como un oscilador total para el audio en el proceso de detección de envolvente, un arreglo conocido como sistema de sonido por interportadora que tiene el aspecto ventajoso de que el audio y el video están siempre sintonizados juntos. La operación exitosa depende del hecho de que la componente de video es grande en comparación con el audio en la entrada de detector de envolvente, lo cual lo hace posible gracias al recortador blanco en el transmisor (ello previene que la señal modulada de video resulte muy pequeña) y la atenuación relativa del audio por las respuestas del amplificador de FI del receptor. (Figura 3.6b)

3.3. La televisión a color.

Cualquier color se puede sintetizar a partir de una mezcla de los tres colores aditivos primarios, rojo, verde y azul. Por consiguiente una aproximación rigurosa para la televisión a color incluiría la transmisión directa de tres señales de video, digamos $x_r(t)$, $x_g(t)$, y $x_b(t)$, una para cada color primario. Pero, además de los requisitos de aumento del ancho de banda, este método no sería compatible con los sistemas monocromáticos existentes. Una señal de TV de color

compatible en forma completa y que se adapta al canal monocromático, se desarrolló en 1954, aprovechando ciertas características de percepción de color por el hombre. Los aspectos sobresalientes de este sistema se bosquejan aquí.

3.3.1. Señales de luminancia y crominancia.

Por principio de cuenta, las tres señales de color primarios se pueden representar únicamente por medio de otras tres señales cualesquiera que sean combinaciones lineales independientes de $x_r(t)$, $y(t)$, y $x_b(t)$. Y, con una elección apropiada de coeficientes, se puede hacer una de las combinaciones de la misma forma que la intensidad o señal de luminancia de la TV monocromática. En particular, resulta que si

$$x_v(t) = 0.30x_r(t) + 0.59x_o(t) + 0.11x_b(t) \quad (3.12a)$$

entonces $x_v(t)$ es idéntica de manera virtual a la señal de video convencional simbolizada previamente $x(t)$. Las dos señales sobrantes, conocidas como señales de crominancia se toman como

$$x_i(t) = 0.60x_r(t) - 0.28x_o(t) - 0.32x_b(t) \quad (3.12b)$$

$$x_o(t) = 0.21x_r(t) - 0.52x_o(t) + 0.31x_b(t) \quad (3.12c)$$

aquí, las señales de colores están normalizadas de tal manera que $0 \leq x_r(t) \leq 1$, etc., por lo que la señal de luminancia nunca es negativa mientras que las señales de crominancia son bipolares.

La comprensión de las señales de crominancia se enriquece con la introducción del vector de color

$$x_c(t) = x_i(t) + jx_o(t) \quad (3.13)$$

cuya magnitud $|x_c(t)|$ es la intensidad de color o saturación cuyo ángulo $\arg |x_c(t)|$ es la tonalidad. La Figura 3.7. muestra las posiciones vectoriales de los colores primarios saturados en el plano IQ. Un azul-verde (pastel) saturado en forma parcial por ejemplo, podría tener $x_r = 0$ y $x_b = x_o = 0.5$, por lo que $x_c = -0.300 - j0.105$, $x_c = 0.318$, y $\arg[x_c] = -160^\circ$. Puesto que el origen del plano IQ representa la ausencia de color, se puede ver a la señal de luminancia como un vector perpendicular a este plano.

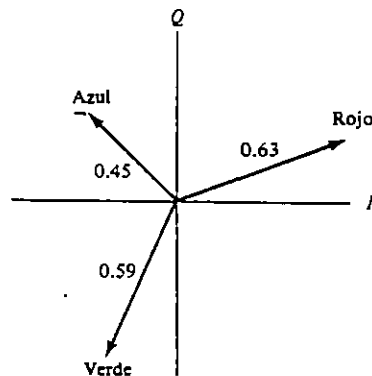


Fig. 3.7. Vectores de colores primarios saturados, IQ.

Dado que $x_v(t)$ sirve como la señal monocromática se debe asignar el ancho de banda base para proporcionar una resolución adecuada. En consecuencia, podría parecer que no hay lugar para las señales de crominancia. Recuérdese, sin embargo, que el espectro de $x_v(t)$ tienen intervalos periódicos entre las armónicas de la frecuencia de línea f_n y lo mismo es válido para las señales de crominancia además, pruebas sub-jetivas han demostrado que el ojo humano es menos perceptivo a la resolución de crominancia que a la luminancia, de tal manera que $x_r(t)$ y $x_b(t)$ se puede restringir a alrededor de una 1.3 MHz y 0.6 MHz, respectivamente, sin una degradación visible significativa de la imagen de color. La combinación de estos factores permite multicanalizar las señales de crominancia en una forma interpolada en el espectro de la banda base de la señal de luminancia.

3.3.2. Sistema de multicanalización de crominancia.

Cualesquiera dos señales se pueden modular en forma lineal sobre la misma portadora empleado el sistema cuyo diagrama se muestra en la Figura 3.8. Conocido como multicanalización de portadora en cuadratura, este arreglo utiliza el corrimiento de fase de portadora y detección sincrónica para permitir que dos señales ocupen la misma banda de frecuencia. La Figura 3.9. muestra como el esquema de portadora en cuadratura se incorpora a un transmisor de TV a color para las señales crominancia.

Las tres señales de color primero se matrizan por la ecuación (1) para formar $x_1(t)$, $x_2(t)$, y $x_3(t)$. Las señales de crominancia se filtran a pasabajas (con diferentes anchos de bandas) y se aplican a los moduladores de subportadora. El filtraje pasabanda subsecuente genera la modulación de doble

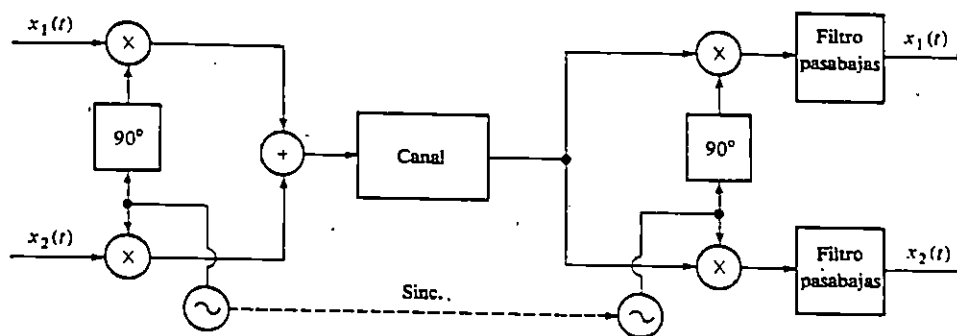


Fig. 3.12. Multicanalización de ortadora en cuadratura.

banda convencional para el canal Q y de banda lateral residual modificada para el canal I, es decir, doble banda lateral para frecuencias de banda base de $x_1(t)$ por abajo de 0.6 MHz y banda lateral única inferior para $0.6 < |f| < 1.3$ MHz. Lo último mantiene a las señales de crominancias moduladas tan altas como es posible en el espectro de banda base, confinándose con ello el parpadeo a áreas pequeñas mientras que solo se permite el suficiente ancho de banda para una apropiada resolución de $x_1(t)$. No se pueden emplear la supresión total de banda lateral obedeciendo al contenido de baja frecuencia significativo en $x_1(t)$ y $x_2(t)$.

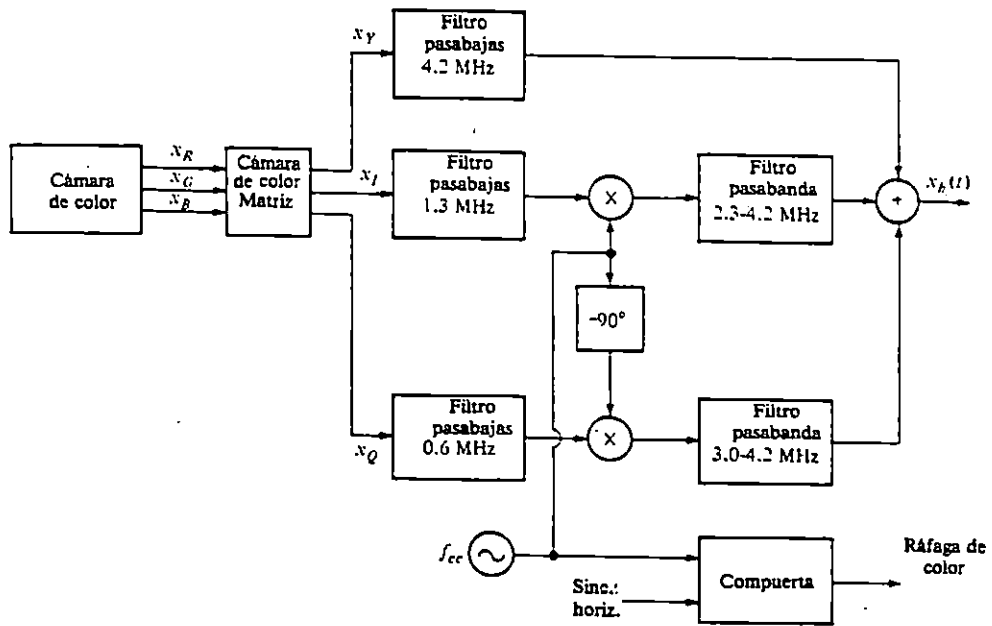


Fig. 3.9. Sistema de modulación de subportadora de color

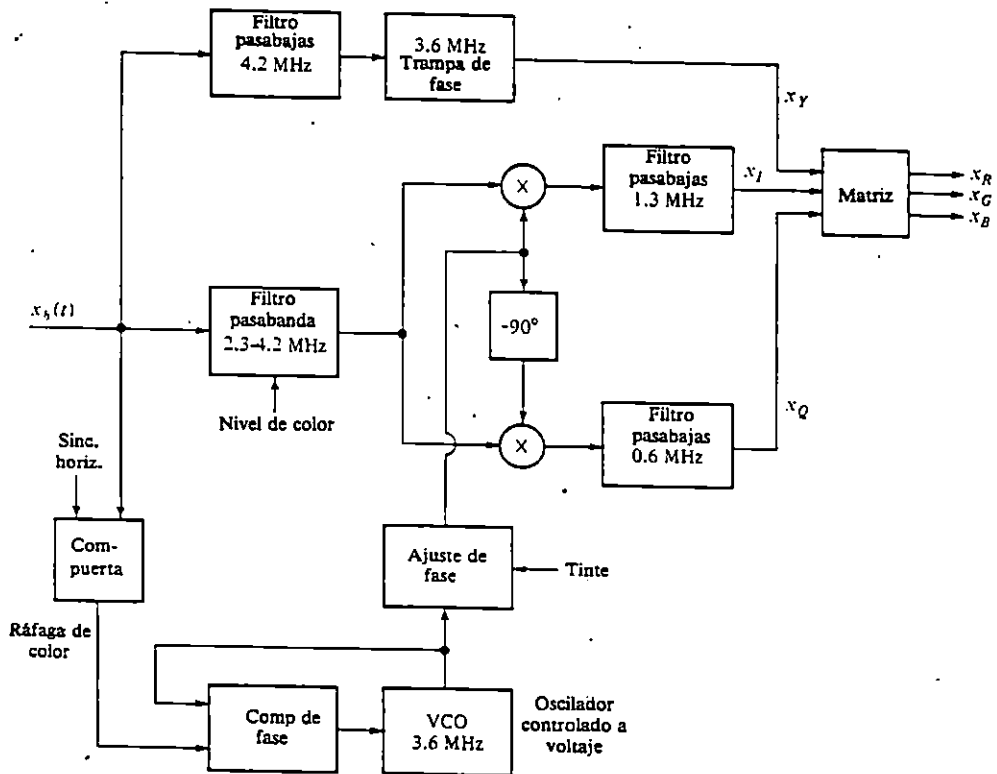


Fig. 3.10. Sistema de demodulación de color.

Incluyendo $X_v(t)$, la señal completa de banda base resulta ser

$$x_b(t) = x_v(t) + x_o(t) \operatorname{sen} \omega_{cc} t + x_f(t) \operatorname{cos} \omega_{cc} t + x_{IH}(t) \operatorname{sen} \omega_{cc} t \quad (3.14)$$

donde $x_{IH}(t)$ es la transformada de Hilbert de la porción de alta frecuencia $x_f(t)$ y que cuenta para las bandas laterales asimétricas. Esta señal de banda base toma el lugar de la señal de video monocromática en la Figura 3.5. en forma adicional, una parte de 8 ciclos de las subportadora de color conocido como ráfaga de color se pone sobre la porción posterior o "pórtico posterior" de los pulsos de borrados para efectos de sincronización.

La demulticanalización se efectúa en un receptor de TV de color después del detector de envolvente como se muestra en la Figura 3.10. puesto que la señal de luminancia está aquí en banda base, no se requiere mayor procesamiento salvo para amplificación de una trampa de 3.6 MHz o filtro de supresión para eliminar la componente principal del parpadeo; las bandas laterales de crominancia no necesitan ser removidas, gracias a la interpolación de frecuencias. Las señales de crominancia pasan a través de un amplificador pasabanda y se aplican a un par de detectores sincrónicos cuya oscilador local es controlado a voltaje sincronizado por comparación de fase con la fase con la ráfaga de color recibida. Los controles manuales que por general se encuentran rotulados como "nivel de color" (es decir, saturación) y "tinte" (es decir, tonalidad) sirven para ajustar la ganancia del amplificador de crominancia y las fases del oscilador controlado a voltaje; su efecto sobre la imagen con la facilidad en términos del vector de color con la Figura 3.7.

Suponiendo una buena sincronización, se desprende de la ecuación (3.4) que las señales detectadas pero no filtradas de los canales I y Q son proporcionales a

$$v_I(t) = x_f(t) + 2x_{vH} \operatorname{cos} \omega_{cc} t + x_f(t) \operatorname{cos} 2\omega_{cc} t + [x_o(t) + x_{IH}(t)] \operatorname{sen} 2\omega_{cc} t \quad (3.15a)$$

$$v_Q(t) = x_o(t) + x_{IH}(t) + 2x_{vH} \operatorname{sen} \omega_{cc} t + x_f(t) \operatorname{sen} 2\omega_{cc} t - [x_o(t) + x_{IH}(t)] \operatorname{cos} 2\omega_{cc} t \quad (3.15b)$$

donde $x_{vH}(t)$ representa a las componentes de frecuencia de luminancia en el intervalo de 2.3 a 4.2. MHz. Es obvio que el filtraje de pasabajas removerá los términos de frecuencia

doble, mientras que los términos que incluyen $x_{vh}(t)$ son frecuencias "invisibles". Además, $x_{vh}(t)$ en la ecuación (3.15b) no tiene componentes menores de 0.6 MHz, por lo que es rechazado por el filtro pasabaja del canal Q. (aquí, el filtraje imperfecto da por resultado un efecto molesto conocida como diafonía de color en cuadratura.) por tanto, no haciendo caso de los términos de frecuencia invisible, $x_1(t)$ y $x_2(t)$ han sido recuperados y se les puede matricular con $x(t)$ para generar las señales de color para el tubo de imagen. De manera específica de la ecuación (3.12).

$$x_1(t) = x(t) - 0.96x_1(t) + 0.62x_2(t) \quad (3.16a)$$

$$x_2(t) = x(t) - 0.28x_1(t) - 0.64x_2(t) \quad (3.17b)$$

$$x_3(t) = x(t) - 1.10x_1(t) + 1.70x_2(t) \quad (3.18a)$$

si ocurre que la señal ocurrida es monocromática entonces las tres señales de color serán iguales y la imagen producida será en blanco y negro. A esto se le conoce como compatibilidad inversa.

CONCLUSIONES.

- Aquí tratamos de mostrar lo más importante de los sistemas de televisión, lo más básico y principal que necesitamos conocer para tener una mejor idea del funcionamiento visto como sistema.
- Tener conocimiento de cuales son los factores básicos que impiden la reproducción perfecta de imagen.
- Los diagramas de bloque en este capítulo son parte importante para la excelente comprensión del transmisor y receptor de televisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Carlson, A. Bruce, Sistemas de Comunicación, México, McGraw Hill, 1987.
- Carrillo, Juan Antonio, Introducción a los Sistemas de Comunicación Eléctrica. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, 1989.

CAPITULO IV

LINEAS DE TRANSMISION Y ANTENAS

INTRODUCCION.

La línea de transmisión y la antena son elementos básicos en los sistemas de radio y televisión, por lo tanto este capítulo se ocupa de las características y parámetros involucrados en dichos elementos, como las pérdidas y acoplamientos para la línea de transmisión, y la ganancia direccionalidad e impedancia para la antena.

La finalidad de este capítulo es la elección apropiada de una línea de transmisión para una antena, y también describir los distintos tipos de propagación y los sistemas de antena reales en AM, FM y TV.

4.1. Líneas de transmisión.

Las líneas de transmisión sirven para transferir energía eléctrica a varias frecuencias, con pérdidas mínimas de un punto a otro. En los servicios de radiodifusión se usa para transferir energía de un transmisor al sistema de antena.

4.1.1. La impedancia característica.

Una línea de transmisión infinitamente larga proporcionaría una situación en la que no se reflejaría potencia hacia la fuente de energía. Evidentemente, esa situación de una línea de transmisión infinitamente larga no puede existir en realidad. Sin embargo, el funcionamiento de una línea de transmisión finita que tenga una terminación igual a la impedancia característica de la línea de transmisión.

La capacitancia y la inductancia distribuidas de una línea de transmisión infinitamente larga tomarían potencia de la fuente en forma continua, puesto que la inductancia y la

capacitancia, cada vez más lejos sobre la línea, almacenarían energía. A diferencia de la inductancia y la capacitancia globales, una línea infinita tiene un número infinito de inductancia y capacitancia que almacenarán energía. Así, para proporcionar una situación en la que no se refleja potencia de la carga sobre la línea finita de transmisión, se escoge la impedancia característica de la línea de transmisión como igual a la impedancia de la carga, como se muestra en la Figura 4.1.

En la Tabla 4.1 se presenta la capacitancia y la inductancia por unidad de longitud para algunas líneas de transmisión disponibles comercialmente.

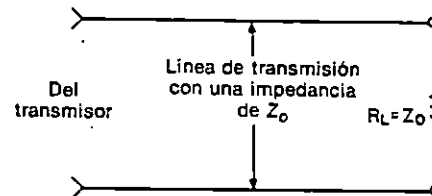


Fig. 4.1. Una carga acoplada debe tener una impedancia igual a la impedancia características de la línea de transmisión.

Tabla 4.1. Capacitancia e inductancia por pie para algunos tipos comunes de líneas de transmisión.

Tipo de cable	Capacitancia por pie, pF	Inductancia por pie, uH
RG-8A/U	29.5	0.083
RG-11A/U	20.5	0.115
RG-59A/U	21.0	0.112
214-023	20.0	0.107
214-076	3.9	0.351

La impedancia característica de una línea de transmisión depende de la capacitancia y la inductancia por unidad de longitud. La relación entre ellas es

$$Z_0 = \sqrt{L/C} \quad (4.1)$$

Puesto que la impedancia característica es dependiente de la inductancia y la capacitancia por unidad de longitud, se puede esperar que dependa también de la forma geométrica de la construcción del cable y la constante dieléctrica del aislamiento que separe a los conductores.

En la Tabla 4.2 se dan las constantes dieléctrica de algunos materiales dieléctricos que se usan comúnmente.

La impedancia característica de un cable coaxial se puede determinar mediante la ecuación que sigue:

$$Z_0 = \frac{130}{\sqrt{K}} \log \frac{b}{a} \quad (4.2)$$

Tabla 4.2. Constante dieléctrica de materiales utilizados comúnmente.

Material	Constante Dieléctrica
Aire	1.0
Baquelita	4.4-5.4
Acetato de Celulosa	3.3-3.9
Formica	4.6-4.9
Vidrio de Ventana	7.6-8.0
Vidrio Pyrex	4.8
Mica	5.4
Papel	3.0
Plexiglass	2.8
Polietileno	2.3
Poliestireno	2.6
Porcelana	5.1-5.9
Cuarzo	3.8
Teflón	2.1

donde

K: constante dieléctrica del material aislante
(Tabla 4.2)

b: diámetro interno del conductor externo

a: diámetro externo del conductor interno

4.1.2 Razón de onda estacionaria.

Las ondas estacionarias son los aparentes voltajes y corrientes que se presentan en una línea de transmisión (o antena). Son estacionarias desde el punto de vista de que sus puntos máximos y mínimos se producen siempre en los mismos puntos físicos a lo largo de la línea (o antena). Se crean ondas estacionarias cuando una línea no termina en su impedancia característica. En este caso, las ondas incidentes del generador se reflejan hasta cierto punto al final de la línea. Las ondas reflejadas se combinan continuamente con las ondas incidentes, haciendo que se formen ondas estacionarias a lo largo de la línea.

La razón de ondas estacionarias (SWR) es la de la corriente máxima (o voltaje) a lo largo de una línea a la corriente mínima (o voltaje) en esa línea. La razón se expresa comúnmente como un número mayor que 1 (Figura 4.2)

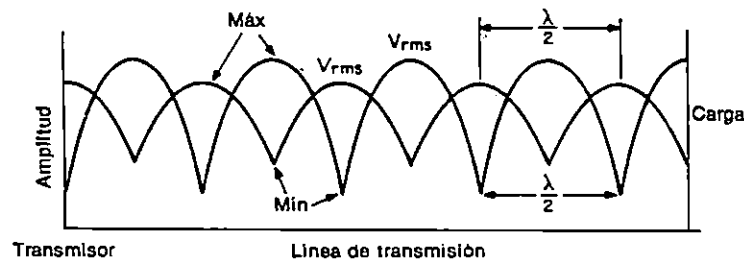


Fig. 4.2. Valores de amplitud de onda estacionaria que varían con la distancia a lo largo de la línea.

La razón de onda estacionaria de voltaje (VSWR) es igual a la razón de onda estacionaria de corriente (ISWR).

$$VSWR = (V_{rms. max}) / (V_{rms. min})$$

$$ISWR = I_{rms. max} / I_{rms. min}$$

$$SWR = VSWR = ISWR$$

Suponiendo que las ondas estacionarias de una línea de transmisión dadas se daban totalmente a una falta de coincidencia entre la impedancia de carga y la característica de la línea, la SWR estará relacionada con Z_0 y R_L , según con:

$$SWR = \frac{Z_0}{R_L} \quad (4.3)$$

o bien

$$SWR = \frac{R_L}{Z_0} \quad (4.4)$$

dependiendo de cual de esas expresiones proporcione una cantidad mayor que la unidad.

La condición más buscada es la SWR de 1, puesto que indica una coincidencia perfecta sin potencia reflejada y de ese modo, toda la potencia incidente en la carga la absorbe esta última.

4.1.3. Coeficiente de reflexión.

Cuando existe una falta de coincidencia entre la impedancia característica de la línea de transmisión y la carga final, la parte de la potencia transmitida por la línea se refleja en la carga y regresa por la línea. Esto produce onda de voltaje y corriente que van y vienen sobre la línea. La razón de voltaje reflejado al incidente (o bien alternativamente, de la corriente reflejada a la incidente) se define como coeficiente de reflexión K_r .

$$K_r = \frac{V_{refl}}{V_{inc}} = \frac{I_{refl}}{I_{inc}}$$

Puesto que la desigualdad entre la resistencia de carga y la impedancia característica de la línea es la causa de reflexiones, existe una relación entre el coeficiente de

reflexión, la impedancia característica y la resistencia de carga:

$$K_r = \left| \frac{Z_0 - R_L}{Z_0 + R_L} \right| \quad (4.5)$$

Ya que también la razón de onda estacionaria como el coeficiente de reflexión son indicaciones de falta de coincidencia entre la carga y la línea de transmisión, existe una relación entre ellas:

$$K_r = \frac{SWR - 1}{SWR + 1} \quad (4.6)$$

La potencia es proporcional al cuadrado del voltaje y el coeficiente de reflexión es la razón de voltaje reflejado al incidente: por consiguiente el porcentaje de potencia incidente que se refleja de la carga es:

$$\% \text{ de potencia reflejada} = K^2 \times 100 \%$$

y por lo tanto, la potencia absorbida incidente por la carga es:

$$\% \text{ de potencia incidente absorbida} = 100\% - \% \text{ de potencia reflejada}$$

4.1.4. Pérdidas por atenuación.

Hasta ahora se consideró que las líneas de transmisión no tenían pérdida, o sea, que no se producirían en ellas pérdidas de potencias debidas a la radiación de la línea o el calentamiento de los conductores o el material dieléctrico. Las pérdidas que se deben a la radiación son difícil de estimar teóricamente y esto se maneja, por lo común, por medios de medidas directas con instrumentos. No obstante, las pérdidas de potencia se pueden estimar sobre la base de la información proporcionada por el fabricante. Por lo general, esos datos los presentan los fabricantes en la forma de una gráfica como la de la Figura 4.3. Esos datos se aplican a situaciones en las que el SWR es de 1.

Existen otros datos publicados por los fabricantes que proporcionan las pérdidas en dB para la situación en las que la SWR es diferente de 1, y se determina a partir de la Figura 4.4, las cuales serían adicionales a las encontradas con la Figura 4.3.

Fig. 4.4. Pérdida adicional provocada por varias razones de onda estacionaria.

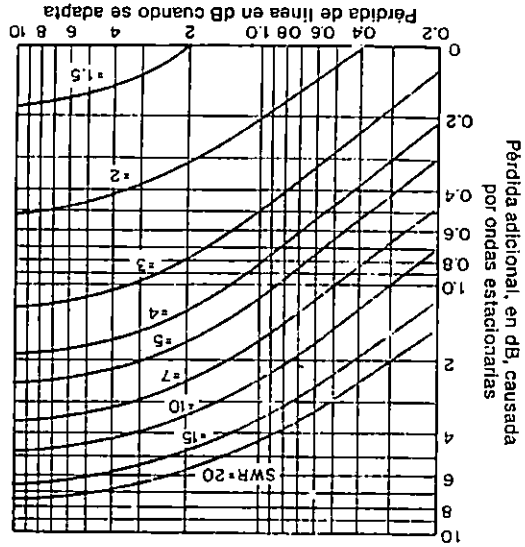
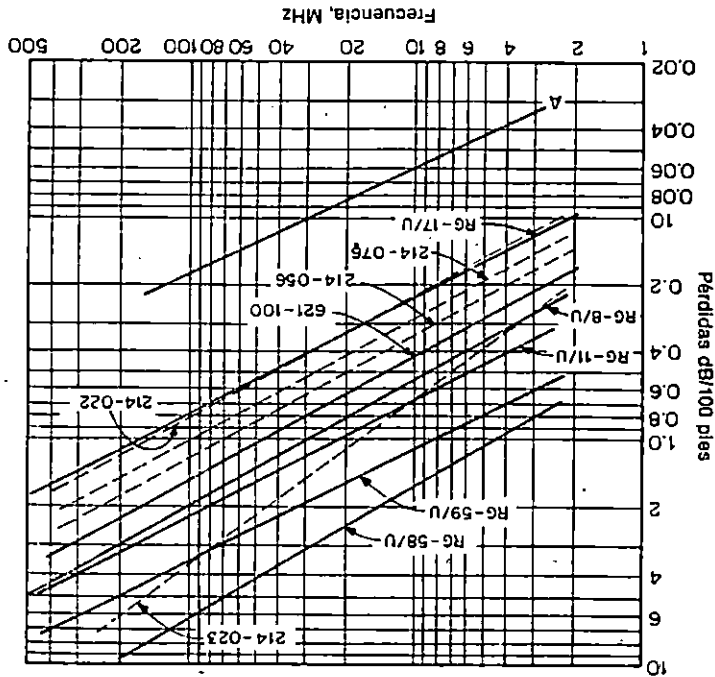


Fig. 4.3. Atenuación por 100 pies de cable para SWR=1.



4.1.5. Acoplamiento por medio de secciones de $1/4 \lambda$.

Un segmento de línea de transmisión de longitud igual a un cuarto de longitud de onda de la señal en la línea, cortado de un cable con una impedancia característica igual a

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 Z_2} \quad (4.7)$$

en donde Z_1 es la resistencia de carga y Z_2 es la impedancia característica de la línea de transmisión, se denomina transformador de un cuarto de longitud de onda. Véase la Figura 4.5.

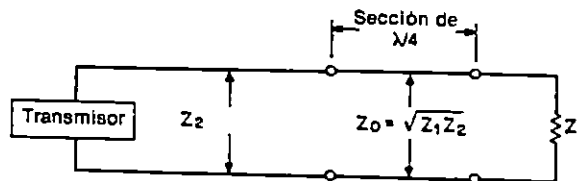


Fig.4.5. Sección de un cuarto de onda para acoplar impedancias desiguales.

El efecto de la sección de un cuarto de onda es el de hacer que parezca que la carga y la línea están igualadas, lo que reduce la SWR a 1 y, de ese modo disminuyen las pérdidas en la línea.

4.2. Propagación de ondas.

La propagación de las ondas electromagnéticas utilizadas en la radiodifusión está influenciada por dos tipos de factores: factores naturales y factores debidos al nombre.

Los factores naturales corresponden a las características locales de la región en donde se propagan las ondas, las cuales son:

a) Características eléctricas de la superficie; tales características cambian si se trata de tierras cultivada, desierto, agua dulce, agua salada, etc.

b) Características topográficas de la región, ya sea superficie montañosa, llanura, espejo de agua, etc.

c) Características del dieléctrico, por ejemplo, aire seco, aire húmedo, ionósfera, etc.

d) Clima.

Estos factores deben ser muy conocidos y tomados en cuenta en el diseño del sistema de radiodifusión. La evaluación de las características de propagación deberán basarse en mediciones efectuadas en diferentes épocas del año y en distintas horas del día. En general, se puede considerar que la superficie del planeta se comporta como un buen conductor. Los valores de conductividad σ se representa en un mapa que recibe el nombre de "carta de conductividad del suelo".

Los factores debido al hombre se pueden clasificar en dos tipos: los que no tienen que ver con el proyecto en sí (ruidos y radiaciones espurias de otros sistemas eléctricos) y los que resultan de las decisiones tomadas en la elaboración del proyecto: rango de frecuencias de trabajo, altura de las antenas del suelo y distancia entre antena transmisora y receptora.

De la combinación de estos factores dependerá las condiciones de radiación y propagación de la energía electromagnética entre la antena transmisora y la antena receptora. Las ondas en la radiodifusión son de dos tipos: onda espacial y onda superficial.

4.2.1. Onda superficial.

Las ondas superficiales o de tierra, como su nombre lo indica, corresponden a propagaciones de energía electromagnética que tiene lugar a ras de suelo. Las antenas transmisora y receptora deben estar colocadas sobre el suelo, a lo sumo a distancias que son muy pequeñas comparadas con la longitud de onda. La intensidad de campo (E) deberá estar polarizado verticalmente, ya que toda componente tangencial sería cortocircuitada por la superficie conductora del suelo, por lo tanto, la antena transmisora y la antena receptora deberán estar constituidas por conductores verticales.

Si el suelo se presentara como un conductor plano perfecto, las ondas de superficie serían en el modo TEM, pero con disminución de la intensidad de campo inversamente proporcional a la distancia. Pero el hecho que la conductividad del suelo no sea infinita tiene por consecuencia que la onda sufra pérdidas de potencia en la superficie del suelo, resultando en una atenuación mayor que el correspondiente a la propagación de espacio libre.

La variación del campo eléctrico E en función de la distancia D, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$E_D = A \frac{E_0}{D} \quad (4.8)$$

en donde A es un factor siempre menor que la unidad, y depende de la conductividad σ del suelo, de su permitividad dieléctrica ϵ y de la distancia medida en longitudes de onda (D/λ) .

En la Figura 4.6 se muestran gráficas de variación de E con la distancia, asumiendo que el campo a 1 km de la antena transmisora es 300 mV/m; para efectos de comparación, se ha graficado la variación de E para la propagación de espacio libre, la cual es la recta superior. Cuando A alcanza el valor unitario, se tiene la condición de propagación de espacio libre.

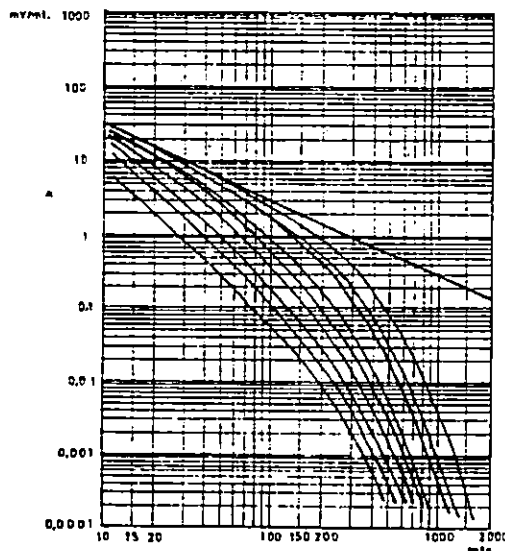


Fig.4-6. Variación de E con la distancia de ondas de superficie.

Puede observarse que, para distancias de la antena transmisora relativamente cortas, la intensidad de campo difiere relativamente poco del valor que tendría en condiciones de propagación de espacio libre. A medida que la distancia crece las pérdidas aumentan y, a partir de un punto crítico, correspondiente a unas 200λ , el campo cae con una pendiente prácticamente igual al recíproco del cuadrado de la distancia.

4.2.2. Onda espacial.

Las ondas superficiales corresponden también a propagación de energía electromagnética en la región adyacente a la superficie de la tierra, diferenciándose de las ondas espaciales por la altura de las antenas del suelo, las que son mayores que unas 30 longitudes de onda. Cuando el frente de onda se aproxima al suelo, presenta ya el comportamiento característico del campo lejano; por lo tanto las antenas pueden orientarse en distinta manera, dando lugar a ondas polarizadas intermedias.

El campo a distancia D de la antena transmisora resulta de la interferencia de la onda libre que se propaga directamente (rayo directo) y la que llega después de una reflexión en el suelo (rayo reflejado). Para distancias cortas entre antenas transmisoras y receptora, la superficie de la tierra puede asumirse razonablemente plana. Pero cuando la distancia entre ambas antenas es de 35 km o más, ya no es posible considerar a la tierra plana. Estas dos consideraciones se muestran en la Figura 4.7.

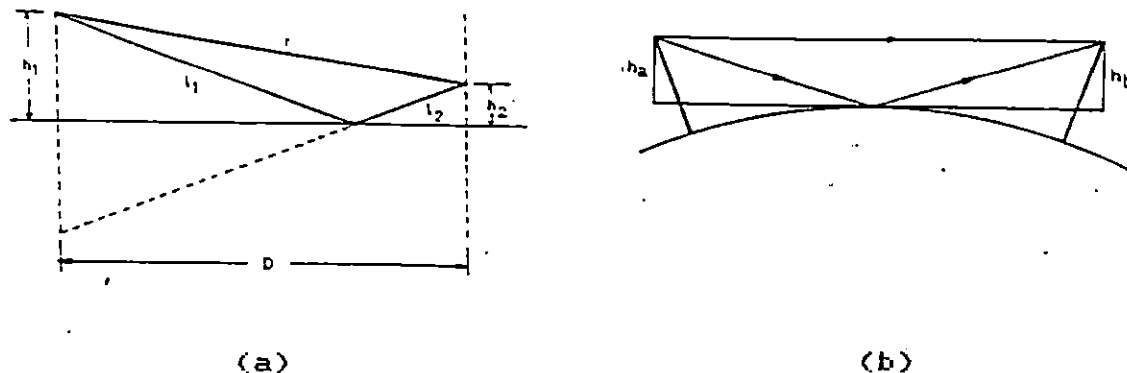


Fig.4.7. (a) Onda espacial sobre tierra plana (b) Onda espacial sobre tierra esférica.

En la Figura 4.8. se muestra la variación de E con distancia D , notándose con las distancias máximas y mínimos no son constantes en la Figura, se ha ideado, para efectos de comparación, las rectas con pendiente correspondiente a $1/r$ que daría la variación de E en condiciones de propagación de espacio libre, así como el diagrama que resultaría si el suelo fuera un conductor perfecto o sea, con máximos de amplitud doble, es decir, con aumentos de 3 dB. Al cambiar frecuencias ó alturas de antenas, el diagrama de variación cambia; en particular con distintas λ se modifican las distancias entre máximos y mínimos, así como el punto crítico después del cual E cae como $1/r^2$.

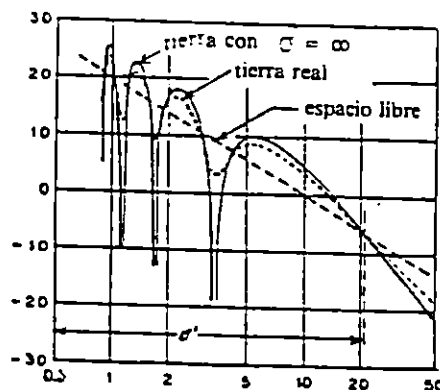


Fig. 4.8. Variación del campo E con distancia D .

4.3. Antenas y radiación.

Las líneas de transmisión están hechas de manera que la pérdida de energía en el espacio libre, es decir, la radiación, se haga mínima; mientras que las antenas están diseñadas para radiar (ó recibir) energía en la forma más efectiva que sea posible por lo tanto, una antena es un dispositivo de transición ó traductor entre una onda guiada y una onda en el espacio libre ó viceversa.

En la Figura 4.9. la antena parece vista desde la línea de transmisión como un elemento de circuito de dos terminales

con una impedancia Z que tiene una componente resistiva llamada resistencia de radiación R_r , mientras que desde el espacio libre la antena se caracteriza por sus configuraciones o patrones de radiación que contiene cantidades de campo.

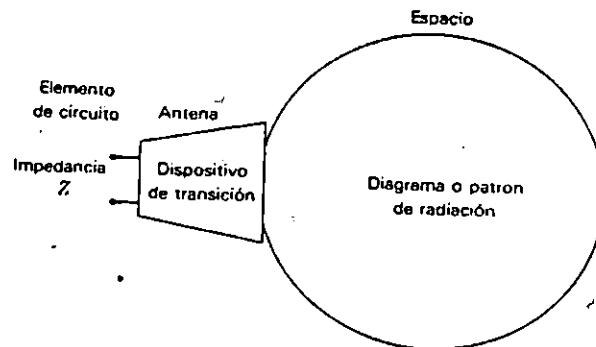


Fig.4-9. Representación de la antena como dispositivo de transición entre una impedancia de circuito y un campo de radiación.

La antena también tiene asociada una temperatura de antena T_a , la cual no tiene que ver con su temperatura física, sino que se relaciona con la temperatura de regiones distantes del espacio acopladas a la antena por medio de su patrón de radiación.

La resistencia de radiación y la temperatura de la antena son cantidades escalares. Los diagramas de radiación son cantidades tridimensionales que depende de la variación del campo y la potencia (proporcional al cuadrado del campo) en función de las coordenadas θ y ϕ . La Figura 4-10. muestra un patrón del campo con distancia radial r proporcional a la intensidad de campo en la dirección θ y ϕ . El patrón tiene su lóbulo principal (radiación máxima) en la dirección z ($\theta=0$) con lóbulos menores (lateral y posterior) en otras direcciones.

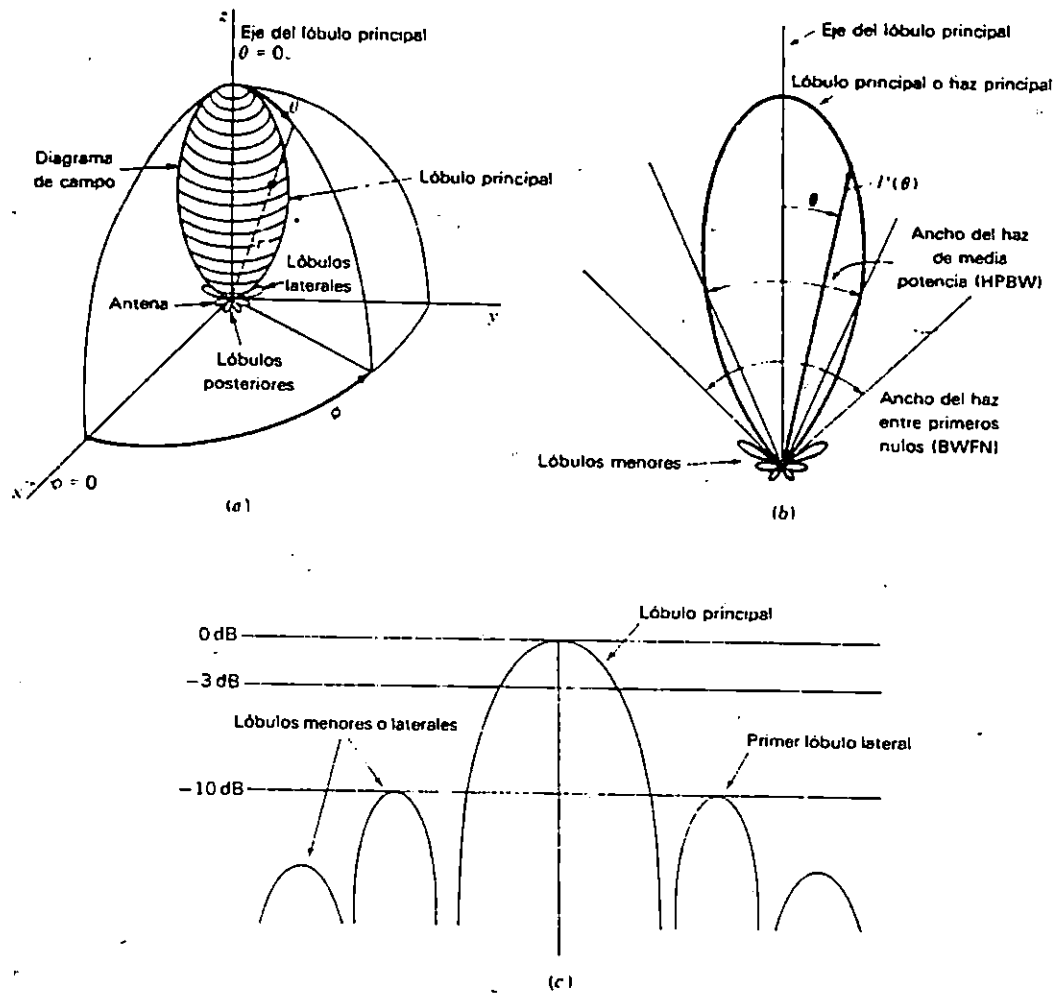


Fig.4-10. (a) Diagrama de campo en sistema coordenado (b) Diagrama de potencia en coordenadas polares (c) Diagrama de antena en y escala en dB.

Si bien las características del patrón de radiación de una antena contienen campos vectoriales tridimensionales para tener una representación plena, existen otros parámetros escalares que pueden proporcionar toda la información requerida del patrón de radiación para mayor parte de las aplicaciones de ingeniería. Estos son el ángulo sólido del haz (Ω_A), la directividad D (o ganancia G) y la abertura útil o eficaz A_e .

El ángulo del haz con frecuencia puede describirse

aproximadamente, en términos de los ángulos subtendidos por los puntos de potencia media en los dos planos principales; una aproximación útil es

$$\Omega_A = \Theta_{HP} \varnothing_{HP} \quad (\text{Sr}) \quad (4.9)$$

donde Θ_{HP} y \varnothing_{HP} son los anchos del haz de potencia media entre dos planos principales. La directividad de una antena está dada por

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} \quad (\text{adimensional}) \quad (4.10)$$

Cuanto menor sea el ángulo sólido del haz (ó ancho del haz de potencia media) mayor será la directividad.

Si una antena tiene lóbulo principal con ambas HPBW=20°, su directividad es

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} = \frac{41.253(\text{deg}^2)}{\Theta_{HP}^{\circ} \varnothing_{HP}^{\circ}} = \frac{41.253(\text{deg}^2)}{20^{\circ} \times 20^{\circ}} = 103$$

$$D = 20.1 \text{ dB (dB isotrópicos arriba)}$$

y significa que la antena radia una potencia en la dirección de lóbulo principal que es 103 veces mayor que la que se radiará por una antena no direccional (isotrópica) con la misma entrada de potencia.

La ganancia G es igual a la directividad para antenas sin pérdidas. Si existe pérdidas, la ganancia es menor que la directividad. Entonces, la ganancia $G = kD$ donde $k =$ factor de eficiencia ($0 \leq k \leq 1$).

La abertura útil o eficaz A_e se relaciona con la longitud de onda λ y la directividad Ω_A , por medio de la expresión

$$A_e = \frac{\lambda^2}{\Omega_A} \quad (\text{m}^2) \quad (4.11)$$

La resistencia de radiación se relaciona con el patrón de radiación y su relación con los demás parámetros esta dada por

$$R_r = \frac{K^2}{Z_0} \Omega_A \quad (\Omega) \quad (4.12)$$

donde K_r : constante

Z_0 : impedancia intrínseca del espacio (376.7Ω)

Concluyendo, la antena o región de transición entre la onda guiada o el espacio libre tiene una distribución de corriente que enlaza, por un lado, dispositivo de circuito con resistencia de radiación y temperatura de la misma, y por el otro lado, un dispositivo de espacio que tiene patrones de radiación con parámetros asociados de ángulo sólido de haz, directividad, ganancia y abertura útil ó eficaz.

A continuación se tratará con más detalle la antena utilizada en los servicios de radiodifusión, la antena de dipolo corto.

4.3.1. Antena de dipolo corto.

La antena dipolo corto consiste de un conductor lineal corto, cuya longitud l debe ser muy corta en comparación con la longitud de onda ($l \ll \lambda$). En la Figura 4.11. se representa un esquema de una antena de dipolo corto. Las placas en los extremos del dipolo proporcionan carga capacitiva. La longitud corta y la presencia de esas placas producen una corriente uniforme I a lo largo de toda la longitud l del dipolo. El dipolo puede energizarse por medio de una línea de transmisión equilibrada, como se muestra. Se supone que la línea de transmisión no radia. La radiación de las placas extremas se considera también despreciables. El diámetro d del dipolo es pequeño comparado con su longitud ($d \ll l$). Por lo tanto, el dipolo corto puede considerarse como aparece en la Figura 4.11. (b).

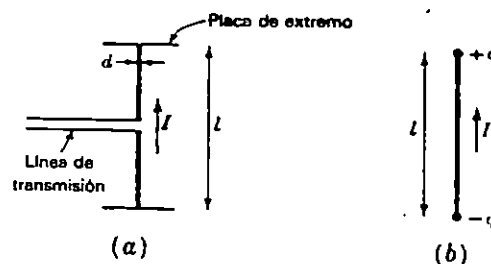


Fig.4.11 (a) Antena de dipolo corto alimentada por la línea de transmisión de dos conductores y (b) Su equivalente.

Para la distancia lejana, el dipolo posee únicamente dos componentes de campo, E_{θ} y H_{ϕ} , y están dados por

$$E_{\theta} = j \frac{30 I_0 \beta l}{r} e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta \quad (4.13)$$

$$H_{\phi} = j \frac{I_0 \beta l}{4\pi r} e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta \quad (4.14)$$

donde I_0 : amplitud (valor de cresta en el tiempo) de la corriente, A.

β : Constante de fase ($2\pi/\lambda$), rad/mt.

ω : frecuencia angular ($2\pi f$), rad/seg.

l : longitud del dipolo, m.

θ : ángulo entre el dipolo y un vector longitud r aun punto P.

r : distancia desde el centro del dipolo a una punto P, mt.

Nótese que E_{θ} y H_{ϕ} están en fase en el tiempo, por lo que se relacionan en la misma forma que una onda viajera plana. Ambos son proporcionales al $\sin \theta$. Es decir ambos son máximos cuando $\theta=90^\circ$ y mínimos cuando $\theta=0$ (en la dirección del eje dipolar). Esta variación del campo con el ángulo representa el patrón de radiación y se muestra en la Figura 4.12 siendo la longitud l un radio vector proporcional al valor del campo lejano (E_{θ} ó H_{ϕ}) es esa dirección desde el dipolo. El patrón de la Figura 4.12. (a) es la mitad de un patrón o diagrama tridimensional. El patrón tridimensional del campo del dipolo corto es en forma de nuez, mientras que patrón bidimensional tiene la forma de un ocho.

En el campo lejano la energía que fluye es real. Esto es, el flujo de energía es siempre radial hacia afuera. Esta energía es radiada. En función del ángulo, su máximo está en el ecuador ($\theta=90^\circ$). En el campo cercano el flujo de energía es principalmente reactivo. Es decir, la energía fluye hacia afuera y hacia adentro dos veces por ciclo sin que sea radiada. El comportamiento del campo es diferente en esa región, y las componentes eléctricas y magnéticas están fuera de fase tanto en tiempo como en dirección. De aquí en adelante se considerará que esta región llamada campo de inducción no afectará el análisis.

donde μ_0 : permeabilidad del espacio libre ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)
 ϵ_0 : permitividad del espacio libre (8.85 pF/m)
 I_{prom} : corriente promedio

$$R = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{6\pi}{l} \left(\frac{I_{\text{prom}}}{I} \right)^2 \quad (4.16)$$

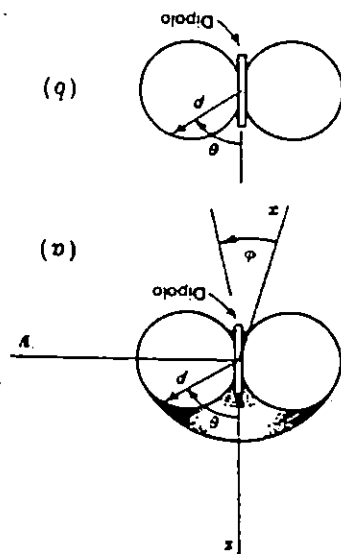
Para un dipolo corto, la resistencia de radiación es

donde P es la potencia radiada en W .

$$R = \frac{2P}{I_{\text{prom}}^2} \quad (4.15)$$

De forma general para cualquier antena, la potencia radiada por la antena es igual a la potencia promedio proporcionada por los terminales de la antena. Esta es igual a $1/2 I_{\text{prom}} R$, donde I_{prom} es la amplitud de la corriente en los terminales y R es la resistencia de radiación que aparecen en las terminales de donde se deduce que la resistencia de radiación es

Fig.4.12 (a) Diagrama de campo tridimensional y (b) bidimensional de un dipolo corto .



Puesto que $\sqrt{(\mu_0/\epsilon_0)} = 376.731 \approx 120\pi \Omega$, la impedancia intrínseca del vacío o espacio libre, la expresión específica queda

$$R = 80 \pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{I_{\text{prom}}}{I_0}\right)^2 \quad (4.17)$$

Si hay alguna pérdida de calor en la antena a causa de una conductividad finita ó a pérdidas en las estructuras dieléctricas asociada, aparecerá una resistencia de pérdida equivalente $R_{\text{pérd}}$ y la resistencia terminal estará dada por :

$$R = R_{\text{pérd}} + R_r \quad (\Omega) \quad (4.18)$$

donde R_r : resistencia de radiación

La eficiencia K de la antena es

$$k = \frac{\text{potencia radiada}}{\text{potencia de entrada}} = \frac{R_r}{R_r + R_{\text{pérd}}} \quad (\%) \quad (4.19)$$

Como ejemplo, considere una antena de radio que tenga 30m de altura, con un conductor vertical, alimentado por la base trabajando sobre una tierra perfectamente conductora a una frecuencia de 500 kHz. El mástil tiene una imagen como se muestra en la Figura 4.13. la resistencia de radiación de la antena de mástil (medida entre el terminal 1 y tierra), es la mitad de la resistencia de radiación de una antena bipolar del doble de altura sin que haya tierra presente (medida entre los terminales 1 y 2). La corriente de la antena debe ser cero en la parte superior del mástil, creciendo linealmente, por lo que la corriente promedio es la mitad de la corriente terminal.

La longitud de onda es

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{5 \times 10^5 \text{ Hz}} = 600 \text{ m}$$

por lo tanto la altura de antena es

$$\frac{30}{600} = \frac{1}{20} \lambda$$

la resistencia de radiación será entonces

$$R = 80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{I_{\text{prom}}}{I_0}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 80\pi^2 \times \left(\frac{60}{600}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right)^2 \approx 1\Omega$$

y suponiendo que $R_{\text{perd}} = 1\Omega$, la resistencia terminal es entonces 2Ω . La eficiencia de la antena es

$$k = \frac{R_r}{R_r + R_{\text{perd}}} = \frac{1}{1 + 1} = 50\%$$

Una antena más alta con mayor resistencia de radiación sería entonces más eficiente puesto que R_{perd} permanece pequeña.

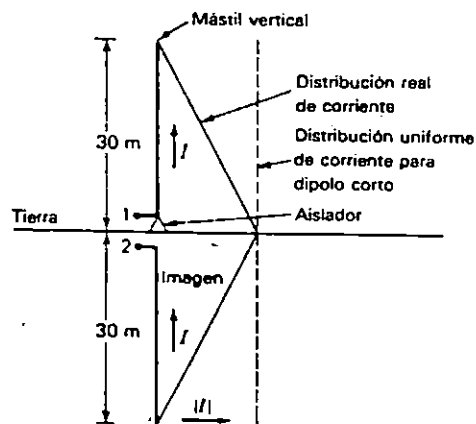


Fig.4-13. Antena de mástil vertical eléctricamente corta sobre una tierra perfectamente conductora con su imagen.

4.3.2. Abertura útil o eficaz, directividad y ganancia.

El diagrama o patrón normalizado de la antena dipolo corto se obtiene de la ecuación (2) como sigue :

$$P_n(\theta, \phi) = \frac{H^2_e(\theta, \phi)}{H^2_e(\theta, \phi)} = \text{sen}^2 \theta \quad (4.20)$$

Un patrón normalizado de potencia de una antena se muestra en la Figura 4.14 con el máximo del patrón coincidiendo con la dirección $\theta=0$.

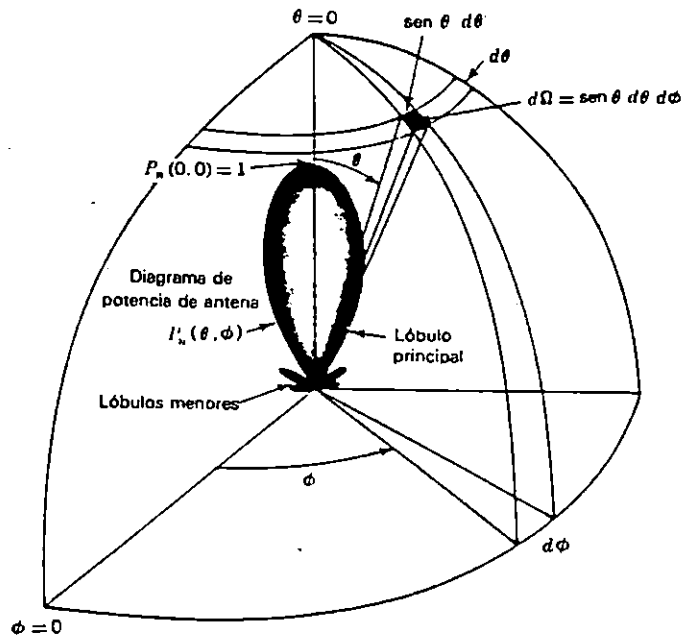


Fig.4.14. Diagrama de potencia de antena con el máximo alineado con la dirección $\theta=0$ (cenit).

Una forma altamente significativa de describir un patrón de antena es integrar el diagrama normalizado de potencia respecto al ángulo y obtener el ángulo sólido del patrón total ó ángulo sólido del haz

$$\Omega_A = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} P_n(\theta, \phi) d\Omega \text{sen}(Sr) \quad (4.21)$$

para un dipolo corto:

$$\Omega_a = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \sin^3\theta \, d\theta d\phi = \frac{8}{3} \pi$$

Otro parámetro importante de antena es la directividad D que se define como se mencionó anteriormente con el ángulo sólido e una esfera (4π sr) dividiendo entre el ángulo sólido del haz de la antena

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_a} \quad (\text{adimensional}) \quad (4.22)$$

La directividad es una cantidad única adimensional. Esta indica cuán bien concentra la antena, la potencia en el ángulo sólido limitado; tanto menor es el ángulo cuanto mayor es la directividad. El mínimo valor que puede tener la directividad es la unidad la cual corresponde a una antena isotrópica es decir, que tiene una intensidad uniforme de radiación en todas las direcciones. Para un dipolo corto la directividad es

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_a} = \frac{4\pi}{(8/3)\pi} = \frac{3}{2}$$

Por lo tanto, la directividad de un dipolo corto es $3/2$. Esto es, la máxima intensidad de radiación es 1.5 veces mayor que si la potencia fuese radiada uniformemente en todas direcciones.

La directividad se basa por completo por la forma del patrón o el diagrama de campo. No tiene que ver la eficiencia de la antena sin embargo la ganancia en potencia o simplemente ganancia de la antena se incluye la eficacia. Esta se define como

$$G_0 = kD \quad (\text{dBi}) \quad (4.23)$$

tomando como referencia una antena isotrópica sin pérdidas, por lo que se expresa en dBi, decibeles en el caso isotrópico. Así pues, la ganancia de una antena sobre un tipo isotrópico sin pérdidas es igual a la directividad si la antena es 100 % eficiente pero es menor que la directividad si se presentan pérdidas en la antena.

La abertura útil o eficaz para una antena dipolo corto tiene un valor único para cada antena y se expresa de la

siguiente manera :

$$A = \frac{3}{8\pi} \lambda^2 = 0.119 \lambda^2 \quad (4.24)$$

Entonces, independientemente que tan pequeño es el dipolo éste puede coleccionar potencia en una abertura de $0.119 \lambda^2$. Se supone aquí que el dipolo no tiene pérdidas. Sin embargo, en la práctica se presentan pérdidas a causa de la conductividad finita del conductor del dipolo, de manera que la abertura real es menor.

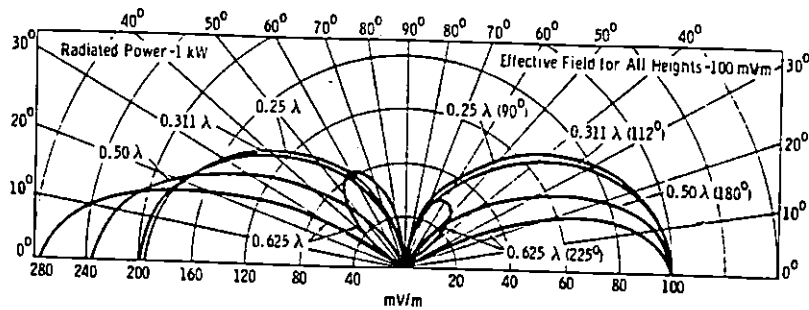
4.4. Antena de AM.

La eficiencia de servicio de radiodifusión AM depende de cinco factores : la frecuencia de operación, la potencia operante, la conductividad de la tierra, orientación del transmisor con respecto a la distribución de la población, y el diseño del sistema de radiación.

La Figura 4.15 muestra los patrones de radiación verticales comparativos para antenas de longitudes de onda de 0.25 , 0.311 , 0.5 y 0.625 . Nótese que aunque una antena de longitud de onda de 0.625 tiene un lóbulo grande de ángulo más alto, el cual cuando es reflejado por la ionósfera, se encuentra con la onda superficial y produce su desvanecimiento al anular la señal debido a la fase inversa. Por lo tanto, la fuerza de la superficial en una distancia dada es incrementada en pocos decibeles incrementado la altura de antena desde 0.125 hasta 0.5λ , pero también se incrementa el área de desvanecimiento por la reducción de la fuerza de radiación en ángulo alto que produce la onda espacial y retorna a tierra cerca del lugar de transmisión.

El propósito principal para el uso de antenas de alturas mayores de $1/4$ de longitud de onda es incrementar la intensidad en el plano horizontal. La altura de antena de 190° ó 0.53λ , es la más eficiente para dicho fin.

También se debe usar un sistema de tierra adecuado con la antena radiodifusora para obtener la eficiencia máxima. El sistema de tierra debe consistir de alambres radiales enterrados con al menos 0.25λ de largo se requiere al menos 90 de tales radiales, y se recomienda 120 radiales de 0.35 a 0.4λ espacios cada 3° .



Vertical Radiation Patterns for Different Heights of Vertical Wire Antennas (Sinusoidal Current Distribution)

Fig.4.15. Patrones de radiación vertical para diferentes alturas de antena.

En la Figura 4.16 se muestra otra relación entre la longitud de onda y la intensidad de campo efectivo. Por ejemplo en la curva A se observa un incremento de aproximadamente 2 dB en la intensidad de campo cuando va desde una antena de 0.25λ (190 mv/m) hasta una antena de 0.5λ (2.37mv/m). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el área de desvanecimiento se incrementa en la antena de 0.5λ debido a la radiación de ángulo alto.

Cuando se usan torres con tensores, los alambres tensores deben estar interrumpidos con aisladores, separados una fracción de longitud de onda de la frecuencia operante para evitar interferencias de radiación a la torre.

4.4.1. Areas de cobertura primaria y secundaria.

El área de servicio primaria (Figura 4.17) es el área en la cual la onda superficial no esta sujeta a interferencia indeseada y/o desvanecimiento. El área de servicio secundaria es el área de servida por la onda espacial la cual está sujeta a interferencia indeseable y a variaciones intermitentes en la intensidad. La onda espacial es casi completamente absorbida durante el día por lo que aparece únicamente por la noche. La Figura 4-14 muestra como varía la atenuación de la onda espacial durante el período de la puesta del sol.

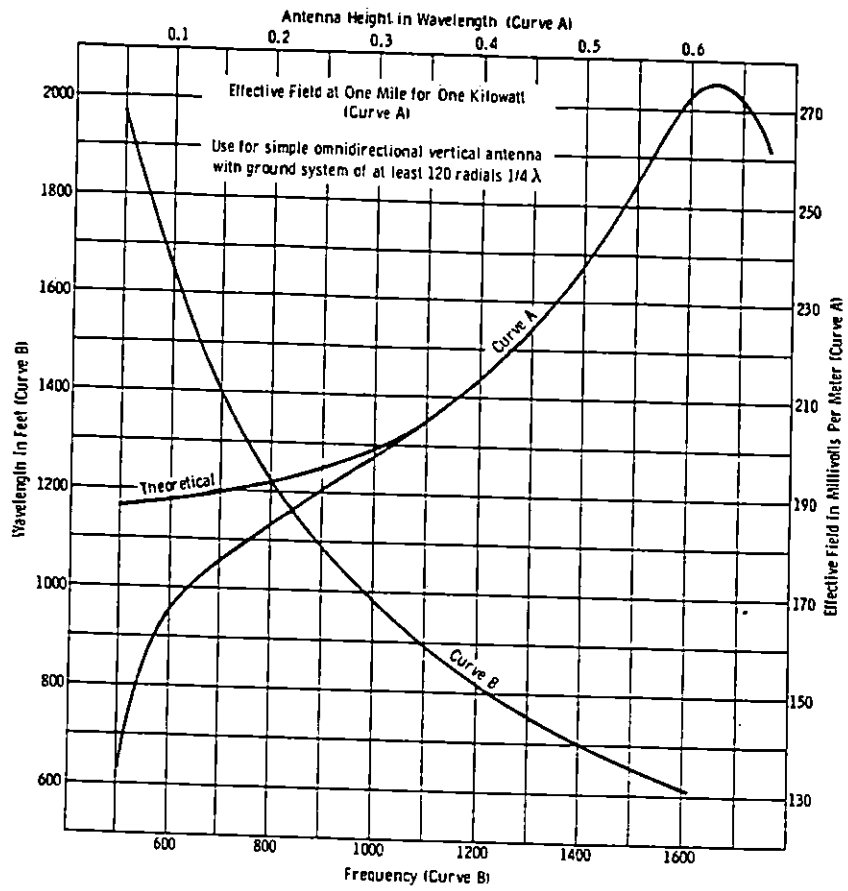


Fig.4.16. Carta de longitudes de onda y intensidad de campo efectivo.

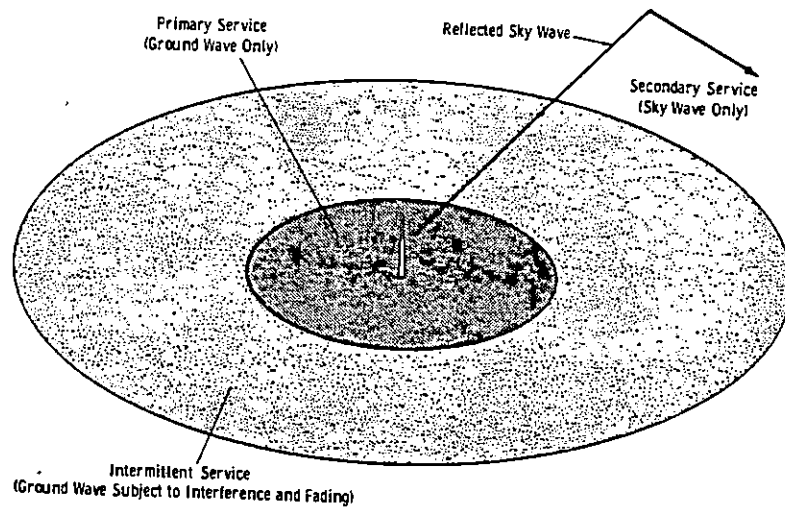


Fig.4.17. Areas de servicio de una estación de radiodifusión AM.

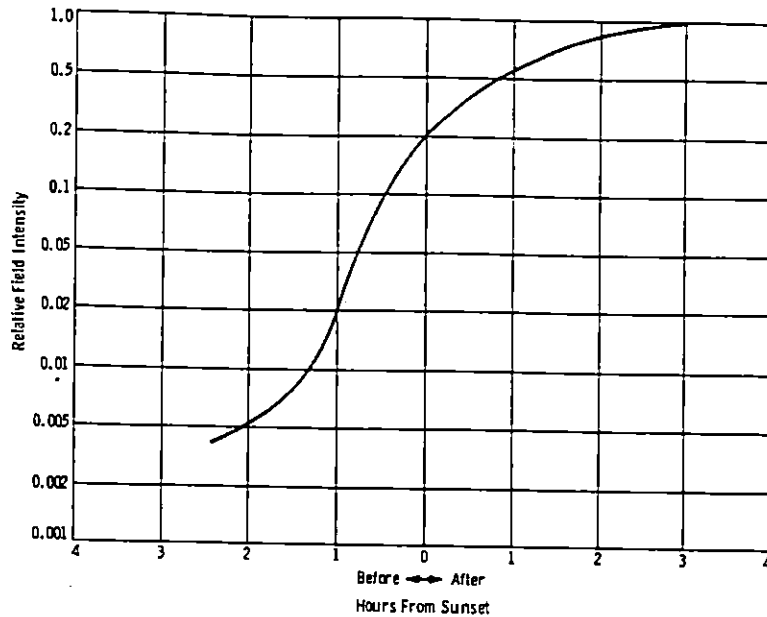


Fig.4.18. Intensity of field of the space wave.

4.4.2. Cartas de intensidad de campo en ondas superficiales.

El área de servicio primaria de un transmisor con una frecuencia y potencia fija, depende de la conductividad de la tierra. Por lo tanto, las normas técnicas de radiodifusión en cada país publica una serie de gráficos que ilustran el efecto de la conductividad de la tierra en la atenuación de la señal se requieren 20 gráficos para cubrir la banda de 540 a 1640 KHz. En la Figura 4.19 se muestra el gráfico correspondiente al rango 970-1030 kHz el cual ilustra las curvas de intensidad de campo de la onda superficial contra la distancia para varios valores de conductividad.

Como referencia se asume que la potencia de la antena y la eficiencia son tales que el campo de distancia inversa es 100 mv/m en 1 milla. Nótese que el grupo superior de curvas se aplica para la fila superior de millas desde la antena. La curva más alta intersecta la línea de 100 mv/m en 1 milla. Esta línea es transpuesta a la superior del grupo de curvas más bajas, donde 100mv/m ocurre para 10 millas desde la antena.

El campo de distancia inversa (100mv) dividida por la distancia en millas) corresponde a la intensidad de campo de onda superficial esperada desde una antena con la misma radiación y localizada sobre una tierra conductora perfecta.

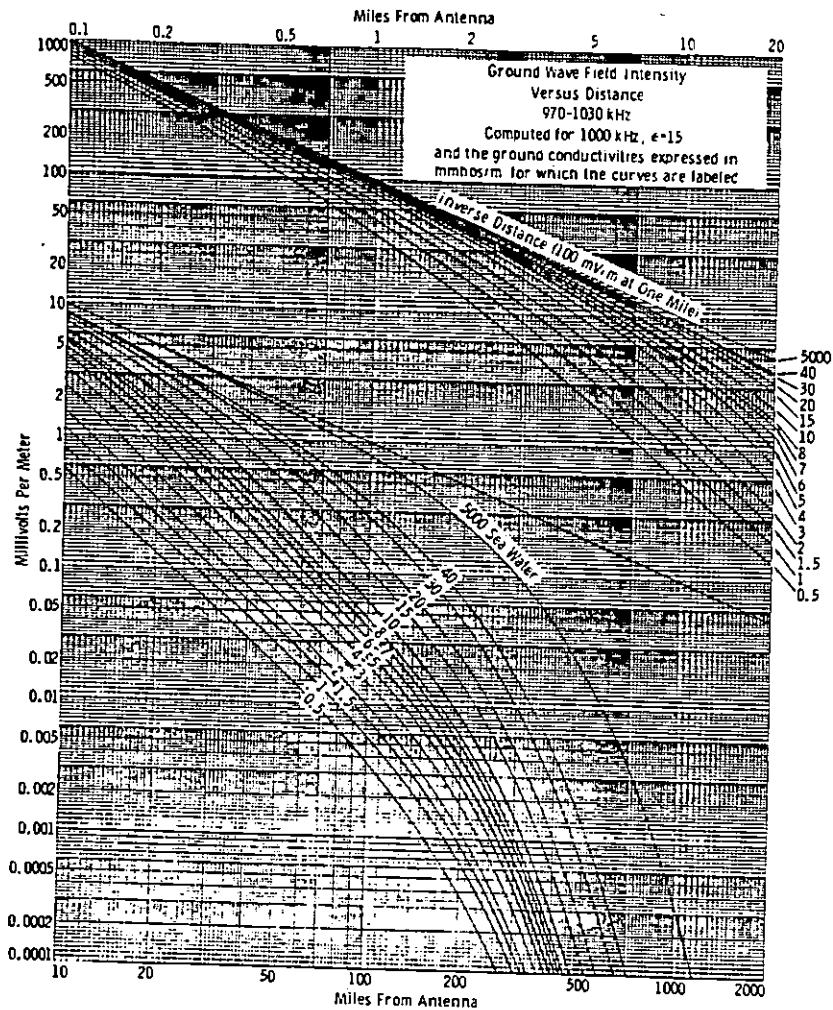


Fig.4.19 Carta de intensidad de campo de onda superficial.

Para determinar el valor de la intensidad de campo de la onda superficial correspondiente a un valor de campo de distancia inversa que no sea 100mv/m en 1 milla, simplemente multiplique la intensidad de campo dada en estas cartas por el valor deseado por el campo de distancia inversa en 1 milla dividido entre 100; por ejemplo, para determinar la intensidad de campo de onda superficial para una estación para un campo de distancia inversa 1700mv/m en 1 milla, simplemente multiplique los valores dados en las cartas por 17. El valor del campo de distancia inversa para una antena particular, depende de la potencia de entrada de la antena, la naturaleza de la tierra en la vecindad de la antena y la geometría de la antena.

4.4.3. Sintonización de la antena.

Para la sintonización de la antena se emplea un circuito como el de la Figura 4.20, la cual consiste de una sección T de filtro pasa baja. Los inductores en serie permiten el ajuste independiente de sus respectivas impedancias terminales, L_1 para la línea de transmisión y L_2 para el circuito de antena. El tramo en derivación capacitivo común a ambas ramas tienen un valor fijo dada por la frecuencia de operación.

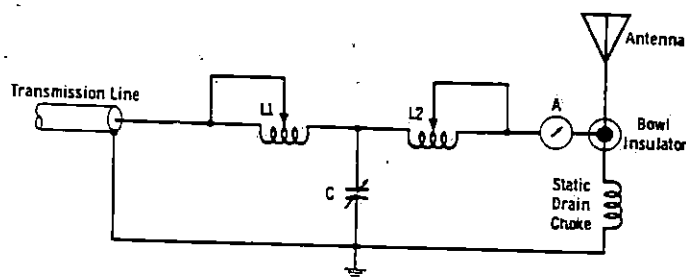


Fig.4-20 Unidades de sintonización de una antena.

Esta sección T tiene dos funciones principales, para emparejar las impedancias y para sintonizar las antenas a la frecuencia exacta de la estación. Para sintonizar la antena, se ajusta la bobina L_2 a resonancia serie con la reactancia capacitiva de la antena, y si la componente reactiva es inductiva, ésta se considera que es absorbida por la inductancia L_2 . La bobina L_1 se usa entonces, para acoplar la resistencia de la línea de transmisión a la componente resistiva en el circuito de antena.

4.4.5. Protección contra rayos.

Una torre de AM aislada está sujeta a un severo aumento estático y un alto potencial almacenado y relativo a tierra durante una tormenta. Un método para proteger la antena se muestra en la Figura 4.20 en la que se usa un regulador de

drenaje estático, la cual tiene alta impedancia en la frecuencia de operación y una baja resistencia a tierra para dc.

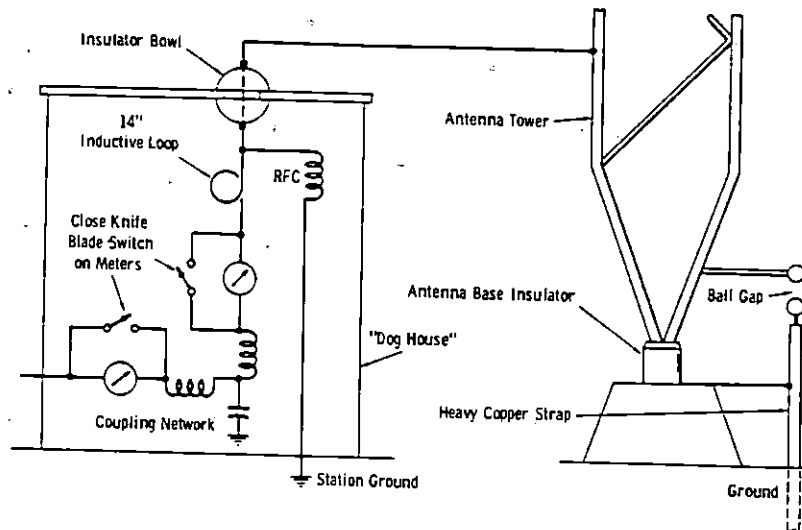


Fig.4.21 Protección contra rayo para una torre AM .

La Figura 4.21 muestra el método convencional de protección contra rayos usada en la mayoría de las estaciones de AM, colocando dentro de una caseta de sintonización (comunmente llamado "casa del perro") en la base de la torre.

Los medidores de antena estan provistos de interruptores de cuchillas las cuales se mantienen cerradas (medidor cortocircuitado) excepto cuando se realiza una lectura se proporciona también un lazo de 10 a 14 pulgadas. Justo abajo del aislador de bola para proporcionar cierta cantidad de reactancia inductiva a la ruta. El regulador de radio frecuencia proporciona una cantidad suficiente de drenaje estático bajo condiciones de tormenta. Sin embargo, en condiciones de tormenta electrica severa, la impedancia del regulador es demasiada alta para proporcionar protección adecuada. Los amperímetros en serie cuando no están cortocircuitadas, se quemarán y la ruta a la antena se abrirá. Por lo tanto, se provee de un entre hierro de bola a través del aislador de la base de la antena espaciada en una cantidad justa más allá de la distancia la cual ocurre un

arco en una modulación de 120 % de la portada de RF. Así, un radio que "golpea" en la vecindad causará un arco através del entrehierro que, a su vez, causa que el relé de sobrecarga de la etapa final en el transmisor se dispare, removiendo el voltaje portador, a fin de que el arco no se sostenga. La mayoría de los transmisores emplea un reciclaje automático de modo que la portadora se restaure después de cerca de 1 seg.

4.4.5 Señalización de la antena.

La altura de la antena sobre el suelo representa un peligro para la navegación aérea, por tal motivo, las normas OACI (Organización de Aeronáutica Civil Internacional) requieren que cuando la antena pueda obstruir dicha navegación y, sobre todo, siempre que su altura sea igual o superior a 50 m, se deberá señalar su presencia continuamente, tanto durante el día como durante la noche, de la siguiente manera:

Señalización diurna: la torre deberá estar pintada con franjas de igual anchura, alternadamente de color anaranjado y blanco, siendo la más alta de color anaranjado.

Señalización nocturna: se deberán proveer lámparas que emitan luz roja con una potencia no menor que 500 W ni mayor a 600 W; dichas lámparas emitirán luz intermitente y deberán estar encendidas desde la puesta hasta la salida del sol; habrá dos lámparas en el punto más alto de la torre, y otras en su cuerpo.

4.5. Antenas de FM.

La propagación de señal en la región de 88-108 MHz difiere radicalmente de la propagación de las frecuencias de radiodifusión AM. La ganancia de potencia alta se logra concentrando la radiación en el plano horizontal a expensas de la radiación en el plano vertical. En el pasado, se usó la polarización horizontal exclusivamente para la radiodifusión de FM. Con el rápido incremento del número de receptores de FM, la componente vertical asumió una importancia mayor, por lo que se empezaron a usar antenas con polarización horizontal y vertical combinadas. El desarrollo más reciente es la antena polarizada circularmente.

La propagación de la potencia de FM, está basada principalmente en la recepción de línea vista, ya que está en

la banda de VHF. La distancia con ruta óptica en línea vista está dada por:

$$D = 1.22 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (4.25)$$

donde D: distancia de línea vista (millas)

h_1 : es la altura de la antena transmisora (pies)

h_2 : es la altura de la antena receptora (pies)

La altura de la antena de transmisión se mide desde la tierra hasta el centro de la radiación efectivo de los elementos de la antena.

La intensidad del campo en el espacio libre está dada por:

$$E = \frac{7 \sqrt{P_R}}{d} \quad (4.26)$$

donde E: intensidad del campo en el espacio libre (V/m)

P_R : potencia radiada efectiva (W)

d: distancia (m)

En la práctica, se debe considerar los efectos de la tierra, y E sería una función de la frecuencia o longitud de onda. Para este caso, la fórmula quedará

$$E = \frac{3.2 ah \sqrt{P_R}}{d^2 \lambda} \quad (4.27)$$

donde E: intensidad de campo (uV/m)

a: altura de la antena transmisora (pies)

h: altura de la antena receptora (pies)

P_R : potencia radiada efectiva (W)

d: distancia (millas)

λ : longitud de onda (m)

Note que debido a que está λ en el denominador, con una longitud de onda más corta (frecuencia más alta), se produce una intensidad de campo en el receptor más grande. Esto se compensa directamente por la longitud de antena efectiva, la cual, para un dipolo de media onda, varía inversamente con la frecuencia.

La Figura 4.22 se usa para determinar ya sea el contorno de la intensidad de campo dado o la potencia radiada efectiva para producir una intensidad de campo cierta distancia, para una altura de antena dada. La carta está basada en una altura de antena receptora de 30 pies.

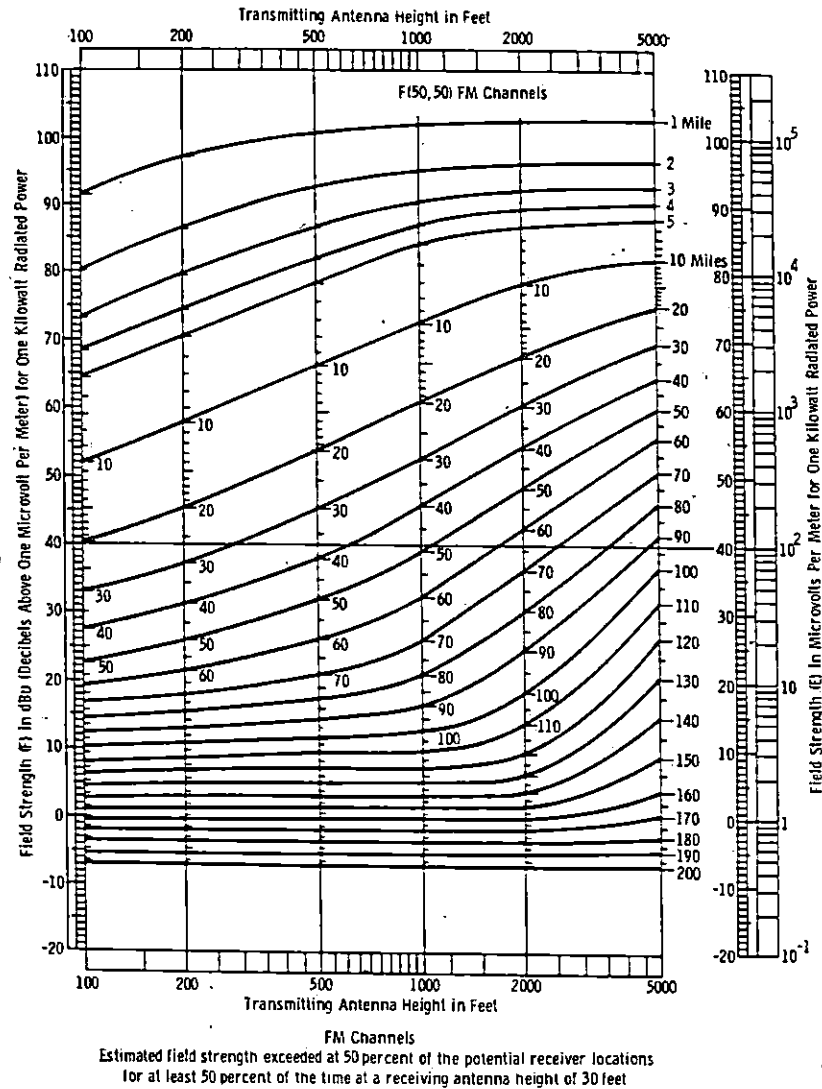


Fig. 4.22. Carta de intensidad de señal para estaciones de FM.

A modo de ejemplo, considere que se desee estimar el radio aproximado dentro del área del contorno de intensidad del campo dado, desde la antena hasta el contorno de 1000 $\mu\text{V}/\text{m}$, con una altura de antena arriba del terreno promedio de 500 pies y con una potencia radiada efectiva de 1 kW. Esta distancia sería probablemente diferente en cada dirección a menos que el terreno sea muy plano. Note que 1000 $\mu\text{V}/\text{m}$ es +

60 dBu. Coloque una regla de 60 en el margen derecho hasta 60 en el margen izquierdo de la carga. Marque el punto en el cual la línea vertical representa 500 pies (anotando en la parte superior e inferior del gráfico) intersectando la regla. Para este ejemplo, la distancia hasta el contorno de 1000 uV/m es aproximadamente 15 millas.

El gráfico está trazado asumiendo 1 kW de potencia. Para utilizar la carta para otra potencia, se debe restar el número de dBk para la potencia usada del número de dBu correspondiente a la intensidad de la señal deseada, entonces se usa el número resultante de la manera descrita. Muchas de estas cartas están complementadas con una escala deslizante que permite hacer esta conversión gráficamente.

4.5.1. Sistemas de antena de FM.

La ganancia de una antena de radiodifusión de FM se logra por la acumulación de secciones de radiadores (normalmente apartados cerca de una longitud de onda), en la dirección vertical como se muestra en la Figura 4.23. Este método anula la radiación en el plano vertical y concentra la radiación en la dirección horizontal útil. Esto no debe confundirse con la dirección de polarización el mismo tipo de apilamiento de secciones en la antena de una maximización de la radiación en la dirección horizontal para elementos radiantes "polarizados" ya sea vertical u horizontalmente. La Tabla 4.3 muestra la ganancia (relativa a un dipolo de media onda) para varios números de secciones usadas. La ganancia de campo de la antena es la raíz cuadrada de la ganancia de potencia. Se debe notar la correlación entre la ganancia de potencia, decibeles y ganancia de campo (intensidad de campo) dada en la tabla la cual es común para todas las antenas de FM cuando se usa la polarización horizontal (únicamente). Esto no se aplica en las antenas polarizadas circularmente.

4.5.2. Polarización horizontal y vertical combinados.

En la Figura 4.24 se muestra la mitad de un patrón de "buñuelo" de un dipolo de media onda orientado horizontalmente. La radiación máxima ocurre en ángulo recto hacia el eje del dipolo. Incrementando el ángulo desde la perpendicular la radiación se hará más débil, hasta que, al final del dipolo, prácticamente no existe radiación. Esto es un patrón de radiación de "figura de ocho", de aquí que el dipolo de media onda básico se considera como una antena direccional.

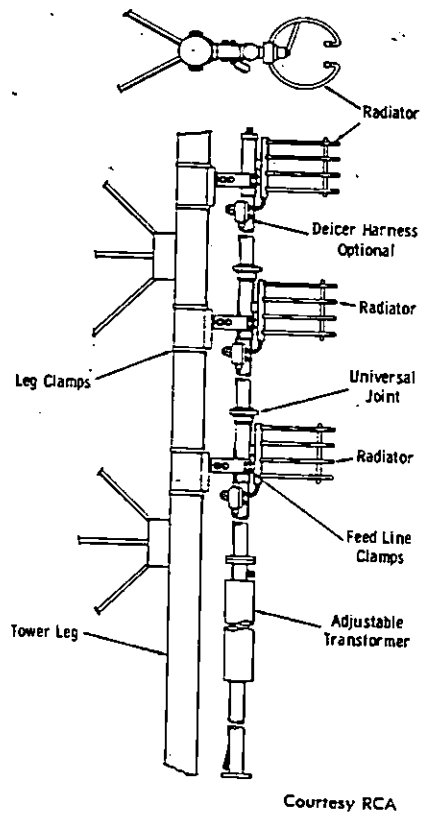
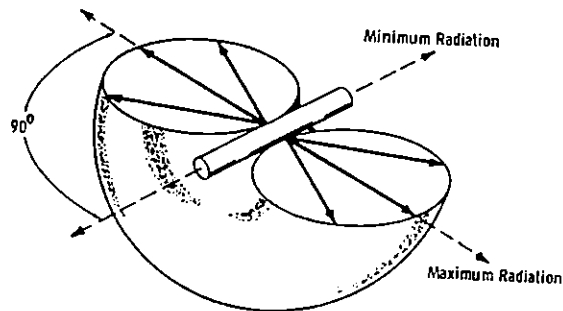


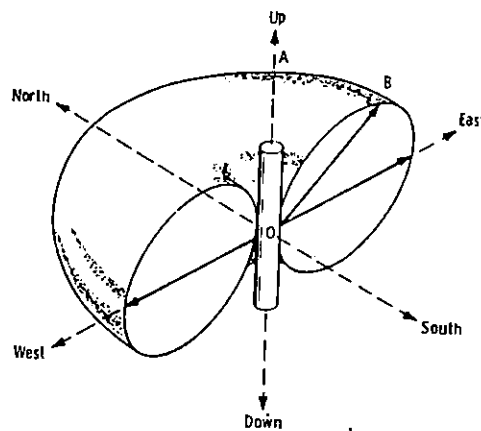
Fig.4.23. Antena de FM de tres secciones montadas lateralmente en la torre.

Tabla 4-3. Ganancias de Antenas de FM típicas para elementos Polarizados Horizontalmente.

No de elementos	Potencia	dB	Campo
1	0.9	-0.5	0.95
2	2.0	3.0	1.41
3	3.0	4.8	1.73
4	4.1	6.1	2.02
5	5.2	7.15	2.28
6	6.3	8.0	2.51
7	7.3	8.63	2.70
8	8.4	9.25	2.90
9	9.4	9.78	3.07
10	10.5	10.2	3.25
11	11.5	10.6	3.39
12	12.5	11.0	3.55
13	13.6	11.33	3.69
14	14.6	11.65	3.83
15	15.6	11.93	3.95
16	16.6	12.20	4.07



(A) Horizontal dipole.



(B) Vertical dipole.

Fig.4.24. Patrón de radiación básica de un dipolo.

La antena tipo anillo discutidas en la sección 4.3.1 está basada en el principio del dipolo de media onda, pero ésta tiende físicamente hacia un círculo para obtener un patrón de radiación 360° . Se debe tener en cuenta, sin embargo, que la onda propagada aún está polarizada horizontalmente.

La Figura 4-24 (b) muestra el patrón de radiación que resulta cuando el dipolo está orientado verticalmente. En campo eléctrico es vertical con respecto a la tierra, y la onda está polarizada verticalmente. Nótese que aunque la radiación a lo largo del eje OA es cero, la radiación a lo largo del eje OB es considerable, pero reducida en magnitud con respecto al valor del eje este o oeste, así la intensidad de campo leído en un plano horizontal de un radiador vertical debe especificar el ángulo vertical de radiación para la cual se aplica la lectura.

Recordando, se sabe que la forma de onda de una antena consiste de campos eléctricos y magnéticos en fase pero en ángulos rectos uno del otro. La dirección del campo eléctrico se toma como la dirección de polarización.

Ahora, combinando los dos sistemas de antena, alimentados desde el mismo amplificador final de RF, uno consistirá de dipolos orientados verticalmente, y otro consiste de dipolos orientados horizontalmente. A continuación se suministra una línea de transmisión extra para causar que la corriente de RF retrase a la corriente vertical en 90° ($1/4\lambda$). El resultado se muestra en la Figura 4.25.

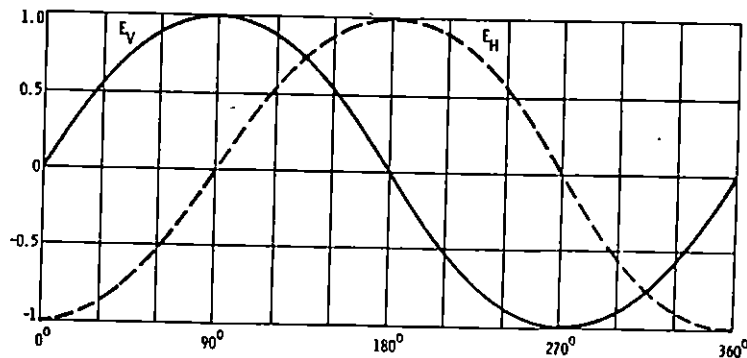


Fig. 4.25. Componente horizontal de radiación retrasada del componente vertical en 90 grados eléctricos.

Así, la intensidad del campo eléctrico se mantiene constante, pero el ángulo de polarización cambia cada 360° de la onda, lo que resulta en polarización circular. La Figura 4.26, ilustra la condición cuando E_H retrasa a E_V en 90° como en el gráfico de la Figura 4.25, pero con las componentes cambiadas. Nótese que la dirección de polarización rota en el sentido de las agujas del reloj. La rotación puede ser ya sea en el sentido horario o contra horario, dependiendo de la componente cambiante y la dirección de desplazamiento de fase. Este hecho no es importante en FM pero es usada en aplicaciones de radar.

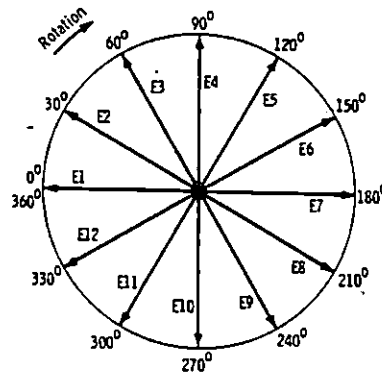
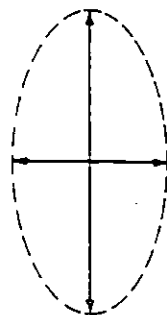
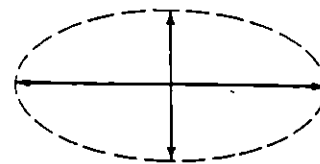


Fig.4.26. Polarización circular; E_H retrasa a E_V en 90° .



(A) E_V greater than E_H .



(B) E_H greater than E_V .

Fig.4.27. Polarización elíptica.

Si las magnitudes de las corriente de RF no son iguales en los dos sistemas de antena, resulta en polarización elíptica (Figura 4.27). Se pueden usar divisores de potencia para separar los sistemas de antena y lograr una amplitud más grande en un plano de polarización que en el otro.

Para sistemas de antena de FM polarizadas circularmente, la ganancia de potencia en el plano polarizado horizontalmente o en el plano polarizado verticalmente es aproximadamente igual al número de elementos apilados divididos entre dos (el número de planos equivalentes de polarización). La mayoría de los sistemas de FM recientes polarizados circularmente no emplean dos unidades polarizadas separadamente, pero cada sección o elemento da polarización circular por diseño. La potencia transmitida puede ser doblada sin exceder la potencia radiada efectiva horizontales, debido a que la potencia adicional radiada está en otros planos de polarización. Contrariamente, para una potencia transmitida dada, la ganancia de antena puede ser doblada por la misma razón.

4.6 Antenas para transmisión de televisión.

Las antenas de TV son únicas debido a varias características. Como cada canal tiene 6 MHz de ancho, las características de la antena deben ser apropiadas para esta banda, debido al uso de antenas de alta ganancia (especialmente para altas frecuencias). El patrón vertical deberá ser ajustables para las distribuciones de la población en la vecindad de la antena para poder brindar un campo fuerte para el servicio de televisión.

4.6.1. Tipos de antenas.

El desarrollo de la televisión ha sido de tal forma que los canales de 2 al 13 (54 a 216 MHz) fueron asignados primeros, y canales del 14 al 83 (470 a 890 MHz). La banda más baja es llamada VHF y requiere un tipo de antena apropiada para esta frecuencia. La más alta de estas bandas es llamada UHF y requiere un tipo de antena diferente a las desarrolladas de VHF.

4.6.2. Tipos de antenas de VHF.

Existen varios tipos de antenas para la banda VHF. El diseño de la antena depende de razones eléctricas y mecánicas.

4.6.2.1. Antenas superturnstiles.

Esta antena fue la primera antena desarrollada para fines comerciales. La antena Superturnstile consiste de un polo central de acero sobre el cual se montan radiadores individuales conocidos como "alas de murciélagos".

Los radiadores son montados en grupo de cuatro alrededor del polo en planos Norte-Sur y Este-Oeste para formar una sección y las secciones son puestas unas sobre otra para obtener la ganancia que se desee.

En este tipo de antena, cada radiador es alimentado separadamente por su propia línea de alimentación teniendo el cuidado que las impedancias sean iguales.

Las líneas de alimentación son combinadas en cajas de unión las cuales hacen la doble función de alimentar simultáneamente a todas las líneas de alimentación y de transformar la impedancia, combinada estas líneas para acoplar con las líneas de transmisión que lleva la potencia desde la base de la antena, esta última función se logra usando tres transformadores inmediatamente debajo de la caja de unión.

El tipo de antena "superturnstile" puede ser fabricada para varias ganancias; así:

GANANCIA	CANALES
de 3 a 12	2 al 6
de 6 a 18	7 al 13

Este tipo de antena también puede usarse para dos canales; en áreas donde existe incrustación de sal y poca lluvia (para lavar la sal). Puede usarse líneas de alimentación de cobre en lugar de líneas de aluminio.

Las líneas de alimentación pueden ser de 3/4 de pulgada y de 3/8 de pulgada dependiendo del rango de potencia requerida. Actualmente esta antena es fabricada por GENERAL ELECTRIC, JAMPRO Y RCA.

4.6.3. Terminales de antena.

Es el punto donde la antena completa (incluyendo el sistema de distribución) termina en una línea de alimentación a la impedancia característica de diseño.

4.6.4. Requerimientos de una antena de transmisión comercial.

4.6.4.1 Patrón azimutal.

Es un gráfico de la intensidad de campo irradiado en espacio libre contra el azimut aún ángulo especificado, respecto a un plano horizontal que pasa por el centro de la antena. Ver Figura 4.28.

4.6.4.2. Patrón horizontal.

Es un patrón azimutal donde el ángulo vertical especificado es cero. Ver Figura 4.29

4.6.4.3. Patrón vertical.

Es un gráfico de la intensidad de campo irradiado en espacio libre. Ver Figura 4.30

4.6.4.4. Ganancias.

Es la razón de máximo flujo de potencia por unidad de ángulo de la antena isotrópica para el máximo flujo de potencia a baja pérdida, media onda, dipolo con polarización horizontal teniendo la misma entrada de potencia cuando la medida es realizada en la región de mayor cobertura.

La ganancia depende de los siguientes factores

- 1- La cantidad de potencia concentrada en la máxima dirección.
- 2- Pérdidas en la antena, las cuales incluyen ohmicas y otras pérdidas semejantes a la energía radiada por la polarización, etc.

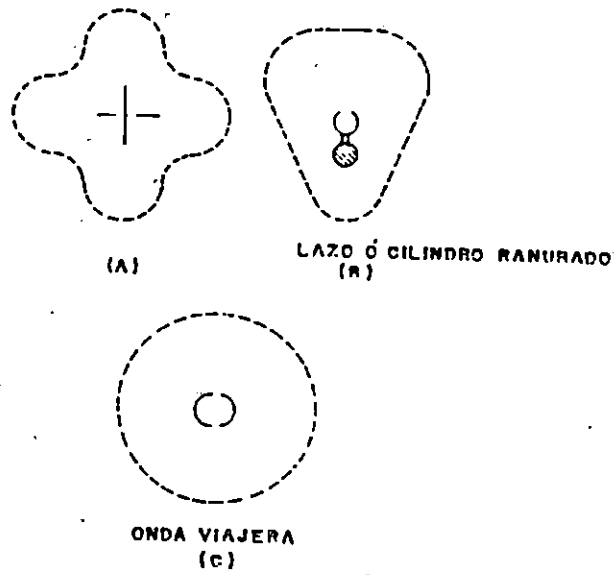


Fig.4.28. Patrones azimutales típicos, para varios tipos de antena de TV

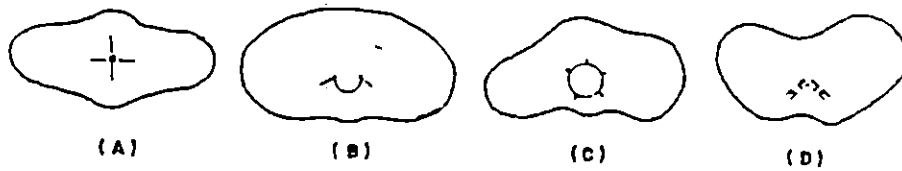


Fig.4.29. Ejemplos de patrones direccionales horizontales en uso corriente.

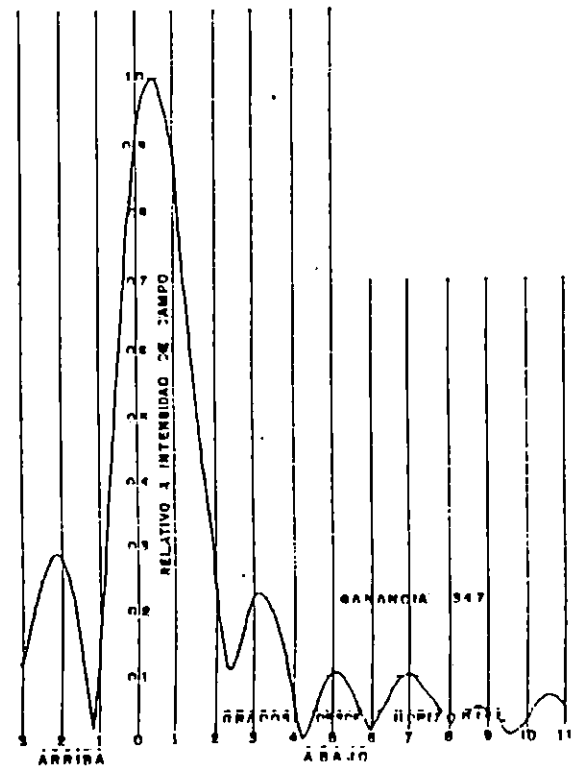
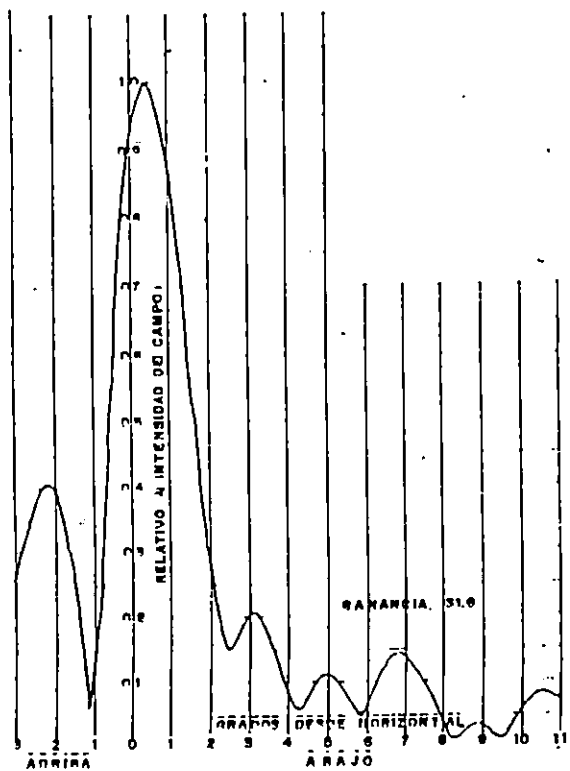
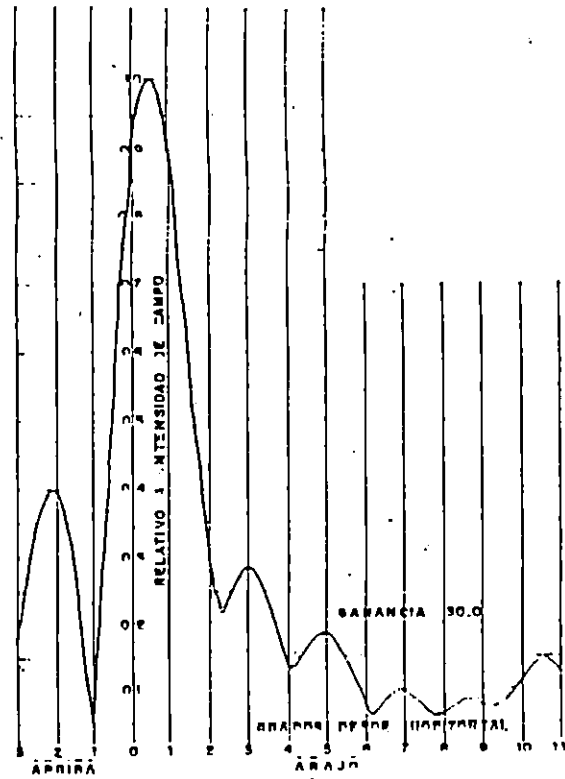
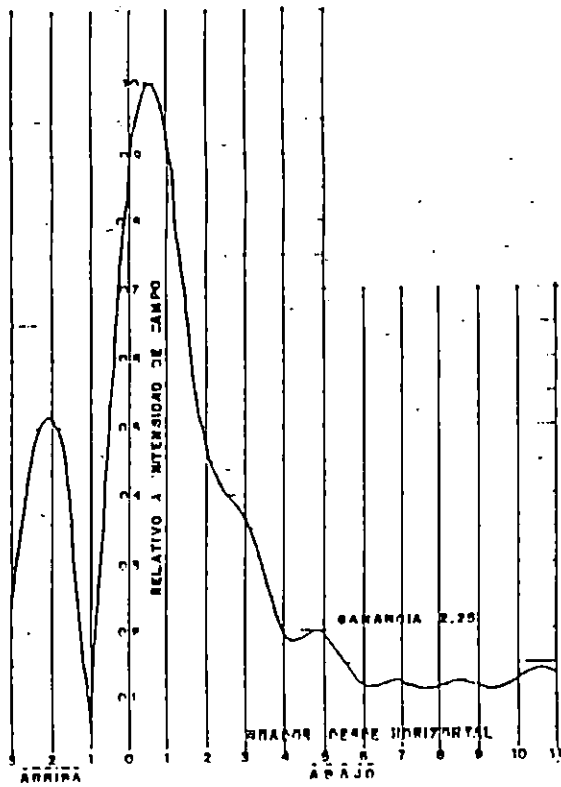


Fig.4.30 Cuatro patrones verticales.

4.6.5. Requerimientos de ganancias.

Para antenas de radiodifusión, televisión estos dependerán de la potencia del transmisor, del costo monetario y del requerimiento de intensidad de campo determinado por la situación orográfica del terreno y de distribución poblacional a servir.

Por ejemplo para canales de televisión del 2 al 6 se diseñan transmisores hasta de 100 Kw.

4.6.6. Inclínación del haz de radiación (BEAM TILT).

La inclinación del haz de radiación o lóbulo, es necesario para llevar el lóbulo vertical principal tangente a la tierra, la cual tiene forma curva cerca de ésta. Como ejemplo para 1600 pies de elevación un BEAM TILT de 0.5° es requerido. La inclinación de la línea de radiación para otras alturas puede ser calculado por la fórmula:

ángulo Beam Tilt = $0.0153 \sqrt{\text{altura sobre el área de servicio}}$

4.6.7. Capacidad de potencia.

La potencia en los sistemas de TV usualmente se da en términos de potencia pico. La cual es el valor instantáneo de potencia presentado en el máximo del pulso de sincronización del transmisor de video.

4.6.8 Patrón de radiación vertical.

El patrón de radiación vertical es normalmente mostrado como un ploteo en una hoja con coordenadas rectangulares. Tomando como eje las Y, voltaje relativo y en el eje X el ángulo de depresión bajo la horizontal. Ver Figura 4.30.

El ancho angular del lóbulo principal de la antena tiene acción directa con la ganancia aunque está variando dependiendo del método de sintetizar el patrón. Para mejorar antenas de espacios vacíos el ancho del lóbulo para media potencia o 0.0707 punto de voltaje, es 53.3 dividido por la ganancia de la línea de inclinación vertical. Así para una ganancia vertical de 24 este deberá ser cerca de 2.40 y para una ganancia de 42 este deberá ser cerca de 1.40 .

La cantidad de nulos ocupados y el número de nulos que necesitan ser ocupados depende de como encierra las áreas de población desde el sitio de transmisión .

El ángulo de depresión baja la horizontal el cual requiere ocupación de nulos, puede ser calculado aproximadamente por la ecuación.

El ángulo de depresión baja la horizontal el cual requiere ocupación de nulos, puede ser calculado aproximadamente por la ecuación:

$$\text{Angulo de Despres.} = \frac{0.0109 \times \text{la altura de la antena en pies sobre el área de servicio}}{\text{La distancia al lugar servido.}}$$

6. Transmisores de televisión.

Un transmisor de televisión, aceptará una señal de video en los terminales de entrada, y produce una portadora con modulación de amplitud con potencia tal que la información de video sea contenida. También acepta una señal de sonido en una portadora con modulación de frecuencia con un nivel adecuado de señal. También se utilizan elementos para combinar la salida en la línea de transmisión de video y el audio.

Los servicios de televisión que operan en las siguientes bandas de frecuencia:

58 a 88 MHz (VHF, banda baja) canales 2 a 6
174 a 216 MHz (VHF, banda alta) canales 7 a 13

El ancho del canal es 6 MHz y todos los canales en VHF tienen una asignación exclusiva.

Debido a la creciente demanda de otros sistemas de radiocomunicaciones, una forma de reducción de interferencia de potencia a los sistemas adyacentes a cada canal, ha sido la adoptada por las compañías constructoras de aparatos transmisores con las siguientes características:

VHF, banda baja: 100 Watts a 35 Kw
VHF, banda alta: 100 Watts a 50 Kw

La mayoría de estaciones en VHF, operan el transmisor con

una salida de 75% de la potencia de salida máxima de éste.

La potencia de RF (Radio Frecuencia) de salida en el transmisor de audio está dentro del rango del 10% al 20% de la potencia de video de salida del transmisor. La potencia de salida de video es la potencia pico transmitida durante el pulso de sincronía. La salida promedio de potencia de video, varía tipo de imagen, que contienen aproximadamente 20% para color, blanco completo para un 60% para total color negro.

CONCLUSIONES.

- Se concluye que este capítulo forma parte básica, para comprender la parte de transmisión de los sistemas de comunicaciones aquí estudiados, se dan conceptos de parámetros importantes que tienen relación directa con las líneas de transmisión y antenas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Grod, Bernard, Televisión Práctica, Fundamentos y Reparación, Publicaciones Marcombo, S.A , 1984.
- Kraus, John D. . Electromagnetismo, México, McGraw Hill, 1986.

CAPITULO V

EL ESTUDIO Y EL CUARTO DE CONTROL

INTRODUCCION.

En este capítulo se describirá la disposición física de la estación de radiodifusión, ya sea sonora o televisiva, sus partes principales y las características y funcionamiento de los equipos.

El objetivo de este capítulo es recolectar la información descrita en los capítulos anteriores y condensarlo en la aplicación práctica y funcional de la estación de producción y transmisión de los sistemas de radiodifusión.

5.1. Distribución de la estación de producción.

La Figura 5.1. muestra la disposición de un estudio y cuarto de control para una estación de radiodifusión de tamaño mediana típica ya sea para AM, FM o ambas. Para este caso, la estación transmisora está instalada en un lugar distante del estudio.

La operación continua se realiza en el cuarto de control principal. La consola de audio permite la operación de todos los micrófonos, tornamesas y máquinas de cinta de cartucho o de carrete a carrete, y también proporciona conmutaciones de señales de otra fuente. Todos los equipos auxiliares mencionados están en rack para obtener la mejor funcionalidad.

El cuarto de control de producción maneja normalmente todas las grabaciones especiales (equipo de cinta y disco), también puede utilizarse por horas en programación dividida AM y FM.

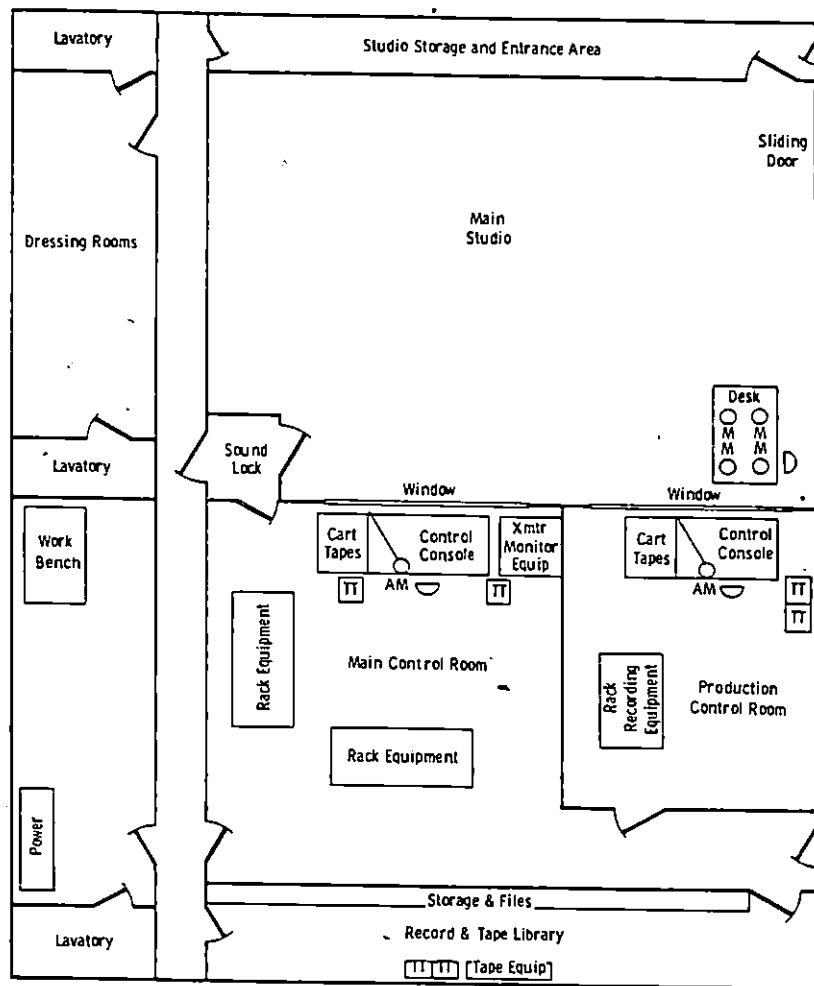
La biblioteca de cintas y grabaciones contiene todas las grabaciones (discos) y cintas usadas por la estación. También contiene tornamesas, equipo de cinta y monitoreo para audiciones finales, y en algunos casos, para la edición de cintas y programas.

5.2. Atenuadores fijos.

Debido a la naturaleza compleja del control y la ruta de la señal en los sistemas de radiodifusión típicos, se usan ampliamente los atenuadores de atenuación fija.

Las configuraciones de los tipos más comunes de atenuadores fijos usados en los equipos de radiodifusión se muestran en la Tabla 5.1. Estos atenuadores proporcionan una pérdida a impedancia constante generalmente especificada en valores de decibeles de atenuación.

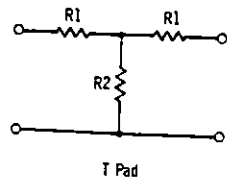
El atenuador T se usa cuando un lado del circuito está aterrizado o proporciona un retorno común. El atenuador H se usa cuando se involucra un equipo balanceado a tierra (la condición más común). Cuando las impedancias de entrada y salida son iguales, la resistencia en serie tiene el mismo valor. Cuando las impedancias de entrada y salida son diferentes, las resistencias en serie tienen valores diferentes en la entrada y en la salida, de manera que el atenuador acopla las impedancias en cada lado. Este arreglo es llamado atenuador reductor.



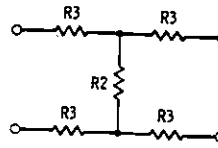
Legend: TT-Turntable
 M-Microphone, desk or floor-stand
 AM-Announce microphone

Fig.5.1. Disposición de la estación de producción.

Tabla 5.1. Datos de diseño para atenuadores fijas



T Pad

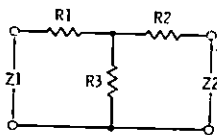


H Pad

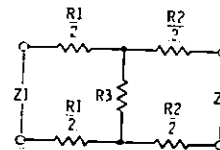
For case where $Z_{in} = Z_{out} = 600$ ohms. For other than 600 ohms (but equal impedances), multiply all resistance values by factor $Z_s/600$ (0.40 for 250 ohms, 0.25 for 150 ohms, 0.083 for 50 ohms).

EIA Resistor Values Nearest to Exact Values

Loss (dB)	R1	R2	R3
0.5	18	10K	8.2
1.0	36	5.1K	18
2	68	2.7K	36
3	100	1.8K	51
4	130	1.2K	68
5	160	1K	82
6	200	820	100
7	220	680	110
8	270	560	130
9	300	470	150
10	300	430	160
11	330	360	160
12	360	330	180
13	390	270	200
14	390	240	200
15	430	220	200
16	430	200	220
17	470	180	220
18	470	150	240
19	470	130	240
20	510	120	240
22	510	100	270
24	510	75	270
26	560	62	270
28	560	47	270
30	560	39	270
32	560	30	300
34	560	24	300
36	560	18	300
38	560	15	300
40	560	12	300



(A) Notación para el atenuador T



(B) Notación para el atenuador H

Fig.5.2. Notación para atenuadores usados para acoplar impedancias distintas.

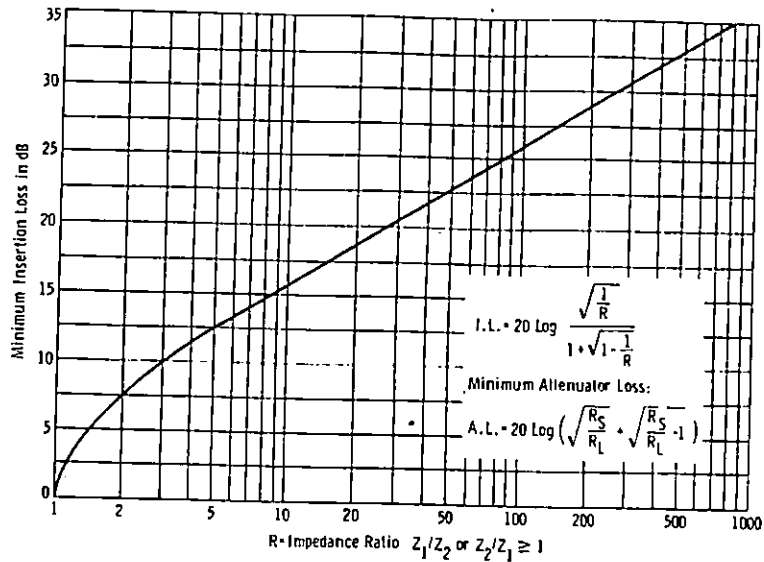


Fig. 5.3. Carta de pérdida mínima.

Los valores de resistencia se determinan a partir de los factores K, que se obtienen de la Tabla 5.2, siendo R₁

$$R_1 = \frac{(Z_1 + Z_2)K_1 + (Z_1 - Z_2)}{2}$$

Tabla 5.2. Valores de razón de voltaje para una pérdida dada en decibeles.

dB	K ₁	K ₂	dB	K ₁	K ₂	dB	K ₁	K ₂	dB	K ₁	K ₂
1	0.057	0.115	14	0.667	2.404	27	0.914	11.188	40	0.980	50.237
2	0.114	0.232	15	0.697	2.720	28	0.923	12.484	41	0.982	56.079
3	0.171	0.352	16	0.726	3.075	29	0.931	14.091	42	0.984	63.230
4	0.226	0.447	17	0.752	3.468	30	0.938	15.734	43	0.985	70.583
5	0.280	0.609	18	0.766	3.907	31	0.945	17.744	44	0.987	78.792
6	0.331	0.747	19	0.798	4.398	32	0.950	19.810	45	0.988	88.836
7	0.382	0.897	20	0.818	4.952	33	0.956	22.339	46	0.990	100.165
8	0.430	1.055	21	0.835	5.555	34	0.960	24.939	47	0.991	111.813
9	0.476	1.233	22	0.852	6.262	35	0.965	27.121	48	0.992	126.070
10	0.519	1.422	23	0.867	7.013	36	0.968	31.393	49	0.993	140.729
11	0.560	1.634	24	0.880	7.868	37	0.972	35.397	50	0.994	158.672
12	0.598	1.863	25	0.893	8.870	38	0.975	39.515			
13	0.634	2.122	26	0.904	9.977	39	0.978	44.555			

Las Figura 5.2 muestra la notación usada con atenuadores T24 cuando las impedancias de entrada y salida no son iguales. Esta notación es diferente de la usada para atenuadores de impedancias iguales debido a que las resistencias en serie deben tener valores diferentes en las ramas de entrada y salida.

La Figura 5.3 determina la pérdida mínima del atenuador reductor. Esta pérdida mínima está relacionada con la razón de impedancias. El atenuador debe ser diseñado para la pérdida en decibeles más a un número por (multiplo de 2) arriba del valor de perdida mínima. En la práctica, el diseño debe ser al menos una pérdida de 14 dB.

Para el alternador H, estos valores de resistencias se deben dividir entre 2. Los otros valores de resistencias son

$$R_2 = \frac{(Z_1 + Z_2)K_1 - (Z_1 - Z_2)}{2}$$

$$R_3 = \frac{Z_1 + Z_2}{2K_2}$$

Una aplicación común es el alternador de aislamiento que se usa para alimentar la línea del trasmisor (Figura 5.4), ya que las línea de programa para FM, de banda ancha de servicio de bajo ruido, a menudo se diseñan para ser terminadas en ambos lados en 150 ohms en vez de 600 ohms que es la impedancia más común. El atenuador se usa para proporcionar una carga constante para todas las frecuencias del amplificador de línea y la bobina de repetición minimiza la inducción recoñida a lo largo de la línea. La bobina de repetición se opera normalmente como un transformador 1:1 aunque se puede disponer de otros arreglos. Una pantalla faraday se usa entre los devanados para proporcionar un escudo electrostático la cual previene el acople capacitivo.

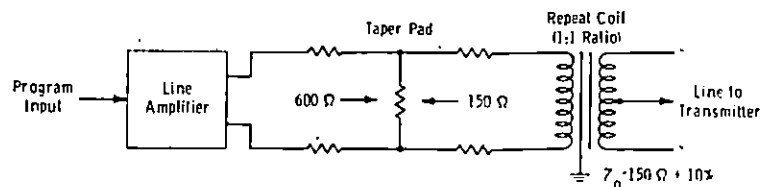


Fig.5.4. Uso del atenuador reductor para alimentar una línea de 150 ohms desde una fuente de 600 ohms.

La razón de impedancias para esta caso es de 600/150 o sea 4/1. Del gráfico de la Figura 5.3, la pérdida en decibeles es aproximadamente 15 dB como pérdida mínima. De la tabla 5.2, K1 es 0.697 y K2 es 2.72, entonces:

$$R_1 = \frac{(600+150)(0.697)+(600-150)}{2} = 486 \text{ ohms}$$

$$R_2 = \frac{(600+150)(0.697)-(600-150)}{2} = 36 \text{ ohms}$$

$$R_3 = \frac{600 + 150}{2(2.72)} = 135 \text{ ohms}$$

Así, para el atenuador T los valores de resistencia (valor EIA más cercano) es $R_1 = 470$ ohms, $R_2 = 36$ ohms, $R_3 = 130$ ohms. Para el atenuador H, $R_1 = 240$ ohms, $R_2 = 18$ ohms, $R_3 = 130$ ohms.

Debido a los efectos de capacitancia en derivación en resistencias de valores grandes, no es práctico obtener una atenuación de más de 40 dB en un solo atenuador. Cuando se desea una atenuación mayor, los atenuadores deben ser conectados en cascada. Además, todos los atenuadores deben ser construidos de elementos no inductivos para que no ocurra discriminación de frecuencia.

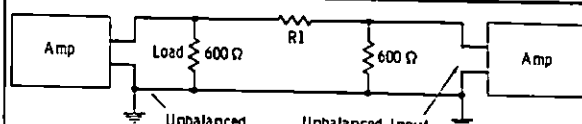
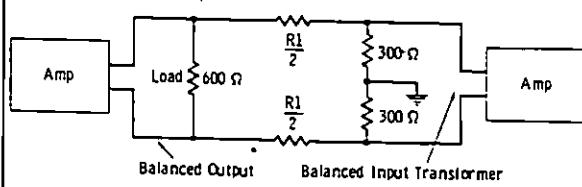
Otro tipo de atenuador fijo es el atenuador puente. El atenuador puente proporciona una alta impedancia de manera que la impedancia característica no cambie, y que el amplificador o el equipo usado vea únicamente la impedancia de acoplamiento.

La Tabla 5.3 muestra los tipos básicos de circuitos puente (balanceados y desbalanceados) con los valores de resistencia puente usadas para las atenuaciones listadas, cuando el circuito a ser puenteado es 600 ohms. La pérdida real en el circuito a pondear debe ser como :

$$\text{Pérdida en dB} = 20 \log \frac{2B_p + R}{2B_p}$$

donde, B_p es la entrada puente del atenuador
 R es la impedancia del circuito puenteado

Tabla 5.3. Valor de R_1 para un circuito puente de 600 ohms

		Loss dB	R_1 in Ohms
		40.1	30,000
		38.5	25,000
		36.8	20,000
		34.2	15,000
		30.7	10,000
		28.3	7,500
		24.9	5,000
		20.8	3,000

Nota: la pérdida en dB dada es exacta únicamente cuando se puentea un circuito de 600 ohms.

Así, si por ejemplo tenemos un puente de 300 ohms:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{6000 + 600}{6000} = 0.82 \text{ dB}$$

Idealmente, la pérdida en el circuito a ser puenteado deberá estar bajo el 2 por ciento. El problema no es tanto la pérdida de 0.82 dB en el circuito puente, sino el pobre aislamiento entre el circuito de 600 ohms y el amplificador puenteado. Cualquier forma de ruido recogido o una oscilación que pueda ocurrir en la etapa de entrada de un amplificador interferirá en la señal de 600 ohms.

5.3. Atenuadores variables.

Los atenuadores variables sirven como desvanecedores o mezcladores en el sistema de audio, y están montadas generalmente en la consola de operación. Como los atenuadores fijos descritos anteriormente, el mezclador proporciona una impedancia de entrada y salida constante, sin que afecte la atenuación introducida dentro de la ruta. Se usan dos instrucciones básicas, el tipo rotatorio y el tipo de operación vertical.

La impedancia de entrada y de salida constante del atenuador variable se logra incrementando las resistencias en serie y disminuyendo la resistencia en derivación cuando gira el control.

El atenuador variable más común es el atenuador escalera, debido a su simplificación mecánica requiere una fila de contactos (Figura 5.5), y es usado por lo general como un mezclador de sonidos. Una red de escalera es simplemente un número de secciones combinadas de resistencias en pi en cascada para proporcionar las impedancias y atenuación terminales requeridas.

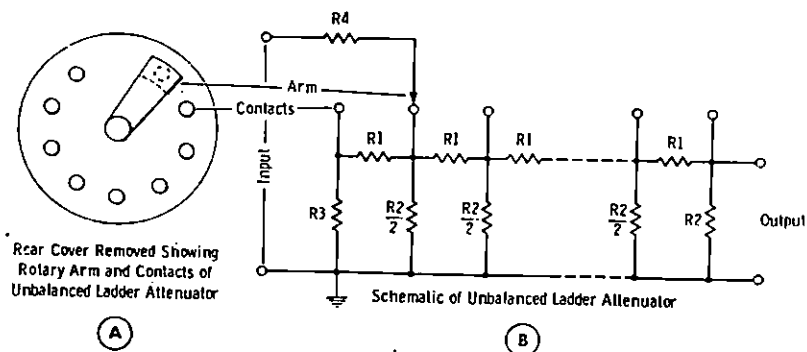


Fig. 5.5. Principios del atenuador de escalera.

Cuando se emplea como desvanecedor, la pérdida instalada es de 6 dB, cuando se rota en el sentido horario completamente (atenuación mínima) hacia el contacto de R2. Esta pérdida de inserción mínima resulta de las resistencias en paralelo y de la resistencia (RA) en el circuito del brazo deslizante. La pérdida mínima de 6 dB se mantiene cuando el dispositivo operado tiene impedancias iguales. Por ejemplo, si la impedancia de entrada es de 600 ohms y la impedancia de salida es de 150 ohms, la razón de impedancias de 4 a 1 introduce una atenuación adicional de 11 dB (Figura 5.3).

Estos atenuadores también se emplean en las entradas de equipos de cinta y en tornamesas para el desvanecimiento gradual en un punto indicado sin necesidad de interruptores individuales.

5.4. Compensadores.

Las redes compensadoras se usan en líneas largas (estudio de transmisor, instalaciones lejanas, etc.) también se usan compensadores especiales en el equipo de producción para efectos especiales, énfasis de frecuencias, de-énfasis para usos de ecos, etc.

5.4.1 Compensadores de línea.

Las líneas telefónicas usadas para la distribución de señales de radiodifusión tienen una caída gradual en su respuesta en frecuencia debido a la inductancia en serie y la capacitancia en derivación. Las compañías telefónicas instalan compensadores en el extremo receptor de la línea, y en el transmisor para las rutas de estudio a transmisor, redes lejanas a las líneas del estudio.

Aunque la mayoría de los compensadores de línea comerciales contienen múltiples secciones para una compensación crítica, la Figura 5.6 ilustra su principio de operación. La red LC está diseñada para resonar normalmente a una frecuencia ligeramente superior a la frecuencia más alta de operación, como 8 kHz para una línea de AM o 15 kHz para una línea de FM. El valor de resistencia ajustable R depende de la longitud de la línea más larga necesita menos resistencia que una línea más corta si R se hace un corto circuito, se efectúa la compensación máxima. Cuando la frecuencia se incrementa, la impedancia del circuito en derivación se incrementa, por lo que la frecuencia en la línea se incrementa.

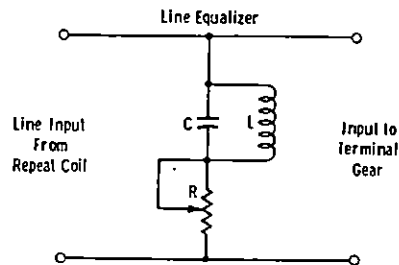


Fig.5.6. Representación simplificada del compensador de línea.

Contrariamente, cuando la frecuencia se decrementa se presenta una impedancia efectiva menor en el circuito en derivación, y se atenúan las frecuencias más bajas. El circuito está diseñado de manera que proporciona una "saliente" tal que la compensación empiece en la frecuencia donde empieza la caída en una línea particular. El valor promedio de las "saliente" es de alrededor de 1000 Hz.

5.4.2. Compensadores de producción.

La grabación profesional, la radiodifusión tipo producción, y los sistemas de reforzamiento de sonido incluyen muchos tipos de compensadores especiales. La Figura 5.7 ilustra un módulo de la consola de control típica para un canal individual.

A menudo estos módulos son del tipo de enchufar para una mayor versatilidad de aplicaciones de consola. Las perillas superiores proporcionan la compensación para cuatro frecuencias altas. El interruptor atenuador da una atenuación en el rango indicado y también selecciona el micrófono y la línea.

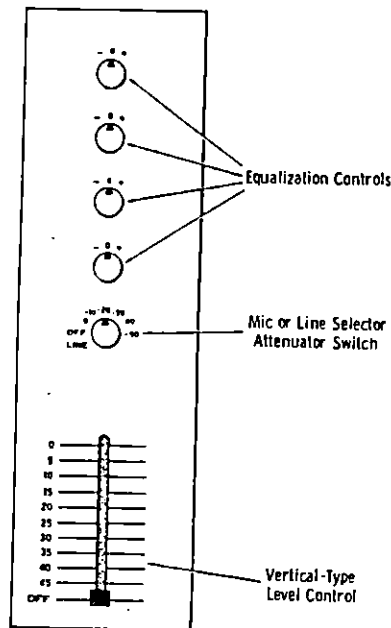


Fig.5.7. Módulo de control típico para un canal individual

5.5. La consola de control.

La consola de control puede ser muy compleja en términos del número de circuitos y de funciones de control. Las consolas modernas están diseñadas e instaladas para lograr un arreglo de fácil operación que permita la conmutación con flexibilidad de funciones. En resumen, los requisitos generales son los siguientes:

1. Amplificadores, necesarios para aumentar la insignificante energía eléctrica producida por los tornamesas, cabezales de cinta y micrófono, estos se denominan preamplificadores. Los amplificadores de alto nivel se requieren para recobrar las pérdidas en los circuitos de control y en los atenuadores variables. Los amplificadores de aislamiento se requieren para alimentar puntos como parlantes de monitoreo de manera que no ocurra interacción en las líneas de programa y las líneas de grabación y ensayo.

2. Los arreglos de mezclado y conmutación en la consola de control permite la selección del programa fuente apropiado y

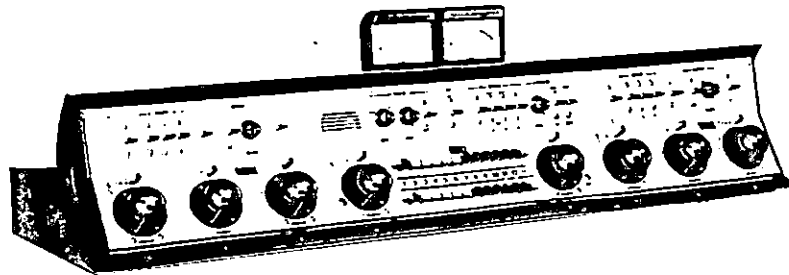
la mezcla de entrada individuales para el "balance" del programa deseado.

3. Se proporcionan medios para la audición o ensayo de un programa para que prosiga, o para grabarla en cinta para usarla posteriormente. Estos arreglos no deben interferir con la línea de programa regular.

4. Las entradas y salidas de los amplificadores pueden tener terminales en espiga en los paneles para permitir un rápido cambio en la ruta de la señal en caso de que exista problemas en cualquier amplificador o canal, o para la flexibilidad en la alimentación de señales en cualquier punto deseado.

5. Las líneas de entrada y salida pueden estar terminadas en espigas en los paneles para permitir la recepción o transmisión de la señal en cualquier ruta deseada.

La Figura 5.8 ilustra un tipo de consola moderna comercial. Esta construida a base de transistores y emplea 24 teclas iluminadas de control que permiten un total de 45 entradas, distribuyendo interruptores y perillas en la superficie del tablero. Se proporcionan ocho perillas de control grandes, (desvanecedores o atenuadores) uno por cada canal de mezclado.



Courtesy Gates Division Harris-Intertype Corp.

Fig.5.8. Consola de doble canal que emplea circuitos transistorizados.

Algunas consolas de control emplean internamente amplificadores y fuentes de potencia. Otros proporcionan únicamente los controles de mezclado, interruptores, botones pulsadores y medidores de VU, con los amplificadores y fuentes de potencia interconectados desde el exterior. En todos los casos, los equipos de cinta de cartucho y de carrete a carrete, además de los tornamesas son, unidades externas a la consola de control.

Las estaciones independientes grandes algunas veces usan una consola conocida como consola del productor junto con el tablero de control del estudio. Este tipo de panel contiene medios de temporización de producción y luces de señalización apropiadas.

En grandes instalaciones se usa un control maestro para lograr una conmutación central. Cada control de estudio está unido al cuarto de control maestro por cables de audio, cables controlados por relé, cables de señalización (luces pilotos), y líneas intercomunicadoras. El cable de audio conecta los terminales de salida del estudio hacia los contactos del relé del conmutador maestro; el cable controlado por el relé conecta los interruptores y las lámparas de supervisión en el interruptor del estudio (a través de los interruptores de cambio maestro) hacia los circuitos de control apropiado. Cualquier consola de estudio puede alimentar un número dado de canales de entrada - salida y los interruptores de cambio permiten al operador del control maestro asignar el control de cualquier canal a cualquier consola de estudio. Los interruptores de botones pulsadores y las lámparas en el interruptor maestro están conectadas a los circuitos de control de todos los relé, permitiendo que la conmutación se realice ya sea por el operador del maestro o el operador del estudio.

5.6 El medidor VU.

El medidor VU es un instrumento normalizado proyectado para el monitoreo del contenido del programa de radio. Debido a que la potencia en las señales de programa es constantemente fluctuante, la medida debe estar normalizada ya sea como valores pico a pico, rms o promedio, y el medidor debe tener características balísticas específicas, tales como velocidad de respuesta y amortiguamiento.

La Figura 5.9 ilustra el circuito externo convencional para el uso de un medidor VU convencional para el monitoreo de los niveles de transmisión. En la práctica, el nivel de señal es tal que el rango del medidor debe ser extendido. La

impedancia del medidor mismo varia con el voltaje a través de los terminales del medidor y, por lo tanto, debe ser aislado por una red de resistencias. Las características descritas son dependientes del medidor de baja impedancia, el cual debe ser 3900 ohms. El decibel leído del medidor multiplicador variable, calibrado (C) más la escala leída del medidor da una medición del nivel transmitido. La red completa tiene las siguientes componentes:

- A. Ajustador a cero, aproximadamente de 800 a 1000 ohms.
- B. Resistencia fija, aproximadamente 3200 ohms, seleccionada de manera que con A en la posición medida $A+B=3600$ ohms.
- C. Medidor multiplicador, atenuador T, 3900 ohms de entrada y salida

La impedancia de entrada del medidor, como se vió en la línea de programa, es 7500 ohms, excepto cuando se proporciona una posición de 1 mW. Esto es para una posición de prueba únicamente y no es usada para el monitoreo.

La unidad de volumen implica una onda compleja, una forma de onda con una razón rms pico más alta que una onda seno. Cuando el medidor VU es usada para medir señales de onda seno de frecuencia única y estable, la lectura debe referirse a dBm.

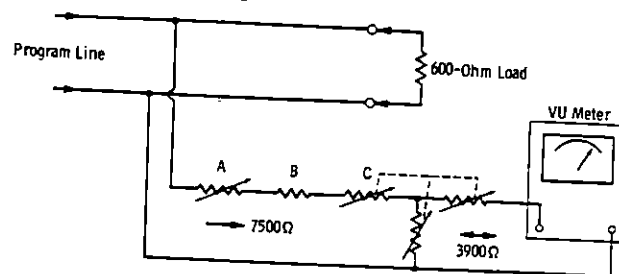


Fig.5.9. Circuito externo de un medidor VU normalizado.

El medidor VU, está por definición, calibrado apropiadamente cuando se conecta a través de 600 ohms. Cuando se conecta a cualquier impedancia que no sea 600 ohms, la lectura debe corregirse sumándole $10 \log_{10}(600/Z)$ donde la Z es la impedancia real en ohms. Para mediciones de ruido y distorsión se requiere que se use un medidor con las características VU normalizada. En este caso, el medidor en el equipo de medición lee un verdadero 1mW de potencia de onda seno en 600 ohms para referencia cero. La Figura 5.10 da el factor de corrección para impedancias desde 10 ohms hasta 10,000 ohms, para la referencia de 0 dBm en 1mW para 600 ohms.

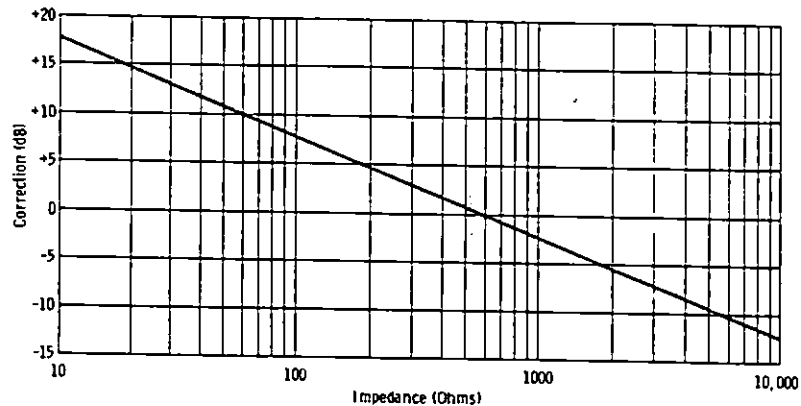


Fig.5.10. Factor de corrección para el medidor VU a través de varias impedancias.

5.7 Tecnología del sistema de audio.

El sistema de audio total consistirá de la unificación de los componentes descritos anteriormente. La instalación en conjunto se muestra en la Figura 5.11, los cuales incluyen la línea de programa, los amplificadores, mezcladores, atenuadores, el medidor de VU y la línea de monitoreo.

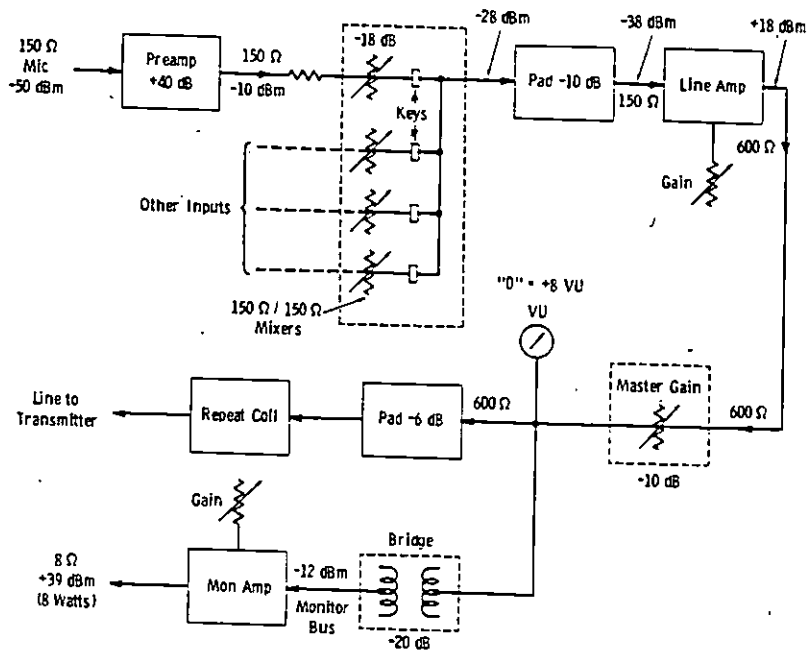


Fig.5.11. Sistema de audio típico para radiodifusión

La mayoría de las impedancias de los circuitos son de 600 ohms, pero también existen circuitos de 150 ohms.

El nivel típico de entrada de un micrófono es -50 dBm. La ganancia del preamplificador es de $+40$ dB, así la salida del circuito de mezclado es -10 dBm. La pérdida del mezclador de operación típica es 18 dB, dando -28 dBm en la salida del mezclador. Ya que el nivel de entrada máxima para la mayoría de los amplificadores de línea está entre -32 a -35 dBm, un atenuador de 10 dB carga la salida del mezclador para proporcionar un nivel de entrada del amplificador de línea de -38 dBm. El amplificador de línea se ajusta para proporcionar un nivel de entrada de $+18$ dBm dentro del mezclador de ganancia maestra. Una pérdida típica colocada en este punto es de -10 dB, proporcionando $+8$ dBm al atenuador de aislamiento de línea. El multiplicador del medidor de VU se coloca de manera que un nivel de $+8$ VU en el lugar del sistema da una deflexión de 0 en el medidor.

5.8. Distribución de la estación transmisora.

La Figura 5.12 muestra la disposición de una estación transmisora típica. En este caso el transmisor está colocado fuera de la estación de producción, por lo que el programa se transmite normalmente por líneas telefónicas, teniendo una línea separada para la comunicación directa con el estudio.

En el caso en que el transmisor está colocado en la cima de una montaña, se emplean enlaces de radiofrecuencia entre el estudio y el transmisor. Las líneas de programa para los transmisores AM son compensadas a 8 kHz o 10 kHz. Las líneas de programa de FM son compensadas a 15 kHz.

Los equipos en la estación incluyen amplificadores, alimentación de potencia, y equipo de monitoreo.

El escritorio de control del transmisor contiene interruptores para el ajuste del control de la etapa final de potencia también posee equipo de medición para la corriente de antena, indicador de potencia de modulación e indicadores de nivel de audio de entrada.

5.9. El monitor de frecuencia para AM.

El monitor de frecuencia es un aparato que está incluido en todas las instalaciones transmisoras y ayuda a mantener la frecuencia dentro de los límites prescritos.

Una estación de monitoreo de frecuencia consiste esencialmente de un oscilador de cristal que opera a una frecuencia diferente de la frecuencia del transmisor en una cantidad determinada. La salida de este oscilador es batida con la señal de RF captada desde el transmisor, y el batido amplificado se aplica a un circuito de diodos los cuales manejan el instrumento indicador.

La frecuencia exacta asignada al transmisor se indica por cero posición central en el medidor. Todas las unidades de oscilador tienen un pequeño capacitor variable por medio del cual se ajusta la frecuencia normal.

En la Fig. 5.13 se muestra el diagrama de bloques de un monitor de desviación de frecuencia para uso típico en AM. La señal del transmisor (de 0.1 a 0.3 volt rms) se alimenta al amplificador de RF y luego es mezclada. Si la señal del oscilador local genera 100 Hz abajo de la frecuencia del transmisor, mezclado con la señal de entrada produce 100 Hz

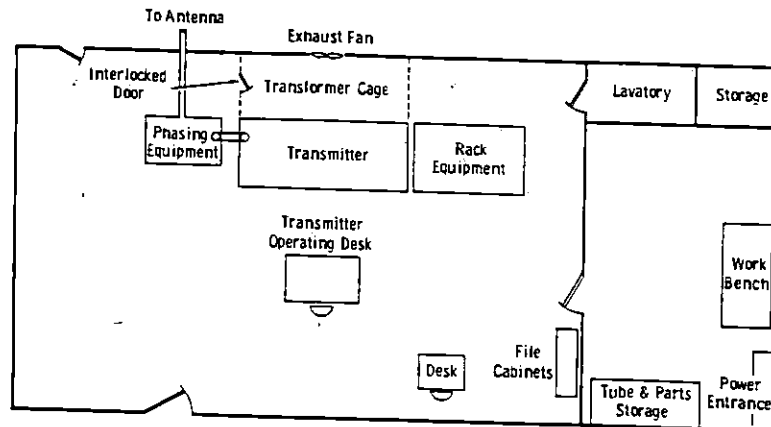


Fig. 5.12. Disposición física de la estación de transmisión.

cuando la desviación de frecuencia es cero. La señal de 100 Hz se amplifica y es alimentada a un convertidor de frecuencia a voltaje el cual produce una corriente dc. Para desviación cero, esta corriente tiene el valor de la mitad de la escala del indicador. Si la frecuencia del transmisor disminuye, la corriente del medidor disminuye, y si la frecuencia del transmisor aumenta, la corriente del medidor aumenta. Todos los circuitos excepto la alimentación de potencia están contenidas dentro de un horno para dar mayor estabilidad.

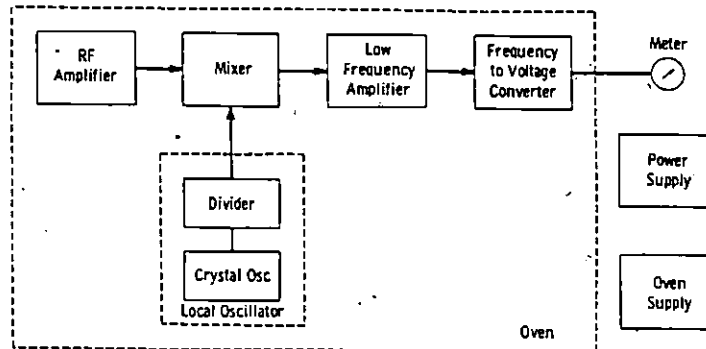


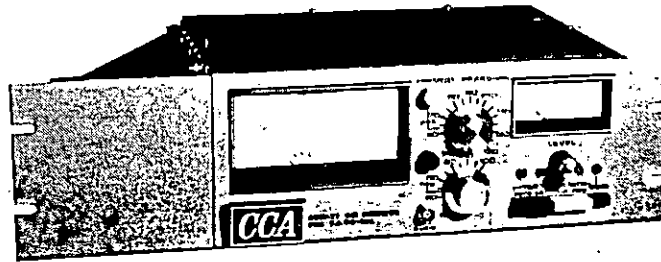
Fig. 5.13. Monitor de frecuencia típico para AM

5.10. El monitor de modulación.

El monitor de modulación está diseñado para proporcionar una lectura directa del porcentaje de modulación de una portadora de AM. La unidad también proporciona un medidor de nivel de portadora para proporcionar una indicación constante de cualquier desplazamiento de la portadora bajo modulación.

La Figura 5.14 muestra un monitor de modulación típico. La unidad proporciona una indicación de asimetría de modulación, en los picos positivos y en los picos negativos. Por lo general poseen una indicación de alarma, ya sea cuando exista sobremodulación o un porcentaje de modulación demasiado bajo.

El porcentaje de modulación del medidor se puede calibrar desde 0 hasta 120 por ciento de modulación y también se calibra en decibeles, con referencia a 100 por ciento de modulación. La respuesta en frecuencia del medidor de modulación y los circuitos de alarma es de 30 hasta 15,000 Hz ± 0.5 dB.



Courtesy CCA Electronics Corp.

Fig. 5.14. Monitor de modulación de AM

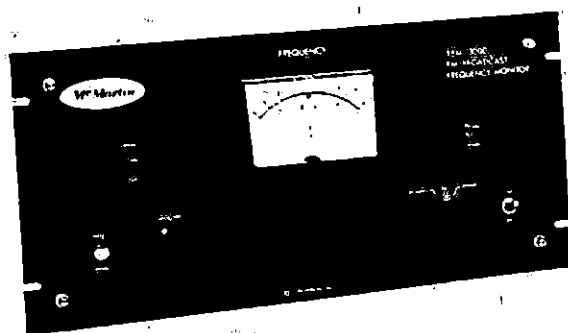
5.11. El monitor de modulación y frecuencia para FM.

Para la radiodifusión FM, los monitores de modulación y frecuencia están combinados, normalmente en una unidad simple. La Figura 5.15 (a) muestra un monitor para la modulación y para la frecuencia fundamental. Esta unidad, combinada con un monitor de frecuencia fundamental (Figura 5.15b) proporciona un monitoreo completo de la portadora principal.



(a) Monitor de frecuencia y modulación

Fig. 5.15. Monitores para la radiodifusión en AM.



(b) Monitor de frecuencia de la portadora principal

Fig.5.15. Monitores para la radiodifusión en AM

Las mediciones usuales en estos monitores son la modulación de la portadora principal, la modulación de la subportadora principal y la modulación del porcentaje de programa en cada portadora. También mide el nivel de entrada de RF para asegurar las condiciones de operación apropiadas en el monitor.

5.12. Estación de radiodifusión de televisión.

La cámara de T.V. y su equipo asociado, que se utilizan en las estaciones de radiodifusión de T.V. son un equipo de calidad excepcional. En El Salvador, el agente encargado de velar por que se trabajen con equipos que cumplan con sus normas es la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL).

La amplia variedad del equipo usado además de la cámara de T.V. en el estudio pueden asumir diferentes configuraciones. Elementos adicionales como las grabadoras de cinta de video (VTR), cámaras de telecine para mostrar películas, equipos de prueba, monitores y sistemas de conmutación, transmisores y receptores de audio y video se apilan en los estudios de radiodifusión y en los cuartos de control.

Aunque la radiodifusión de la televisión se considera generalmente como alta en calidad, está limitada en su capacidad de proporcionar imágenes de alta resolución del ancho de banda. El ancho de banda es 6 MHz, como se estudio anteriormente.

5.12.1. Equipo de la estación transmisora.

Un sistema de transmisión de TV involucra muchos circuitos de radio y sistemas discutidos anteriormente. Cada radiodifusora de TV consiste de dos señales separadas: una señal auricular y una señal visual. Cada una de estas señales tienen su propio sistema captador, procesador de señal y transmisor.

El diagrama de bloques simplificado en la Figura 5.16 ilustra una estación de transmisión monocromática de TV típica, la cual incluye un estudio, un cuarto de control, un cuarto de telecine y cinta de video, un cuarto de equipo terminal y un cuarto de transmisión.

El estudio. Los estudios de TV varían en tamaño de acuerdo a la aplicación. Algunos son pequeños, otros grandes. Muchos tienen cielos con una altura de 30 o 40 pies, con una pasarela de rieles instalada cerca de 20 pies arriba del piso del estudio para proporcionar una área para que el técnico en iluminación pueda operar. Un laberinto de tuberías desde la cual sostienen una variedad de luminarias que cruzan el cielo. Las cámaras del estudio están montadas en tripodes rodantes, los micrófonos pueden captar sonidos indeseables, muchos son direccionales; es decir que captan únicamente el sonido en la dirección en la que fueron dirigidos. Para prevenir sonidos indeseables, el director de piso usa señales, signos impresos y sistemas de intercomunicadores para dirigir la acción. El estudio mismo es a prueba de sonidos para prevenir sonidos exteriores que interfieran con las actividades del estudio. Los tubos captadores en las cámaras son los transductores de la porción visual de la señal de TV. Los micrófonos son los transductores para la porción auricular de la señal de TV.

El cuarto de cinta de video. Hoy en día se producen pocos programas en vivo. En lugar de esto la mayoría de los programas de TV son grabados en una cinta de video antes de la transmisión. Para mantener calidad se usan VTR las cuales utilizan cintas de video de alta calidad. Los cuartos de cinta de video normalmente contendrán varios VTR de modo que no solamente los programas originales pueden grabarse, también pueden insertarse comerciales.

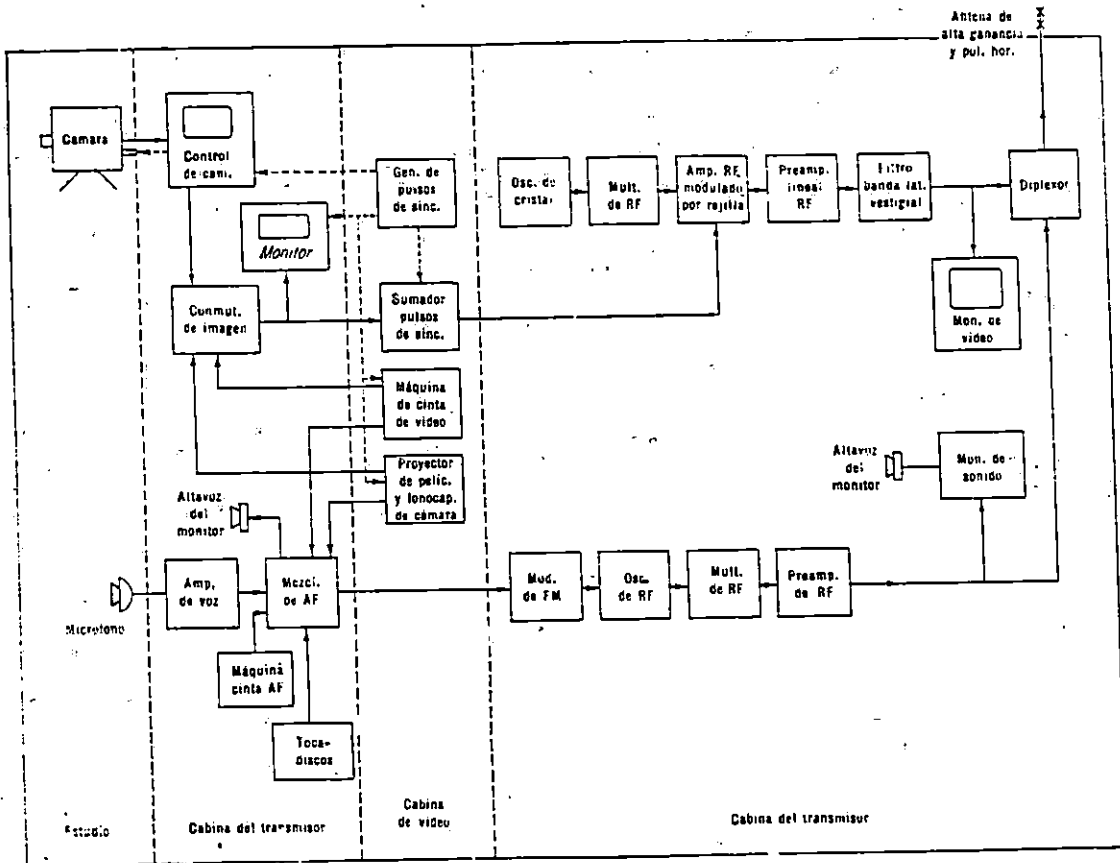


Fig. 5.16. Esquema de bloques de una estación transmisora de TV simple.

El cuarto de control. Usualmente tiene vista hacia el estudio y pueden llamarse con justa razón como puesto de comando de las estaciones de radiodifusión de TV. Los operadores en el cuarto de control monitorean y controlan el funcionamiento del equipo del estudio. Localizados en el cuarto de control están (1) los CCU, uno para cada cámara del

estudio; (2) el conmutador de video para la selección de la escena; (3) la consola mezcladora de audio y el conmutador para el control de la intensidad de sonido y la selección del micrófono; (4) los monitores de video usualmente un monitor para cada cámara más un monitor de vista previa y un monitor de línea; (5) el parlante monitor de audio.

El cuarto del equipo terminal. Incluye alimentación DC, equipo generador de pulso y el equipo de distribución. En muchas instalaciones este equipo es montado en casilleros de 19 pulg. de ancho. 7 pulg. de alto. La alimentación DC para todo el estudio el cuarto de control de cinta de video y el cuarto de equipo terminal se origina aquí. Los pulsos necesarios para la apropiada selección del sistema, y los amplificadores necesarios para la apropiada distribución de señales.

El cuarto de transmisión. Los cuartos de transmisión contienen un transmisor de AM visual, un transmisor de FM auricular, monitores de audio y video y un diplexer. La señal de audio es radiodifundida por un transmisor de FM que es esencialmente el mismo que se usa por una radiodifusora de FM. La mayor diferencia es que para el 100 % de modulación en los transmisores de audio de TV esta representada por una desviación de la portada de un valor de ± 25 kHz en vez de ± 75 kHz requerida por los transmisores de radiodifusión de radio FM. Los amplificadores aún requieren la capacidad de audio 30 - 15,000 Hz. Las señales de sonido captadas por los micrófonos son amplificadas, monitoreado y alimentado hacia un modulador de FM en el transmisor de FM es monitoreado y alimentada a una antena polarizada horizontalmente, de alta ganancia a través de un diplexer, la cual evita que cualquier señal de audio de FM sea acoplada dentro del transmisor visual AM.

La señal de video es la salida del tubo de la cámara fotosensitiva que convierte la luz en una señal eléctrica, desde una maquina de cinta de video o desde un equipo de telecine, ya que los niveles de luz en una escena visual varían en un amplio rango y en una razón rápida, en un rango de frecuencias desde unos pocos Hertz hasta cerca de 4.5 Mhz. Las señales de video son monitoreadas, los pulsos de sincronización son añadidos a ellos, y entonces las señales son alimentadas hacia el transmisor visual, donde son moduladas en amplitud. Un filtro de banda lateral residual atenúa la mayoría de las bandas laterales inferiores (llevando solamente un vestigio de este) para reducir el ancho de banda. Las señales entonces alimentadas hacia la antena a través del diplexer, la cual evita que cualquier señal de video AM sea acoplada dentro del transmisor aural de FM.

CONCLUSIONES.

- Como una conclusión general de este capítulo es conocer el equipo asociado a las estaciones de radio y TV, sus mediciones básicas; por esta razón, se convierte en uno de los capítulos básicos del trabajo de graduación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Ennes, Harold E. AM-FM Broadcasting, Equipment, Operations and Maintenance. United States of America, Howard W. Sams, 1974.
- Shrader, Robert L. . Comunicación Electrónica, México, McGraw Hill, 1981.

CAPITULO VI

FACTIBILIDAD TECNICA DE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

INTRODUCCION.

La factibilidad técnica consiste en la descripción del equipo, disposición física y espacial, y los requerimientos para la instalación y operación de una estación de radiodifusión. En este caso, se asumirá una estación de radiodifusión de FM en el Campus de la Universidad de El Salvador.

Se tendrá como finalidad demostrar que en El Salvador se dispone de los medios para la instalación y dirección técnica de un sistema de comunicaciones de importancia, como lo es la radiodifusión. La fabricación, al contrario, no es posible en el país, y se considera que los equipos serán importados, pero cumpliendo las especificaciones dadas.

La estación de producción y la estación de transmisión se describirán separadamente, previendo que la estación de transmisión no estuviera localizada en el Campus, lo cual no alterará significativamente el diseño. Por medio de este diseño también se puede tomar como base la creación de una estación de AM, la cual diferiría considerablemente en la estación transmisora.

6.1 Consideraciones preliminares.

Según las leyes del país, las ondas electromagnéticas radiadas en todo el territorio de El Salvador están sujetas a restricción, control y normalización por la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL), con su departamento Radioeléctrico. Para la puesta en funcionamiento de una estación de radiodifusión, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Dirigir una solicitud al Sr. Presidente de ANTEL en

papel sellado o papel notarial con valor de \$5.50, solicitando que se asigne una frecuencia para la radiodifusión de una estación ya sea de AM, FM o de TV.

2. Anexar la certificación de la partida de nacimiento del solicitante.

3. Anexar un estudio de factibilidad técnica.

4. Anexar un estudio de factibilidad económica.

5. Fotocopia de cédula.

6. Solvencia de no tener antecedentes penales.

Generalmente, el tiempo de proceso de esta solicitud es de dos a tres meses, período en el cual se estudia, y luego se toma una decisión de aceptación, en caso de ser favorable, se le asigna una frecuencia portadora, con el tipo de modulación, clasificación de la estación, y potencia de operación máxima.

Luego ANTEL otorga un período de dos años como plazo para que el interesado pueda construir e instalar la infraestructura y el equipo asociado a la estación de radiodifusión. Este período es la vigencia en la cual se construye todo el sistema, la cual puede ser a base de licitación, en la cual un contratista ejecutaría la obra, con las especificaciones técnicas detalladas anteriormente. El contratista se encargaría de la compra del equipo y su instalación, acordando con el supervisor los cambios que se hagan y la garantía del trabajo.

Después de la construcción e instalación de todo el sistema, ANTEL establece un período de 30 días en el cual se hacen las pruebas y mediciones necesarias para la aprobación del proyecto, según las normas de radiodifusión. Este período no es comercial y no está sujeto a horarios ni a potencia radiada, pero se evita que interfiera con otras emisiones radioeléctricas en operación.

Finalmente, cuando se han hecho las verificaciones de todas las mediciones y requerimientos dispuestos por las normas de radiodifusión en la banda específica, se procede a conceder el permiso para la comercialización de la estación, con lo que se da por establecida formal y legalmente la estación de radiodifusión.

6.2. Generalidades.

Este trabajo consistirá en definir, especificar y suministrar la información acerca del equipo, materiales y dispositivos necesarios para ejecutar en forma completa el sistema de comunicaciones de una estación de radiodifusión en FM para la Universidad de El Salvador. El nombre de este proyecto será "RADIO UNIVERSITARIA", la cual consistirá de tres partes, la estación de producción, la estación de transmisión y el sistema radiador.

La estación de producción estará ubicada independientemente de la estación de transmisión para dar más flexibilidad al diseño, pero la estación transmisora debe estar ubicada muy cercamente a la antena por factores tecnológicos y económicos. Estas tres secciones se especificarán en detalle en los párrafos posteriores y en los planos adjuntos.

Las normas que debe reqir la ejecución del proyecto es la especificada en el anexo B de este trabajo, y son las "Normas Técnicas para la Instalación y Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora en la Banda de 88 a 108 MHz, con Portadora Principal Modulada en Frecuencia", y para la instalación eléctrica se usará el "Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Dirección General de Energía y Recursos Mineros (DERM) " y el "Codigo Eléctrico Nacional Eléctrico de las Estados Unidos (NEC)".

Se debe aclarar que el proyecto se ejecutara a base de una dirección técnica y supervisión de uno o varios expertos en comunicaciones ya sea de la Universidad o contratados por aparte. La Universidad proveerá los medios para la adquisición de los materiales, equipos, accesorios y manos de obra para ejecutar en forma completa los trabajos de instalaciones del sistema de radiodifusión y todo trabajo necesario para dejar el sistema completo y en perfecto funcionamiento.

Los materiales que se emplearán en la obra deberán ser nuevos, aprobados por las asociaciones y organismos que verificarán la calidad de sus componentes y su funcionamiento óptimo. También deben ser de buena calidad obtenible actualmente y adecuados para ejecutar una instalación acorde a las prácticas de buen uso vigente. Todo equipo que no se encuentre con las especificaciones escritas podrán ser de otra marca y modelo, pero con igual o mayor calidad de estas.

La estación de producción no tendrá una ubicación definida para este proyecto, ya que se puede tener dos opciones, estar

colocadas en alguna edificación ya existente y con dimensiones apropiadas para este fin, o tener una edificación propia, en un lugar que resulte adecuado. La desición de su ubicación dependerá de la factibilidad económica y disposición espacial, en el Campus conque cuente la Universidad. Pero sin tener en cuenta la ubicación de la instalación de producción, se debe respetar la disposición presentada en el plano A-1, ya que no podrá alterarse.

Los planos y especificaciones presentados en este trabajo para la distribución, ubicación y construcción de todo el sistema sirven de ayuda, pero la localización exacta del equipo, distancia y conexiones serán determinadas por las condiciones reales en que se ejecute el proyecto. Así mismo, todo trabajo y material no indicado pero necesario para dejar el sistema completo y en perfecto funcionamiento, queda incluido bajo los requerimientos de este proyecto y serán efectuadas bajo las indicaciones del Supervisor o encargado de la dirección técnica.

6.3. La estación de producción.

El estudio de producción se muestra en el plano A-1, la cual consta de cuatro partes, el estudio, el cuarto de control principal, el cuarto de operación continua y el cuarto de almacenamiento de discos y cintas.

6.3.1 El estudio.

El estudio es el cuarto de mayor área, ya que será utilizado para varios propósitos, puede albergar a un conjunto musical para la grabación, a un solo cantante, a una orquesta sinfónica, un reportero de noticiero, grabación de sonidos pro efectos especiales, etc. Las paredes del estudio deberán estar tapizadas de corcho absorbente de 1 1/2 plg de profundidad, para reducir el eco en las paredes. El cielo falso deberá ser acústico, similar o al "Acoustone" hecho de un material absorbente de sonido y de superficie irregular fabricado por USG Interiors, Inc. de Chicago USA.

El estudio tendrá también una cantidad variable de micrófonos colocados en el perímetro del cuarto y montados en un soporte vertical ajustable y movable, para ajustar la altura y la posición de los micrófonos según el caso que se trate. Los micrófonos distribuidos en el estudio serán de tipo gradiente de presión, dentro de los cuales están comprendidos los micrófonos de cinta y velocidad. Un modelo

apropiado es el RCA SK -46. Este tipo de micrófonos tiene un patrón de captación de acuerdo al área del estudio, y tiene la característica de responder mejor al ruido. En el plano A-1 se muestra un escritorio en el estudio, el cual se usa cuando se presenta un noticiero o alguna actividad en vivo. Para este propósito se debe usar un micrófono unidireccional, de condensador cardiode, de modelo SM 98, marca Shure, fabricado por la Shure Brothers Inc, el cual tiene una respuesta en frecuencia adecuada para la voz humana.

El estudio debe tener las canalizaciones suficientes para conectar los micrófonos al cuarto de control principal, y toma de corriente para dar energía a los aparatos que se utilicen dentro de él. Además tendrá una iluminación adecuada con las luminarias empotradas en el cielo para evitar en lo posible la producción de ecos.

6.3.2. El cuarto de control principal.

El cuarto de control principal controla todas las actividades de la producción de programa. Esta consta de la consola de producción de radiodifusión, un equipo de cinta (de cartucho y de cassette), dos tornamesas y un rack de equipos auxiliares.

La consola de producción es el equipo más importante de toda la estación de producción, ya que en está convergen todas las entradas o fuente de audio para ser procesadas y proporcionar una salida única. La consola de producción será de modelo BC-5 de la marca Audio Designs, al igual que todos sus accesorios componentes y módulos. Al final del capítulo se anexa la disposición del panel y el esquema de la consola. El BC-5 se colocará sobre un escritorio o una mesa adecuada a su tamaño, peso y dimensiones, tiene una máxima de 16 entradas y cuatro salidas. Cada entrada y salida consistirá de un modulo tipo "plug-in" en el panel frontal de la consola; los modulos de entrada serán de la serie ADM 770 y los módulos de salida de la serie ADM 870, los cuales tienen la ventaja de ser intercambiables. La disposición para nuestro caso será de 5 módulos de entrada ADM 770 SD, 5 módulos de entrada 774 SD, 2 módulos de entrada ADM 776 SD, 2 módulos de salida ADM 870 S y 2 módulos de salida ADM 873 S, para hacer un total de 12 entradas y 4 salidas, dejando espacios para expansiones futuras.

Los módulos de entrada consiste de un compensador y un atenuador variable lineal en forma básica. Contiene además como opciones un atenuador rotatorio para valores fijos de atenuación, un selector de línea con micrófono, un indicador

de LED de sobrecarga y un control de nivel de señal de monitoreo. Los módulos de salida consisten de atenuadores variables lineales.

La consola RC-5 consiste también de 4 medidores VU, una para cada salida, con botones seleccionables de salida y un parlante monitor, para escuchar la salida del programa.

El equipo de cinta de cartucho será profesional, de modelo Spotmaster, de la marca Broadcast Electronic Inc., el cual es una unidad estéreo record/play con controles de niveles separados para los canales izquierdo y derecho. El equipo de cinta de cassette será del modelo MR-2, de dos cabezales y de tipo profesional de la marca Nakamichi, y conteniendo también controles de niveles de entrada separados para las señales izquierda y derecha.

El rack de equipos será de acero laminado en frío, montadas sobre rodillos y con puerta trasera removible, estará localizada como se muestra en el plano A-1, sus dimensiones aproximadas será de 2.0 m de altura, 0.45 m de profundidad y con suficiente anchura para acomodar el siguiente equipo:

(a) Dos (2) preamplificadores mezcladores, de 6 canales, +4 dBm nominal de amplificación, modelo M-900A, de marca TOA Electric Co. Ltd, o similar.

(b) Cuatro (4) amplificadores de línea, con un medidor VU incorporado, potencia de salida hasta de 240 W, modelo P-924A de TOA Electric Co.

(c) Un (1) sistema de monitoreo con canales seleccionables, con un parlante seleccionable y clavija para audifonos, estéreo.

(d) Un (1) regulador estabilizador de voltaje marca Sola con potencia para el equipo que contendrá el rack.

(e) Un (1) ventilador extractor en la cara superior del rack con toma de aire en la cara frontal inferior del rack.

6.3.3. El cuarto de operación continua.

El cuarto de operación continua mantiene la producción de programas durante casi todo el período de operación de la radiodifusora. El operador es llamado "disc-jockey" el cual es un anunciador y a la vez opera la consola de control, el tornamesas y los equipos de cinta.

El tamaño del cuarto es menor que el control principal va que requiere de menos equipo, pero debe de tener acceso

visual con el operador del control principal y con el estudio, para la organización de los programas. El cuarto también es tratado acústicamente en las paredes y en el cielo falso, y la mueblería del equipo será similar al control principal.

El equipo de cinta de cartucho cassette y el tornamesa será igual o similar al del cuarto de control principal, con las mismas especificaciones y disminuciones. Tendrá un mueble adicional, giratorio y con espacios para colocar cartuchos en "totem", lo cual ahorra mucho espacio. También tendrá un teléfono para un programa de interacción con el público.

La consola de control será de diferente modelo, pero siempre de marca Audio Desing, modelo BC-1, con nueve (9) entradas y cuatro (4) salidas, del tipo montado en escritorio, la cual consistirá de:

- (a) Una (1) consola de montaje sobre escritorio, modelo BC-1.
- (b) Tres (3) módulos de entrada 774SD
- (c) Cuatro (4) módulos de entrada 770 SD
- (d) Cuatro (4) módulos de salida 876
- (e) Dos (2) paneles de módulos en blanco 770B
- (f) Cuatro (4) medidores VU modelo 512
- (g) Una (1) fuente de alimentación, modelo PS-20-5
- (h) Un (1) módulo de audífono, modelo PH-1

La consola tendrá dos espacios reservados para una expansión posterior y también una salida de audífono para monitoreo del operador.

Los tres cuartos especificados anteriormente tendrán tratamiento acústico, en las paredes y en el cielo falso, también tendrán un reloj en cada cuarto analógico y de gran precisión, para la sincronización en el cumplimiento del horario de transmisión y producción. La conexión de los micrófonos del estudio a la consola de control principal se hará por canalizaciones subterráneas, y la conexión de los otros equipos será por la parte trasera del mueble de escritorio de la consola; lo mismo se aplica al cuarto de operación continua.

El rack de equipos en el cuarto de operación continua consistirá de:

- (a) Un (1) mezclador preamplificador, modelo M-900A, de la TDA Electric Co.
- (b) Dos (2) amplificadores de línea, modelo P-924A, de la TOA Electric Co.

- (c) Un (1) regulador estabilizador de voltaje marca Sola de 1500 VA.
- (d) Un (1) ventilador extractor en la parte superior del rack.

Todo el equipo en la estación de producción será polarizado, contando con un sistema de tierra adecuado, dicha red de tierra tendrá un valor máximo de 2 ohmios, respetando en las canalizaciones, el código de colores.

Para la comunicación visual entre el estudio, el cuarto de control principal y el cuarto de operación continua, se tendrá tres ventanas de vidrio fijo de 8 mm de espesor, con las dimensiones especificadas en los planos.

6.3.4. El cuarto de almacenamiento de discos y cintas.

El cuarto de almacenamiento de discos y cintas será un solo pasillo, con un tipo de mueble colocado a cada lado, uno de ellos del tipo dexion en la cual estarán colocados los discos, y el otro será un mueble de madera, en donde estarán colocados las cintas, ya sea de cartucho o de cassette.

El cuarto no tendrá tratamiento acústico especial, ni en paredes ni en el cielo, pero contará con una iluminación adecuada. estará protegido del polvo, humedad y calor lo más posible, así como de fuentes de campo eléctrico fuertes como motores grandes, transformadores de potencia, etc.

Tendrá un escritorio con un equipo de cinta de cartucho y de cassette y un tornamesa para el monitoreo de cualquier cinta o disco, y tendrán las mismas especificaciones que el equipo utilizado en el control principal.

Como una opción para la estación de producción, se podría tener una planta de emergencia, de capacidad suficiente para el funcionamiento de todo el equipo de audio y algunas unidades de luz, así como el sistema de aire acondicionado. El aire acondicionado es necesario ya que los cuartos están sellados debido a los requerimientos acústicos, y deberá funcionar en todo el período de operación. Aunque podría ser suficiente unidades de ventana, es preferible que sea una unidad central del tipo evaporador-compresor y condensador, utilizando refrigerante, y con ductos sobre el cielo falso.

6.4. La estación de transmisión.

La estación de transmisión consistirá de tres partes, el cuarto del transmisor, la línea de transmisión y el sistema radiador. Estarán ubicados en el edificio de la Facultad de Medicina, cuya altura y posición relativa con el área de servicio es adecuada. El sistema radiador estará ubicado en la azotea del edificio, y el cuarto del transmisor podría estar ubicado en la azotea o en cuarto directamente abajo de la torre de la antena.

6.4.1. El cuarto del transmisor.

El cuarto del transmisor contendrá el equipo transmisor modulador, un rack con el equipo de medición, monitoreo y prueba y un escritorio para el operador del transmisor.

El transmisor será de 3.8 kW, FM, tipo 815A de la Continental Electronic, el cual es un transmisor de estado sólido, excepto por un único tubo 4CX3500A en el amplificador final. El transmisor utiliza un excitador 802A para proporcionar una señal clara y precisa. Contiene un IC logicop para todas las funciones de control, una memoria que restaura el transmisor después de una falla de potencia. Está completamente contenido en un pequeño gabinete, incluyendo un filtro de armónicas.

Las especificaciones del transmisor 815A son las siguientes :

Potencia Nominal de Salida : 3.8 kW

Consumo de Potencia : 7.8 kW

Rango de Frecuencia : 88 a 108 MHz, en pasos de 10 kHz

Estabilidad de Frecuencia : ± 250 Hz

Impedancia de Salida : 50 ohmios

Conector de Salida : 1 5/8" con brida EIA

VSWR : 2:1 máxima

Tipo de Modulación : portada modulada en frecuencia directa

Capacidad de Modulación : ± 150 kHz de desviación

Excitador : de estado solido con salida variable de 5 a 50 W, conteniendo un filtro de armónicas

Impedancia de Entrada de Audio : +10 dBm (6.93 V pico a pico) para 600 ohmios y desviación de ± 75 kz

Respuesta de Frecuencia de Audio : ± 0.5 dB, plano, con

preénfasi de 25.50 ó 75
microsegundos, de 20Hz a
15kHz

Separación Estereo : 50 dB mínimo, 50 Hz a 15 Hz (60 dB ó
mejor, 400Hz a 7.5 kHz típico)
Potencia Eléctrica : 200 a 250 VAC, 60 Hz, monofásico, con
desviaciones de transformador para
200,210,220,230,240,250 VAC
Variación de Voltaje Permisible : $\pm 5\%$
Regulador del Filamento : $\pm 1\%$ óptimo
Dimensiones : 69" (175cm) altura, 34 3/4" (88cm) ancho, 33
3/8" (61cm) profundidad
Peso : 1,020 lbs (466 kg) nominal.

El transmisor puede usarse en operación monoaural y en
operación estéreo, tiene un diseño modular que le permite
cambiar parcialmente sus componentes.

El transmisor estará unido a un rack de equipo que
contendrá un medidor de VSWR, un monitor de frecuencia y un
monitor de modulación. El monitor de frecuencia sera de
modelo TBM-300 Mac Martin Industrial, Inc, y el monitor de
frecuencia de modelo BW-73A de la RCA.

El espacio que tendrán en las paredes laterales estarán
seradas con malla, para evitar que el acceso accidental hacia
la parte trasera del transmisor, lo cual tiene peligro de
quemadura de radio frecuencia. Pero tendrá una puerta de
acceso para el personal técnico. Directamente arriba del
transmisor habrá una rejilla de evacuación del aire caliente
producido por el calentamiento, el cual tendrá un extractor
de línea de 1 HP.

El operador del transmisor tendrá un archivo donde
almacenará los registros de las mediciones y pruebas
efectuadas al transmisor como lo especifica ANTEL.

Las dimensiones del cuarto se muestran en los planos, al
igual que la distribución en planta y en perfil. El cuarto no
tendrá tratamiento acústico especial, pero si será
resguardado del polvo y del agua. La comunicación con la
estacion de producción será por medio de líneas telefónicas,
ya sea del programa o de comunicación verbal.

6.4.2. La línea de transmisión.

La línea de transmisión unirá al transmisor con el sistema
radiador. La posición más óptima del transmisor con la antena
será directamente abajo de estas, en el nivel inferior de la

azotea, de modo que la línea de transmisión tendría un paso tubo adecuado en la loza. Si no es posible esta posición se tendrá el criterio de utilizar los codos de 90° lo menos posible para evitar aumentar el VSWR.

La línea de transmisión a utilizar sera rígida, de dieléctrico de aire, presurizado, de 1 5/8", marca Andresw, con secciones lineales de 20 pies con bridas de unión en ambos extremos tipo 561, si es necesario con codos de 90° tipo 1,061. Todos los accesorios con 50 ohmios y con empaque para sellar las uniones.

6.4.3. El sistema radiador.

El sistema radiador estará compuesto de una torre de 320 m de altura, en la cual se montará los elementos radiadores. La torre estará compuesta por un par central de tubo de 6" de diámetro de hierro galvanizado, de 30 m de largo la cual tendrá una estructura de soporte de hierro angular hasta una altura de 18 m, quedando luego el espacio para los elementos radiadores.

En el plano se especifican las dimensiones y la posición de los elementos. Los elementos serán los GSCPM de la Continental Electronics, de potencia media, polarizada circularmente, cuyo elemento radiante tiene un diámetro de 1 3/4", diseñado para soportar las condiciones ambientales más duras, con vientos de hasta 125 mph.

Las especificaciones de la antena GSCPM son :

Rango de frecuencia: 88 a 108 MHz, sintonizada de fabrica para una frecuencia.

Polarización : circular.

Ganancia de Potencia: 2.7154 ó sea 4.3384 dB; para 5 elementos.

VSWR en la entrada : 1.5:1 o mejor

Tipo de Alimentación Central

Conector de entrada: 1 5/8"

Peso: 283 lbs para 5 elementos

La antena tendrá 5 elementos radiadores, ya que la ganancia de la antena se logra por la acumulación de radiadores. Los elementos radiadores estarán unidos a la línea de transmisión que corre vertical y paralelamente en el rango de frecuencias de 88 a 108 MHz. Tendrá un transformador ajustable de acoplamiento en la base de la línea de transmisión lo que reduce considerablemente el VSWR.

La iluminación del escenario empleará proyectores de las series 7361A, 7363A y 7367A, de la Electro Controls Inc., los

pero se tratará en lo posible que sea de la mejor calidad. Deberá tener un ciclo elevado, capaz de contener suficiente espacio para distribuir la iluminación en el escenario, poleas transportadoras de objetos pesados y un sistema de micrófonos ubicados en distintos puntos para obtener el audio de la señal programada; el tratamiento acústico no es tan estricto como en las estaciones de radio,

pero se tratará en lo posible que sea de la mejor calidad. Deberá tener un ciclo elevado, capaz de contener suficiente espacio para distribuir la iluminación en el escenario, poleas transportadoras de objetos pesados y un sistema de micrófonos ubicados en distintos puntos para obtener el audio de la señal programada; el tratamiento acústico no es tan estricto como en las estaciones de radio, pero se tratará en lo posible que sea de la mejor calidad. Deberá tener un ciclo elevado, capaz de contener suficiente espacio para distribuir la iluminación en el escenario, poleas transportadoras de objetos pesados y un sistema de micrófonos ubicados en distintos puntos para obtener el audio de la señal programada; el tratamiento acústico no es tan estricto como en las estaciones de radio,

6.5.1. El estudio de TV.

El estudio de TV es un cuarto amplio, diseñado para ejecutar distintas actividades, ya sea la presentación de un noticiero, un drama teatral, conferencias, entrevistas, anuncios comerciales, etc. Por lo tanto, su principal objetivo será su capacidad de cambiar el ambiente dependiendo del escenario escogido.

6.5. La estación de producción de televisión.

La estación de televisión, al igual que la estación de FM, consta de cuatro cuartos, el estudio, el cuarto de control, el cuarto de cinta de video y el cuarto de almacenamiento de video. El paraí central de la torre debe quedar justamente en una columna del edificio y las cuatro patas de los soportes deberán quedar ancladas sobre las vigas que interconectan estas columnas. El paraí también debe tener varillas laterales que permitan subir a un hombre hasta la punta de la torre, para tareas de mantenimiento.

El paraí central de la torre debe quedar justamente en una columna del edificio y las cuatro patas de los soportes deberán quedar ancladas sobre las vigas que interconectan estas columnas. El paraí también debe tener varillas laterales que permitan subir a un hombre hasta la punta de la torre, para tareas de mantenimiento. El paraí central de la torre debe quedar justamente en una columna del edificio y las cuatro patas de los soportes deberán quedar ancladas sobre las vigas que interconectan estas columnas. El paraí también debe tener varillas laterales que permitan subir a un hombre hasta la punta de la torre, para tareas de mantenimiento.

La antena y la torre deberán estar pintadas de 6 franjas de 5m cada una de color naranja y blanco, siendo la última franja de color naranja. En la cima del paraí central deberá tener una luz de obstrucción o de balizaje de 500W con difusor de color rojo, el cual deberá encenderse en la puesta del sol y apagarse en la salida del sol. El patrón de radiación de la antena es esencialmente omnidireccional, ya que la antena no tendrá sensores, su patrón será circular. Mecánicamente, los elementos estarán montados en una línea coaxial de 1 5/8", cada elemento estarán espaciados igualmente, y estarán alimentados en derivación a la línea coaxial.

cuales pueden ser variables en número y en posición por medio de tres rieles en el cielo. Los primeros dos tienen longitud focal fija y el último tiene reflector de enfoque variable, con sistema de lentes intercambiables.

Las cámaras de televisión tendrán un trípode con rodillos, y estarán colocadas entre el cuarto de control y la escena, serán de modelo WV-D500 de la panasonic, a color, de alta resolución y sensibilidad. Estará acoplada al cuarto de control por medio de cables coaxiales RG591U.

6.5.2. El cuarto de control.

El cuarto de control estará ubicado entre el estudio y el cuarto de cinta de video, ya que se utilizará para la grabación de programas en vivo o para transmisiones posteriores. Sus dimensiones serán pequeñas, como lo especifica el plano, pero poseerá todo el equipo requerido para la producción de escenas televisivas.

El equipo que poseerá el cuarto de control será el siguiente:

(a) Cinco (5) monitores ST-1000M Panasonic, de color, con pantalla de 10", sin audio, montable en rack, con modo B/N y auto terminado.

(b) Tres (3) grabadoras de cinta de video de lapso de tiempo de 112" (VCR), modelo AG-6010S, marca Panasonic, cinta VHS de 112", con 7 modos de grabación/repoducción, con 1 pista de audio.

(c) Un (1) conmutador de video pasivo, modelo WJ-200B, marca Panasonic, de seis entradas de video y una sola salida, con las entradas terminadas en 75 ohms, con conectores normales BNC para entrada y salida.

(d) Una (1) consola de audio BC-1, similar al especificado para la estación de radio.

(e) Una (1) consola de iluminación, modelo 1203A, marca Electro Controls inc, de dos escenas de preselección, con desvanecedores de escena secuenciales o sincronizadas.

Las cámaras del estudio estarán conectadas a cada monitor, y los micrófonos a la consola de audio, la iluminación es controlada por la consola de iluminación. Por medio del conmutador es posible seleccionar la escena de una cámara a la vez, grabandola y transmitiendola como programa. El cuarto de control cuenta con ventanas de vidrio fijo, para controlar la producción, también poseerá un sistema de intercomunicación con audifonos para dar instrucciones al

operador de cada cámara, cualquier otra comunicación se hará por medio de señales visuales para evitar en lo posible la captación de sonidos extraños.

6.5.3. El cuarto de cinta de video.

El cuarto de cinta de video estará a cargo de la producción y operación continua del programa transmitido durante el tiempo que estará en el aire. Básicamente funciona por medio de cintas de video pre-grabadas, al cual deberá tener acceso inmediato. Poseerá la mayor parte del equipo de CCTV necesario para la transmisión del programa, y cuando sea necesario, estará sincrozado con las actividades del cuarto de control.

El equipo que estará en este cuarto será:

(a) Cinco (5) monitores ST-1000M, similar al descrito para el cuarto de control.

(b) Cuatro (4) monitores modelo CT-1400MG, marca Panasonic, de 14" de alta resolución.

(c) Dos (2) grabadoras de cinta de video de lapso de tiempo, modelo AG-6010S, similar a la descrita para el cuarto de control.

(d) Dos (2) grabadoras de cinta de video de lapso de tiempo, modelo AG-5050 de 9 modos de grabación/reproducción, marca Panasonic, de alta resolución, con cinta VHS.

(e) Dos (2) conmutadores activos de video, modelo WJ-220, marca Panasonic, de 9 entradas de video y una salida, con terminación de 75 Ω y conectores BNC.

(f) Dos (2) amplificadores de distribución de video, modelo WJ-300B, marca Panasonic, de una entrada y seis salidas, con conectores BNC.

(g) Un (1) equipo de enlace de radio frecuencia (STL), en donde converge la señal de video y audio, para su transmisión a la estación, en la frecuencia asignada por ANTEL.

(h) Un (1) regulador ferresonante para proporcionar una alimentación de voltaje acondicionado a todo equipo empleado en la estación.

Todo el sistema de video empleará el sistema de televisión NTSC, con las normas EIA (525 líneas, 60 campos), para la señal de color. El programa seleccionable de las cintas de video deberá ser conmutada al monitor de línea de programa, para ser transmitido. El sistema de enlace tendrá un transmisor que modula la señal para transmitirla en una banda de frecuencias elevada, mediante comunicación punto a punto con antenas parabólicas.

6.5.4. El cuarto de almacenamiento de cintas.

En el cuarto de almacenamiento de cintas se albergarán todas las cintas de video que se utilizarán en los programas durante todo el tiempo de transmisión. Tendrá forma de pasillo, con estantes a cada lado en donde se colocarán, debidamente clasificados, todas las cintas utilizadas en la estación.

El cuarto debe estar libre de polvo, humedad, calor y campos eléctricos o magnéticos fuertes, los cuales podrían deteriorar la cintas de grabación.

6.6. La estación de transmisión de televisión.

La estación de transmisión de televisión estará ubicada en la cima del volcán de San Salvador, ya que es la elevación natural más conveniente para mejorar la distancia de línea vista con el horizonte.

Consistirá de una casa de un solo cuarto, al pie de la torre de la antena, que albergará todo el equipo del transmisor, con suficiente area para la disposición del equipo y del operador. La posición física del transmisor será básicamente la misma que la descrita para el transmisor de FM, pero con dimensiones mayores ya que el transmisor es de mayor potencia.

La línea de transmisión saldrá del transmisor y terminará en la antena del tipo cilindro ranurado, la cual estará en el extremo de la torre. En la misma torre estará la antena receptora parabólica, del programa de la estación la cual tendrá una línea rack de equipos en la estación transmisora.

La línea de transmisión será un cable Heliac, dieléctrico de espuma, de la serie 718" LDF, el cual tendrá las siguientes características:

Impedancia : 50 ohms
Frecuencia maxima : 4.8 GHz
Porcentaje de velocidad : 89
Potencia nominal pico : 44 Kw
Diámetro con forro aislante : 1.1"
Peso del cable : 0.33 lbs/pie

La antena de transmisión será de modelo 62111A, marca Andrew, de patrón azimutal omnidireccional, con las

siguientes características:

Polarización : horizontal
Ganancia (para 2600 MHz) : 13.0 dBi
Ancho del haz vertical : 5°
VSWR máxima : 1,25
Entrada : tipo 7/8" EIA

La asignación de frecuencia de operación (canal) y potencia radiada será impuesta por ANTEL, pero es más seguro la asignación en la banda VHF, ya que en VHF están llenos todos los canales.

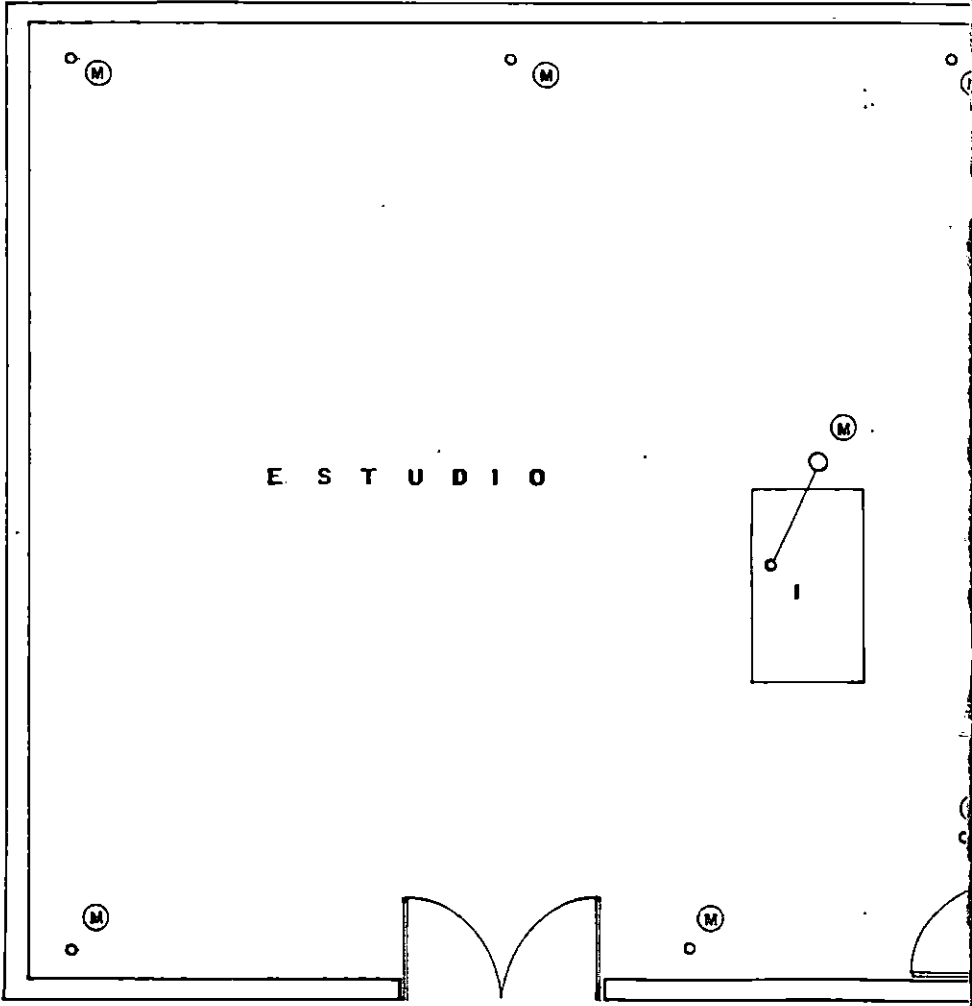
La torre de la entrada se muestra en los planos, en la cual se puede notar la forma física y la posición de la antena. Se debe recordar que toda la instalación deberá cumplir con las normas de radiodifusión de televisión, en su estructura, equipo utilizado y áreas o contornos de cobertura.

CONCLUSIONES.

- Las normas técnicas forman un papel muy importante en todo diseño de un sistema de radiodifusión.
- Gracias a la elaboración de este capítulo, quedo muy claro que debemos hacer en el caso de querer montar y echar al aire una estación de radio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

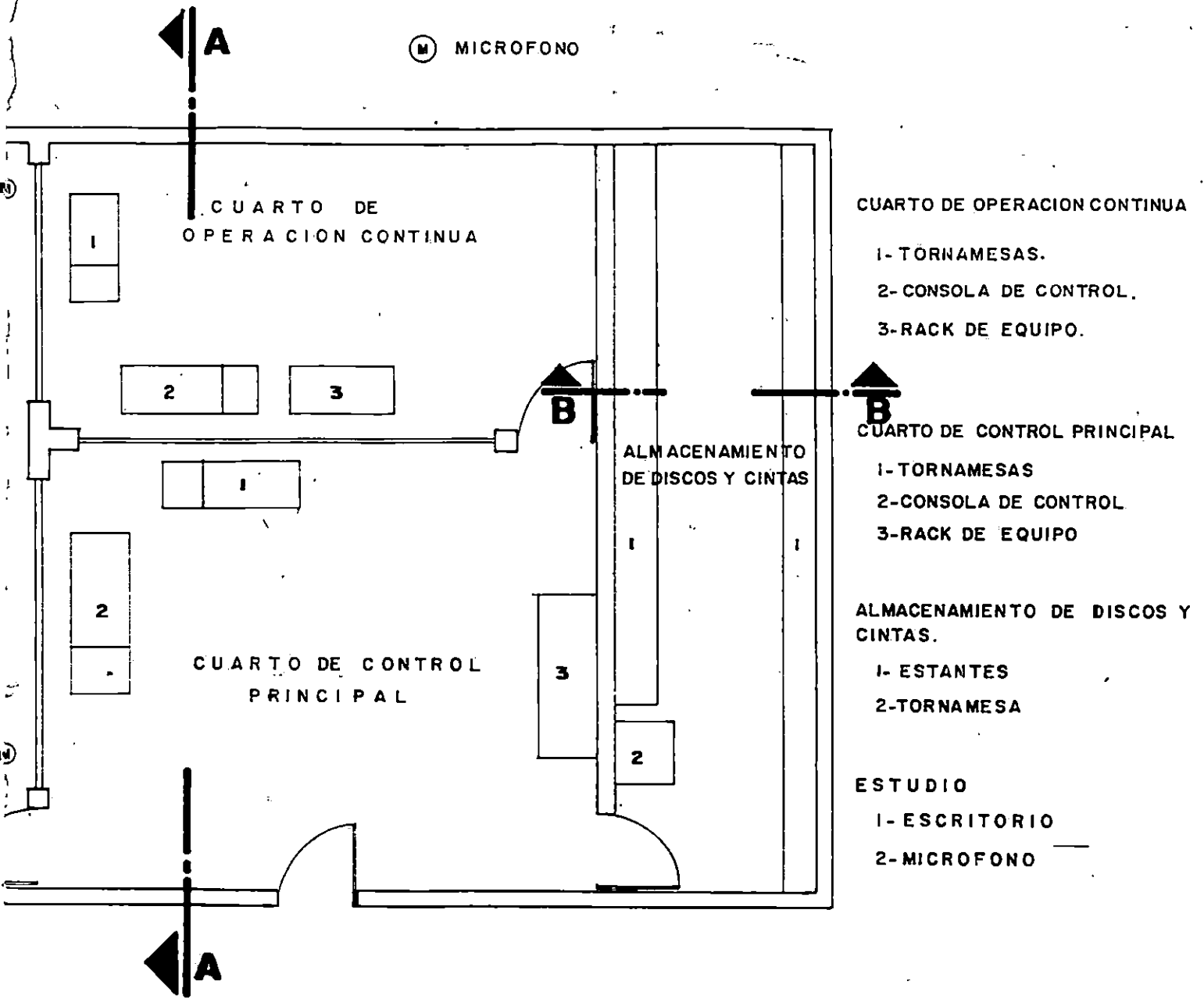
- Audio Design, Components & Consoles for Audio Control, 1981.
- Normas técnicas para la Instalación y Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora en la Banda de 88 a 108 MHz, con Portadora Principal Modulada en Frecuencia, Publicaciones Telecomex, 1975, México.
- Radio Broadcasting, Equipment Catalog, Continental Electronic, 1989.
- VIDEO, Technical Data & Application Information, Daniels Publishing Group, Inc. 1988.



ESTACION DE

NOTA: PAREDES FORRADAS DE CORCHO DE 1/2"
Y CIELO FALSO ACUSTICO-ACOUSTONE.

Ⓜ MICROFONO



PRODUCCION

ESCALA 1:75

PROYECTO : RADIO UNIVERSITARIA		DIBUJO : W. RODRIGUEZ	
UBICACION : CAMPUS UNIVERSITARIA		REVISO : E. HERNANDEZ Y M. APARICIO	
FECHA 12 - 10 - 91	HOJA No	CALCULO: E. HERNANDEZ Y M. APARICIO	

ANEXO A

NORMAS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTACIONES DE

RADIODIFUSION EN LA BANDA DE 535 A 1 605 KHz

ANEXO A

NORMAS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTACIONES DE RADIODIFUSION EN LA BANDA DE 535 A 1605 KHz.

A.1. Conceptos técnicos generales.

A.1.1 Definiciones y terminología.

Los términos y expresiones de las normas no están definidas en este anexo, se usan apegados al Reglamento de radio comunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Radiodifusión en la banda normal: servicio de radiodifusión sonora que se desarrolla en la porción de la banda de ondas hectométricas (frecuencias medias) comprendidas entre 535 y 1605 KHz. Las emisoras de este servicio están destinadas a la recepción directa por el público en general.

Estación: estación de radiodifusión que opera en la banda normal de radiodifusión.

Canal de radiodifusión: banda de frecuencia asignada a una estación cuya frecuencia portadora está en el centro.

Canal despejado: canal destinado, sólo a la operación de estaciones clase I-A y clase II.

Canal despejado compartido: canal destinado únicamente a la operación de estaciones clase I-B y clase II.

Canal regional: canal destinado sólo a la operación de estaciones clase III.

Canal local: canal destinado únicamente a la operación de estaciones clase IV.

Estación clase I: estación que opera en un canal despejado o en un canal despejado compartido y destinado a prestar

servicio primario y secundario en áreas extensas y a distancia relativamente grandes. Según la extensión de las áreas a proteger, las estaciones clase I se divide en estaciones clase I-A y estaciones clase I-B.

Estación clase I-A: estación clase I que opera en un canal despejado y cuyas áreas de servicio primario y secundario están protegidas por otras estaciones en el mismo canal. La protección de un área en servicio primario por otras estaciones en canales adyacentes, se determina de conformidad con las disposiciones contenidas en estas normas.

Estación clase I-B: estación de clase I que opera en un canal despejado compartido, cuya área de servicio primario está protegida por otras estaciones en el mismo canal o en canales adyacentes, y la de servicio secundario está protegida por estaciones en el mismo canal, según las disposiciones contenidas en estas normas.

Estación clase II: estación que opera en un canal o en un canal despejado compartido; está destinada a restar servicio primario en un área que de acuerdo con la situación geográfica y la potencia utilizada, puede ser relativamente extensa, pero limitada y sujeta a la interferencia procedente de las estaciones clase I y clase II existente. Así mismo recibirá, en su área de servicio primario, la protección que le corresponde de acuerdo con las disposiciones contenidas en estas normas, de parte de todas las estaciones en el mismo canal y en canales adyacentes, excepto de las estaciones clase I-A en el mismo canal, tanto de las nuevas, como de las que modifiquen sus características de operación.

Estación clase III: estación que opera en un canal regional y que está destinada a prestar servicio, principalmente, a uno o varios centros de población importantes y el área rural contigua a los mismos. Su área de servicio se determina mediante la aplicación de las disposiciones contenidas en estas normas.

Estación clase IV: estación que opera en un canal local y que está destinada a prestar servicios, principalmente, a una ciudad o población y a las áreas suburbanas, contiguas a las mismas. Su área de servicio se determina mediante la aplicación de las disposiciones contenidas en estas normas.

Potencia de operación: potencia de una estación es la que se suministra sin modulación al sistema de antena; se determina de acuerdo con el método descrito en la sección A.2 de estas normas.

Señal que se ha de proteger: señal determinada por el valor del contorno normal que se ha de proteger, o señal de un contorno reducido en el punto donde se debe determinar la protección de dicha señal.

Relación de protección: relación que guarda la señal que se ha de proteger y la máxima señal interferente permisible.

Anchura de banda necesaria: valor mínimo de la anchura de banda ocupada por una emisión, suficiente para asegurar la transmisión de la información con la calidad requerida.

Anchura de banda: expresión usada comúnmente para designar la "anchura de banda necesaria".

Onda de tierra: onda que se propaga por la superficie de la tierra o cerca de ella.

Onda reflejada (onda de cielo): onda que ha sido reflejada por la ionósfera.

Señal de onda reflejada (onda de cielo): 10% del tiempo: valor de una señal de onda reflejada que no se excede más del 10% del período de observación.

Señal de onda reflejada (onda de cielo), 50% del tiempo: valor de una señal de onda reflejada que no se excede más del 50% del período de observación.

Intensidad de campo radiado: valor de la componente eléctrica de la onda electromagnética radiada por una estación a una cierta distancia del elemento radiador y en una dirección específica.

Intensidad de campo de distancia inversa: valor de la intensidad de campo radiado a una cierta distancia sin considerar la atenuación debida a la absorción terrestre.

Intensidad de campo aparente, valor raíz cuadrático medio (RMS): intensidades de campo eléctrica de distancia inversa, a 1 609 m de la antena, obtenidas por mediciones.

Campo característico: intensidad de campo radiado en el plano horizontal, cuando la potencia de alimentación a un sistema radiador es un KW y la distancia de referencia es de 1609 m.

Area servicio primario: en que la onda de tierra no está sujeta a interferencia objetable.

Area de servicio secundario: área servida por la onda

reflejada sujeta a interferencia objetable. El área está sujeta a variaciones intermitentes de intensidad de campo.

Contorno normal que se ha de proteger: línea continua que une los puntos en donde la intensidad de campo tiene un valor que determina el área de servicio primario o secundario en su ausencia de señales interferentes.

Contorno reducido que se ha de proteger: contorno que resulta de la acción de una o más señales interferentes de valor superior al de la máxima señal interferente permisible dentro del contorno que se ha de proteger.

Máxima señal interferente permisible: valor máximo permisible de una determinada señal indeseada, en cualquier punto del contorno normal que se ha de proteger o en el contorno reducido, según el caso, que mantiene con la señal deseada una relación prescrita en esta norma.

Interferencia objetable: es la ocasionada por una señal que excede la máxima permisible en el contorno normal que se ha de proteger o en el contorno reducido, según el caso, de conformidad con los términos de estas normas.

Operación diurna: operación entre la hora local de la salida del sol y la hora local de la puesta del sol.

Operación nocturna: operación entre la hora local de la puesta del sol y la hora local de la salida del sol.

Operación prealba: operación durante el período comprendido entre las seis horas, tiempo local, y la hora local de la salida del sol.

Operación poscrepúsculo: operación durante el período comprendido entre la hora local de la puesta del sol y las 18 horas, tiempo local.

Período de pruebas: este período se puede usar con propósitos experimentales para probar y realizar el mantenimiento de aparatos de cualquier estación. Puede variar en su frecuencia asignada y en su potencia autorizada con previéndolo que no cause interferencia a estaciones vecinas y se mantengan en un horario regular de transmisión dentro de tal período. Ninguna estación concesionada para "operación diurna" u "horas específicas de operación" podrá radiodifundir ningún programa u horarios de programas regular durante este período.

Transmisor principal: equipo transmisor utilizado por una estación de radiodifusión, durante sus transmisiones

cotidianas.

Transmisores de emergencia y auxiliares: la operación de estos equipos quedará sujeta a lo establecido en el reglamento respectivo.

Las estaciones de radiodifusión que operan en la banda de 535 a 1605 KHz pueden contar con un equipo transmisor para casos de emergencia instalada en la ubicación del transmisor principal o en la de los estudios. En este último caso, su potencia no excedera de 500 Watts. Para instalar este equipo será necesaria la autorización previa de la Administración Nacional de Telecomunicaciones.

La radiodifusoras que operan en la banda mencionada también podrán contar con transmisores auxiliares instalados en la misma ubicación del transmisor principal, cuyas características de operación sean iguales a la del mismo, esencialmente en lo que se refiere a potencia y frecuencia.

Señal útil: intensidad media necesaria para proporcionar un servicio satisfactorio en una zona determinada, considerando el ruido parásito ambiental.

Porcentaje de modulación: relación de la mitad de la diferencia entre las amplitudes máximas y mínimas de la onda modulada en amplitud con la amplitud promedio de la onda modulada expresada en porcentaje.

A.1.2 Símbolos.

Los símbolos que se emplearán en estas normas tendrán el siguiente significado:

Símbolo	Interpretación
Hz	hertz (c/s)
kHz	kilohertz (kc/s)
W	watt
kW	kilowatt
V/m	volt/metro
mV/m	milivolt/metro
uV/m	microvolt/metro
C	operación continua (día y noche)
D	operación diurna
N	operación nocturna
ND	antena omnidireccional o no direccional

AD	antena direccional
AD-1	antena direccional. El dígito indica el mismo patrón, pero no necesariamente la misma potencia de día y de noche
AD-2	antena direccional. El dígito indica distinto patrón de día y de noche, con la misma o diferente potencia para operación diurna y nocturna
AD-N	antena direccional. La N indica que se usa antena direccional sólo para operación nocturna; omnidireccional de día
AD-D	antena direccional. La D indica que se usa antena direccional sólo para operación diurna
S	horario de operación compartido con otras estaciones de radiodifusión en el mismo canal, cuando se usa una conexión con el horario de operación de una estación de radiodifusión
HE	horas específicas de operación
OP	operación actual
VMOP	valor máximo de operación previsto
Po	potencia de operación

A.1.3 Principios técnicos.

Clase de emisión: A3

Banda de frecuencia asignada: 10 kHz (5 kHz a cada lado de la portada).

Separación entre canales: los 107 canales de la banda normal estarán preparados 10 kHz uno del otro. 540 kHz será el primero y 1600 kHz el último.

Tolerancia de frecuencia: 10 Hz a uno u otro lado de la frecuencia asignada, de acuerdo con el reglamento de radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (1968)

Determinación de la potencia: en sistema omnidireccionales se determina en el punto de alimentación de la antena; en el

caso del sistemas direccionales, en el punto común de alimentación de sistema.

Radiación no esencial: radiación en una o varias frecuencias situadas fuera de las bandas necesarias, cuyo nivel se puede reducir sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las radiaciones parásitas y los productos de intermodulación están comprendidos en las radiaciones no esenciales, pero no las radiaciones en la proximidad inmediata de los límites de la banda necesaria resultantes del proceso de modulación requeridos para la transmisión de la información.

Modulación: el porcentaje de modulación se debe mantener tan alto como sea posible. En ningún caso debe rebasar el 100% en picos negativos, ni ser menor que el 85% o en picos de frecuente repetición. Sin embargo, se permite que sea ligeramente menor que el 85%, cuando sea necesario, para evitar modulación silenciosa objetable.

A.1.4 Identificación y distribución de canales.

1.4.1 Identificación: los 107 canales de la banda normal se identifican por su frecuencia portadora.

1.4.2 Distribución: los canales se dividen en cuatro tipos, como sigue:

Canales despejados:

540, 640, 650, 660, 670, 700, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 800, 820, 830, 840, 860, 870, 880, 890, 900, 990, 1010, 1020, 1030, 1040, 1050, 1100, 1120, 1160, 1180, 1200, 1210, 1220, 1570 y 1580 Khz.

Canales despejados compartidos:

680, 690, 710, 810, 850, 940, 1000, 1060, 1070, 1080, 1090, 1100, 1130, 1140, 1170, 1190, 1500, 1510, 1520, 1530, 1540, 1550 y 1560 Khz.

Canales regionales:

550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 790, 910, 920, 930, 950, 960, 970, 980, 1150, 1250, 1260, 1270, 1280, 1290, 1300, 1310, 1320, 1330, 1350, 1360, 1370, 1380, 1390, 1410, 1420, 1430, 1440, 1460, 1470, 1480, 1590 y 1600 Khz.

Canales locales:

1230, 1240, 1340, 1400, 1450 y 1490 Khz.

A.1.5 Protección e interferencia.

Contorno normal que se ha de proteger.

Los contornos para cada clase de estación, que han de ser protegidos por otras estaciones que operen en el mismo canal tendrán los valores indicados a continuación.

a) Estaciones clase I

Operación diurna:

Valor no definido, pues la protección se establece en términos de la intensidad de señal permisible, que tiene un valor especificado en cualquier punto del contorno geográfico del país al que se le asigna la prioridad en el canal despejado respectivo.

Operación nocturna:

Valor no definido, pues el uso secundario de canales despejado se limita a las asignaciones y con las condiciones de operación establecidas según los acuerdos Nacionales e Internacionales adoptados por el Salvador.

b) Estaciones clase II

Operación diurna: 500 $\mu\text{V}/\text{m}$, onda de tierra.

Operación nocturna: 2500 $\mu\text{V}/\text{m}$, onda de tierra.

Los contornos señalados son los que otras estaciones clase II deben proteger.

c) Estaciones clase III

Operación diurna: 500 $\mu\text{V}/\text{m}$, onda de tierra.

Operación nocturna: 2500 $\mu\text{V}/\text{m}$, onda de tierra.

Relaciones de protección.

a) En el mismo canal (onda de tierra y onda reflejada).
La relación entre la señal que se ha de proteger y la máxima señal interferente permisible es de 20 a 1, con las modalidades siguientes:

Para estaciones clase I no se aplica relación de protección.
La señal interferente que se ha de considerar es:
La onda de tierra, cuando se trata de servicio diurno.

a) En el mismo canal que se considera que existe o se espera interferencia objetable, cuando la señal indeseada es mayor que:

- i) La máxima señal interferente permisible si se trata del contorno normal.
- ii) La que resulte de aplicar el procedimiento de cálculo especificado en la sección A.2, si se trata del contorno reducido.

b) En el canal adyacente se considera que existe o se prevé interferencia objetable, cuando la señal indeseada es mayor que el valor determinado por la aplicación de las relaciones de protección.

El procedimiento para calcular la interferencia objetable y el grado de éste se establece en la sección A.2.

A.2.1 Potencia de operación.

Potencia para diferentes clases de estaciones. Salvo casos específicos en que la Administración Nacional de Telecomunicaciones dictamine en forma especial las estaciones de radiodifusión, con base en su clase, deben operar dentro de las gamas de potencia establecidas a continuación:

- Estaciones clase I-A: 50 kW o más
- Estaciones clase I-B: de 10 a 50 kW
- Estaciones clase II: de 0.100 a 50 kW
- Estaciones clase III: de 0.100 a 25 Kw
- Estaciones clase IV: de 0.100 a 1 kW

Tolerancia en potencia> La potencia de operación de una estación se debe mantener dentro del valor de la potencia autorizada, y no variar en más del 5% ni en menos del 10%.

Cambio de potencia.

a) Cuando sea necesario variar la potencia de un equipo en forma rutinaria, por ejemplo para operación diurna y nocturna o para alimentar sistemas direccionales, los ajustes se realizarán de tal manera que los cambios necesarios se realicen en forma automática, mediante dispositivos que permitan en un solo movimiento realizar la operación. No se deben emplear sistemas manuales que ocasionen daños en el equipo por operación incorrecta o que pongan en peligro la vida de los operadores.

b) En caso de que el cambio de potencia se realice en los sistemas de alimentación energía eléctrica, se debe contar también con interruptores automáticos, principalmente en los casos en que existan líneas de alta tensión.

c) En los circuitos de radiofrecuencia de los equipos transmisores, al verificar el cambio o los cambios, aquéllos no deben sufrir ninguna variación en su ajuste; en caso de que se necesite controlar la señal de excitación, este control se efectuará por medio de dispositivos eléctricos, pero no en forma manual, a fin de evitar ajustes.

d) Cuando sea necesario realizar cambios de equipo, las cuchillas o relevadores empleados deben de operar también automáticamente sin necesidad de intervención manual, debiendo conectar los botones de mando al tablero de control de todo el equipo.

e) Los dispositivos de cambio, igual que el resto del equipo, cumplirán los requisitos de protección y seguridad para el equipo y personal de operación.

A.2.2 Modificaciones en la forma de radiación.

En la estaciones en que se necesita realizar cambios de línea de alimentación en antena. Sistemas de acoplamiento, de antenas o de arreglos de antena, se debe contar con sistemas de control remoto y no serán accionados manualmente los dispositivos de cambio, debiendo cumplir, con el resto del equipo, la condición de blindaje, protección y seguridad para el personal.

A.2.3 Procedimiento de cálculo.

Determinación de la potencia de una estación. Para los efectos de comprobación de la potencia de una estación, se puede emplear los siguientes métodos:

a) El valor de la potencia de operación del equipo será el producto del voltaje (E_p) y la corriente de placa (I_p) del paso final de radiofrecuencia, considerando el factor de eficiencia de este paso:

$$\text{Potencia de operación} = E_p I_p F$$

El factor de eficiencia indicado F será el establecido por el fabricante del equipo, o el comprobado por mediciones. El caso de no contar con el dato de factor de eficiencia, como guía teórica, se tomarán en cuenta los valores de la tabla A-1.

h) Antenas direccionales.
 Onda de tierra: valor obtenido del patrón de radiación de la antena, en el plano horizontal, en la dirección en que la intensidad de la señal transmitida se va a determinar.

Onda reflejada: valor que se obtiene siguiendo el procedimiento indicado en el punto anterior, corregido de acuerdo con la característica de radiación de la antena en el plano vertical, en el ángulo de salida correspondiente, determinado mediante la Fig. A-2. La característica de radiación en el plano vertical se puede determinar utilizando las curvas de la Fig. A-3.

a) Antenas omnidireccionales.
 Onda de tierra: producto del campo característico de la antena transmisora y la raíz cuadrada de la potencia de entrada a la antena, en kilowatts.

Determinación de los valores de intensidad de campo radiado.

Determinación del campo característico se determina, teóricamente, mediante el uso de las curvas de la Fig. A-1 y, prácticamente, siguiendo el procedimiento descrito en la sección A.2.4.

e) Para estaciones que operan con sistema radiador direccional, la potencia entregada al sistema se calcula multiplicando la resistencia medida (ohms) en el punto común de alimentación (entrada del divisor de potencia) por la corriente medida en el mismo punto, elevada al cuadrado (amp²).

d) Midiendo directamente la potencia del transmisor, para este fin se puede emplear una carga artificial de características conocidas, que se acople debidamente a la salida del transmisor.

Clase de estación	Campo característico mV/m	valor mínimo	valor máximo
I	225	-	-
II y III	175	224	174
IV	150	-	-

Tabla A-2 Valores considerados según la clase de estación.

Onda reflejada: valor obtenido del patrón de radiación de una antena, en el plano vertical, en dirección en que la intensidad de la señal se va a determinar considerando el ángulo de salida determinado, según la Fig. A-2.

Determinación de la intensidad de campo de una señal recibida. Para calcular aplique esto:

a) Onda de tierra. En la gráfica de la sección A.2.6 correspondiente a la frecuencia de transmisión, se selecciona la curva que corresponde a la conductividad de la trayectoria entre el transmisor y el punto en que la intensidad de campo se va a determinar. La intensidad de campo leída en esa curva, para la distancia existente entre la estación y el punto en que la intensidad de campo se va a determinar, es la que produciría una estación con una intensidad de campo radiada de 100 mV/m, para obtener el valor de la intensidad de campo de la señal recibida.

Cuando se presenten varios valores de conductividad a lo largo de la trayectoria, se puede usar el método de "Kirke" o de la "distancia equivalente", para calcular la distancia a un contorno de intensidad de campo en relación con las gráficas de la sección A.2.6. Este método se describe en la sección A.2.7.

b) Onda reflejada. La sección A.2.8 es una gráfica que contiene las curvas que indican la intensidad de campo de onda reflejada, producida a diferentes distancias de una estación con una intensidad de campo radiado de 100 mV/m. La curva de 50% del tiempo se utiliza para determinar la intensidad de campo de una señal indeseada. El valor leído en la curva, a la distancia del punto en que se va a determinar la intensidad de campo radiado por la estación con respecto a 100 mV/m, para obtener la intensidad de campo de la señal recibida. Vea el ejemplo la sección A.2.8.

Cálculo de protección del contorno reducido.

a) Contorno reducido que se ha de proteger. El contorno reducido que se ha de proteger de una estación, definido en forma general en la sección A.1, es la línea que une todos los puntos dentro del contorno normalmente protegido, en donde la relación de la señal protegida con la señal interferente, procedente de una estación existente en el mismo canal, es de 20 a 1. Ejemplo: señal deseada: 500 uV/m; señal interferente: 25 uV/m.

b) Determinación del contorno reducido. Para el servicio primario en operación diurna de las estaciones de clase II, clase III y clase IV el contorno reducido se traza a través

de todos los puntos en los que se satisfaga la relación de 20 a 1 entre la señal protegida y la interferente. Para el servicio primario en operación nocturna de estaciones clase II y clase III, el contorno reducido se considerará como contorno cerrado de un valor uniforme que circunscribe a la estación, valor que se puede determinar multiplicando por 20 el valor de la señal interferente más intensa de una estación existente en el mismo canal, calculado para el lugar en que está ubicada la estación protegida. Ejemplo: si la señal interferente es de 125 $\mu\text{V}/\text{m}$, el contorno reducido será de 2500 $\mu\text{V}/\text{m}$.

c) Protección del contorno reducido. En todo punto del contorno reducido o dentro de éste, la intensidad de cualquier señal nueva interferente de una estación en el mismo canal no podrá exceder del 70% del valor de la máxima señal interferente existente en ese punto, o de una vigésima del contorno normalmente protegido, cualquiera que sea mayor. Ejemplo: supóngase una estación clase II, cuyo contorno normalmente protegido en operación diurna es de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$, la máxima señal interferente permisible será de 25 $\mu\text{V}/\text{m}$; pero si la estación involucrada ya recibe una señal interferente de 100 $\mu\text{V}/\text{m}$, una nueva estación en el mismo canal tendrá la opción de interferir con 25 $\mu\text{V}/\text{m}$ o hasta el 70% de 100 $\mu\text{V}/\text{m}$.

A.2.4 Determinación de la resistencia y reactancia de antena.

La resistencia de una antena omnidireccional alimentada en serie se debe medir en la base de la antena sin que intervengan redes o componentes de acoplamiento. Para una antena alimentada en paralelo, la resistencia de la antena se medirá en el punto donde se entrega la energía de radiofrecuencia, sin que intervengan redes o componentes de acoplamiento.

La resistencia y reactancia de un sistema direccional de antena se debe medir en el punto de alimentación común del arreglo, debiéndose obtener las siguientes condiciones:

a) La antena debe quedar finalmente ajustada para dar el patrón de radiación deseado.

b) La reactancia a la frecuencia de operación en el punto de medición se ajustará a cero, a tan cerca como sea posible.

La resistencia de una antena se debe determinar mediante el siguiente método:

a) Se realizarán mediciones dentro de un rango de frecuencias, desde 30 kHz abajo de la frecuencia de operación hasta aproximadamente 30 kHz arriba, a intervalos de aproximadamente 5 kHz. Los valores medidos se deben graficar en papel de coordenadas cartesianas, tomando como abscisa la frecuencia y como ordenada la resistencia. Los puntos graficados darán como resultado una curva de pendientes suave. El valor de la resistencia correspondiente al punto de intersección de la curva y la abscisa que representa la frecuencia de operación es la resistencia de la antena.

b) Para un sistema direccional, la reactancia de la antena se debe determinar por un método similar al anterior.

A.2.5 Comprobación del campo característico.

Las mediciones que se hagan con este fin, seguirán los lineamientos indicados en la sección A.2.9.

A.2.6 Gráficas de atenuación de la onda de tierra.

Las gráficas numeradas del 1 al 20 de este anexo muestran los valores calculados de intensidad de campo eléctrico de la onda de tierra, en función de la distancia a la antena transmisora.

La intensidad de campo se considera aquí como parte de la componente vertical del campo eléctrico recibido en la tierra, el cual no es reflejado por ninguna de las capas de la ionosfera o de la troposfera.

Las veinte graficas adjuntas se calculan para veinte diferentes frecuencias una constante dielectrica igual a 15 para la tierra y 80 para el agua de mar (referida al aire como unidad) y para las conductividades de tierra que se expresan en las curvas, dadas en m/Mhos.

Las curvas muestran la variación de la intensidad de campo eléctrico de la onda de tierra con la distancia, utilizando una antena vertical corta, colocada en la superficie de una tierra esférica uniformemente conductora con las constantes de tierra que se muestran en las graficas; estas curvas fueron hechas para una potencia de antena y una eficiencia, tales que la intensidad de campo de distancia inversa a 1609 m es de 100 mV/m y son válidas también para otras antenas diferentes a la que se utilizo para su elaboración.

Utilizando las curvas de 1 al 20 y las siguiente expresión

$$\frac{R}{R_0} = \frac{E}{E_0} \quad (1)$$

La cuales es una relación directa de los valores conocidos tomados de las curvas y los que se desean calcular donde :

- $E_0 = 100$ mV/m de distancia inversa (valores constantes tomados de las curvas.)
 E = Intensidad de la campo eléctrico en plano horizontal en la antena en cuestión.
 R_0 = Intensidad de campo eléctrico en el plano horizontal de una antena hipotetica a una distancia x .
 R = Intensidad de campo eléctrico en el plano horizontal en el plano horizontal de la antena en cuestión a una distancia conocida.

Con la relación anterior se puede calcular la intensidad de campo eléctrico en el plano horizontal que pone una antena a una conocida o bien una distancia que llega un contorno de radiación por onda tierra .

Ejemplo:

Calcular la intensidad de campo en el plano horizontal que produce a 160 Km (95.5 millas) una estación que opera con los siguientes parámetros :

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ kW} \\ n &= 175 \text{ mV/m} \\ f &= 1000 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Conductividad de terreno = 10 m Mhos/m.

Procedimiento:

- a) Calcular la intensidad de campo en el plano horizontal a 1609 m (1 milla) por medio de la formula:

$$E = n \cdot J_p \quad (2)$$

por lo tanto, $E = 391$ mV/m

- b) Utilizando la gráfica 12, determinar el valor de R_0 para una distancia de 60 Km (95.5 millas) siguiendo, en este caso, la curva de conductividad de 10 m Mhos/m.

Por lo tanto $R_0 = 62.5$ Uv/m.

- c) Calcular la intensidad de campo que produce la estación a 160 Km (95.5 millas) de distancia; aplicando la formula

(1), sustituimos valores y tenemos:

$$R = \frac{(390 \text{ mV/m})(62.5 \text{ uV/m})}{100 \text{ mV/m}}$$

$$R = 243.75 \text{ uV/m}$$

que es la intensidad de campo eléctrico a una distancia de 160 km.

A.2.7. Método de Kirke.

(Distancia equivalente) para el cálculo de la intensidad de campo de la onda de tierra.

Cuando una señal transcurra a través de una trayectoria donde existan diferentes conductividades, la distancia a un contorno de intensidad de campo de la onda de tierra se puede predecir mediante el método de distancia equivalente.

Al predecir intensidades de campo a cierta distancia de la antena, mediante el método de distancia equivalente, se espera que haya resultados razonablemente precisos cuando se conoce el campo sin atenuación de la antena, las diferentes conductividades de la tierra y la ubicación de las discontinuidades. Este método considera que una onda se propaga a través de una conductividad dada, de acuerdo con la curva para una tierra homogénea de dicha conductividad. Cuando la onda pasa a una región de una segunda conductividad, la distancia equivalente que guarda un punto de recepción con respecto al transmisor cambia repentinamente, pero no la intensidad de campo. Desde el punto localizado desde la segunda región, el transmisor aparece como que estuviera a una distancia tal que, en la curva para una tierra homogénea de la segunda conductividad la intensidad de campo fuera igual al valor que tuviera precisamente a través del contorno de la primera región. De esta manera, la distancia equivalente del punto de recepción al transmisor puede ser mayor o menor que la distancia real. Se considera que existe un transmisor imaginario a dicha distancia equivalente. No se tiene en mente usar esta técnica como medio para evaluar el campo sin atenuación, o la conductividad terrestre, basándose en el análisis de datos de medición.

A continuación se expone un ejemplo del uso del método de

distancia equivalente. Se desea determinar la distancia a los contornos de 0.5 mV/m y 0.025 mV/m de una estación en la frecuencia de 1000 kHz, con un campo a distancia inversa de 100 mV/m a una milla sobre una trayectoria que tiene conductividad de 10 m Mhos/m a lo largo de una distancia de 24 km 5 m/Mhos/m en los siguientes 33 km y 15 m Mhos/m en el resto de la trayectoria mediante el uso de las curvas apropiadas en la sección A.2.6. gráfica 12, se ve que a una distancia de 24 km en la curva para 10 m Mhos/m el campo es de 3.45 mV/m la distancia equivalente a esta intensidad de campo para una conductividad de 5 m Mhos/m es de 17.7 km. Continuando sobre la curva de preparación de la segunda conductividad, el contorno de 0.5 m V/m se encuentra a una distancia de 45 km respecto del transmisor imaginario. Puesto que el transmisor imaginario estaba 6.5 km más próximo (24-17.8 km) al contorno de 0.5 mV/m, la distancia del contorno al transmisor real es de 51.5 km (45+6.5 km). La distancia al contorno de 0.025 mV/m se determinan continuando sobre la curva de propagación para la segunda conductividad a una distancia a 51 km (18+33 km). En el cual se lee que es campo es de 0.39 mV/m. En este punto la conductividad cambia a 15 m Mhos/m y, utilizando la curva relativa a esta conductividad, se determina que la distancia equivalente es de 88 - 43.5 km más lejana que la que se hubiera obtenido si hubiera prevalecido una conductividad de 5 m Mhos/m; determinando el contorno de 0.25 mV/m se encuentra a una distancia equivalente de 280 km. Puesto que se había considerado que el transmisor imaginario se encontraba 6.5 km más próximos al primer contorno y 44.5 km más lejos del segundo, el efecto neto es considerar que el transmisor imaginario está 37 km (43.5-6.5 km) más lejos que el transmisor real, de tal manera que la distancia al contorno de 0.025 mV/m resulta ser de 243 km (280 -37 km).

A.2.8. Señal de onda reflejado.

Ejemplo del cálculo.

Supóngase que se desea calcular la intensidad de campo de la señal interferente producida por una estación A en el contorno reducido en una estación B y que la distancia de la estación A al contorno reducido de la estación B es de 643.6 km (400 millas) supóngase también que la estación A opera con 5 kW y que utiliza una antena vertical omnidireccional de una longitud eléctrica de 68° eléctricos y un sistema de tierra constituido por 90 radiales de 1/4 de longitud de onda.

De acuerdo con las curvas del anexo 1, el campo

característico de una antena vertical de esa es de 175 mV/m. por lo cual la intensidad de campo radiada en el plano horizontal a 1609 m es de 391 mV/m (de la fórmula $E=n\cdot J_p$).

Según la Figura A-2, el ángulo de salida para una distancia de 643.6 km (400 millas) es de 15 ° y, conforme la figura A-3, la característica de radiación en el plano vertical para dicho ángulo de salida es 96% de manera que la intensidad de campo radiada de la estación A es :

$$\frac{96 \times 391}{100} = 375 \text{ mV/m}$$

La curva de 10% del tiempo de la figura A-4 muestra que, para una intensidad de campo radiado de 100 mV/m, la intensidad de campo de la señal a 643.6 km (400 millas) es de 163 uV/m.

Como la estación A realmente tiene una estación de campo radiada de 375 mV/m, la intensidad de la señal interferente de la estación A en el contorno reducido de la estación B (E_{AB}) será el producto de 163 uV/m por la relación de 375 mV/m a 100 mV/m; o sea, de la formula de la sección A.2.6.

$$\frac{R}{R_o} = \frac{E}{E_o} \quad E = \frac{R E_o}{R_o}$$

$$E_{AB} = \frac{163 \times 375}{100} = 611.25 \text{ uV/m, } 10\% \text{ T.}$$

Supóngase ahora que la estación A utiliza una antena direccional cuya intensidad de campo radiado en dirección a la estación B y a un ángulo de salida de 15 grados es de 128 mV/m. Entonces la intensidad de señal interferente de la estación A en el contorno reducido de la estación B (E_{AB}) será el resultado de multiplicar por 163 u V/m la relación de 128 mV/m a 100 mV/m, es decir :

$$E_{AB} = \frac{163 \times 128}{100} = 208.5 \text{ uV/m, } 10\% \text{ T.}$$

A.2.9. Procedimiento para determinar las intensidades de campo aparente y característico de un sistema

radiador.

Utilizando un medidor de intensidad de campo eléctrico recientemente calibrado y autorizado por la Administración Nacional de Telecomunicaciones, deben efectuarse mediciones, a partir de puntos cercanos al elemento radiador, teniendo en cuenta que las radiaciones producidas por el mismo no se pueden considerar como si fuerán originadas en un punto por lo tanto, la distancia mínima de medición no debe ser menor que una longitud de onda, ni de 5 veces la altura del elemento radiador, en el caso de un sistema direccional, la distancia será mayor que 10 veces la separación entre antenas.

Para fijar los puntos en los cuales se deben efectuar las mediciones, se localizará primero sobre un mapa, plano o aerofoto a escala adecuada el lugar en que está situado el radiador. Una vez localizado se trazará una serie de radiales sobre los que se fijarán sobre los puntos que han de medir. El número de radiales puede ser variable, de acuerdo con las condiciones del terreno y de la configuración del diagrama que se ha de medir, pero no podrá ser menor que 8.

La orientación de los radiales dependerá también de las condiciones del terreno, pero deben estar espaciado lo más uniformemente posible. Sobre cada radial trazado se fijarán los puntos de medición de intensidad de campo eléctrico en la siguiente forma :

- a) Para zonas cercana al elemento radiado (a partir de la distancia mínima aceptable). Se fijarán puntos a intervalos de 100 mts hasta una distancia de 1.5 km.
- b) De 1.5 km a 3 km se deben fijar puntos a cada 150 m.
- c) De 3 km a 5 km se deben fijar los puntos cada 250 m.
- d) De 5 a 10 km intervalos de 500 m.
- e) De 10 a 20 km a intervalos de 1000 m.
- f) De 20 a 35 km a intervalos de 2000 m.
- g) De 35 km en adelante cada 5000 m.

Una vez que se han fijado los puntos para llevar a cabo las mediciones, se deben tener en cuenta que pueden existir factores que impidan efectuarse en forma rigurosa, las mediciones en los lugares previstos por lo cual se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones :

Quando los puntos localizados queden situados en zonas pobladas o existan obstáculos que impidan tomar algunas mediciones, estas se efectuarán en puntos situados antes y después de los localizados. Si se trata de una ciudad además, se procurará efectuar mediciones dentro de la misma, pero en lugares lo más despejado posible.

Quando, a causa de un obstáculo no se puedan efectuar mediciones a la distancia mínima indicada anteriormente se efectuarán en puntos lo más cercano posible, pero a intervalos menores que los que correspondan sin existir el obstáculo.

Las mediciones de intensidad de campo invariablemente de harán dentro del período comprendido entre dos horas después de la salida del sol y dos horas antes de la puesta del mismo, en el lugar donde se realizan las mediciones.

Es necesario que, mientras se hagan mediciones de intensidad de campo eléctrico, se vigile que la potencia entregada a la antena sea constante.

Se sugiere que, durante el tiempo en que se están haciendo las mediciones, se hagan lecturas de los medidores a la salida del transmisor y en la base de la antena, cuando menos cada media hora.

Una vez que hayan efectuado las mediciones en los radiales se trazarán las curvas de intensidad de campo, correspondiente a cada radial, contra la distancia, de acuerdo con cualquiera de los dos métodos siguientes:

- a) Usando papel logarítmico (log-log), graficar las intensidades de campo como ordenadas y las distancias como abscisas.
- b) Usando papel semi-logarítmico, graficar las intensidades de campo multiplicadas por la distancias como ordenadas, sobre la escala logarítmica y las distancias con abscisas en la escala lineal.

Es recomendable utilizar papel transparente para graficar los valores de intensidad de campo.

Cualquiera que sea el método empleado, la curva representativa de la atenuación se encuentra comparando los puntos graficados contra las curvas teóricas de "Intensidad de campo de onda de tierra contra distancia", correspondiente a la gráfica la sección A.2.6 de estas normas. Para hacer las comparaciones se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

Colóquese la hoja en la cual se han trazado los puntos, sobre la gráfica correspondiente a la frecuencia. Póngase contra la luz, si es necesario, haciendo coincidir las abscisas de 1609 m (1 milla) y muévase hacia arriba o hacia abajo hasta encontrar la curva de onda de tierra que más se aproxime al del los puntos graficados. Esta curva se calcará sobre la hoja que contenga los puntos. Sin mover la hoja, se calcará también la curva de la distancia inversa.

Para encontrar el valor de la intensidad de campo de distancia inversa a 1609 m de este radial (campo no atenuado), bastará leer el valor de la ordenada, en la escala de los puntos graficados, correspondientes al cruce de la línea de 1609 m con la curva de la distancia inversa.

Se recomienda que en estos estudios se utilicen ampliaciones lineales de las gráficas de intensidad de campo de onda de tierra.

Cuando se hayan analizados en la forma anterior todos los radiales, se graficarán los valores de la intensidad de campo no atenuado de todos los radiales, en papel de coordenadas polares. Uniendo estos puntos se obtendrá una curva representativa del diagrama de radiación horizontal de la intensidad de campo de distancia inversa. La intensidad de campo eléctrico aparente a 1609 m (RMS) estará representada por el radio de un círculo cuya área será igual al área limitada por dicho diagrama. En forma analítica se puede calcular por la siguiente expresión:

$$E_{\text{aparente}} = \frac{\sum_{r=1}^{r=n} E^2}{n}$$

donde E_{aparente} = intensidad de campo aparente a 1609m.

E_r = intensidad de campo de distancia inversa, del radial.

n = número de radiales medidos.

A partir de este valor encontrado de la intensidad de campo aparente, se puede calcular la intensidad de campo característico de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{E_{\text{aparente}}}{\sqrt{P_r \text{ (kW)}}}$$

donde P_r es la potencia entregada al sistema radiador. n intensidad de campo característico.

Para determinar la potencia entregada es necesario conocer la corriente en la base de la antena (I_b) y la resistencia de radiación del elemento radiador (R_r) en el lugar donde se mide la corriente.

Los valores de I_b y R_r se obtienen a base de mediciones.

Los resultados de las mediciones efectuadas se presentarán en la siguiente forma:

1. Deben consignarse en una tabla los siguientes datos para cada radial :

- a) Distintivo de llamada de la estación.
- b) Frecuencia.
- c) Potencia autorizada y potencia de operación en el momento de las mediciones.
- d) Ubicación de la estación, con sus coordenadas en grados, minutos y segundos.
- e) Fecha.
- f) Clasificación del radial.
- g) Acimut del radial.
- h) Número del punto sobre el radial.
- i) Distancia del radiador en metros.
- j) Intensidad de campo eléctrico (E) en mV/m.
- k) Hora de la medición.
- l) Descripción del lugar donde se efectuó la medición y condiciones meteorológicas imperantes (datos topográficos, húmedo, lluvioso, líneas de alta tensión, etcétera).

2. Mapa, plano o aerofoto (de escala no mayor de 1:25000) en el que se indiquen los puntos donde se efectuaron las mediciones, numerando, de acuerdo con la tabla, los radiales y los puntos de medición radial.

3. Curva de atenuación de la intensidad de campo eléctrica a lo largo de cada radial.

4. Diagrama de la intensidad de campo de distancia inversa a la escala adecuada en papel de coordenadas polares, indicando además la intensidad de campo aparente y el norte

verdadero.

5. Medición de la resistencia del elemento radiador:

a) Curvas que representan la resistencia y reactancia en función de la frecuencia, tomando por lo menos tres lecturas arriba y tres abajo de la frecuencia de operación, dentro de una banda de 60 kHz.

b) Tabla de los datos obtenidos.

c) Descripción del método empleado.

6. Descripción del sistema radiador y del sistema de tierra (dimensiones físicas, etcétera).

7. Valores de corriente en la base del elemento radiador durante el tiempo en que se efectuaron las mediciones de intensidad de campo.

8. Cálculo de la potencia en la base al elemento radiador.

9. Cálculo de las intensidades de campo efectivo y característico.

10. Descripción y exactitud de los instrumentos utilizados en las mediciones. (Anexar certificado de la última calibración del medidor de intensidad de campo).

11. Nombre, dirección y número de registro del perito en telecomunicaciones responsable del trabajo.

12. Cualquier otra información que se considere pertinente.

A.3. Equipo.

A.3.1 Características del equipo empleado.

El equipo de una estación de radiodifusión se ajustará a las siguientes especificaciones:

Debe trabajar continuamente a la potencia autorizada con una modulación del 85%, sin que la distorsión exceda los límites especificados en estas normas.

La distorsión total de audiofrecuencia desde las terminales de los micrófonos, incluyendo el amplificador del

mismo, hasta la salida de la antena no excederá del 5% de armónicas (suma aritmética de los voltajes medidos o raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, RMS), cuando se modula entre 0 y 84%, y no más de 7.5% de armónicas (suma aritmética de los voltajes medidos o RMS), cuando se modula 85 y 95% (las distorsiones se medirán con frecuencias de modulación de 50, 100, 400, 1000, 5000 y 7500 Hz. hasta la décima armónica o 16000 Hz, o cualquiera otra que se encuentre dentro de las frecuencias indicadas que sea útil para las pruebas).

Las características de respuesta de audiofrecuencia del equipo transmisor, desde las terminales del micrófono (incluyendo el amplificador del micrófono, a no ser que se haya incluido la corrección en frecuencia del mismo) hasta la salida de antena, no deben ser mayores que 2 db, con respecto a la frecuencia de 1000 Hz, entre 100 y 5000 Hz.

La variación máxima de la corriente de placa del paso final correspondiente a la portadora no debe ser mayor del 5% para cualquier porcentaje de modulación.

El nivel del zumbido de la portadora y ruidos extraños (sin considerar el ruido del micrófono y del estudio) estará cuando menos 45 db abajo del nivel a 100% de modulación, para la gama de frecuencias de 30 a 20000 Hz.

El equipo transmisor contará con los instrumentos de medición indispensables para controlar correctamente su operación y éstos reunirán los requisitos que se establecen en las presentes normas.

El equipo transmisor tendrá dispositivos que varíen la potencia del mismo dentro de los límites apropiados para compensar las variaciones excesivas provocadas por inestabilidad del voltaje de alimentación u otros factores que afecten la potencia de salida.

El transmisor estará dotado de un equipo de control automático de frecuencia, capaz de mantener la frecuencia de operación dentro del límite estipulado en estas normas.

En los circuitos osciladores se cumplirán los siguientes requisitos:

a) Debe haber dos cristales con el propósito de disponer de uno de ellos como repuesto en cualquier momento.

b) Los cristales estarán alojados dentro de cámaras termostáticas en operación continua, con el objeto de que su estabilidad de frecuencia se mantenga dentro de la tolerancia especificada en estas normas.

Las variaciones de temperatura con respecto a la temperatura normal de operación no excedera de: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, cuando se empleen cristales con cortes X ó Y, y de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, cuando se empleen cristales de bajo coeficiente de temperatura.

Las cámaras termostáticas tendrán un termómetro para medir la temperatura del cristal, con exactitud de 0.05°C . para cristales con corte de X ó Y y de 0.5°C para cristales de bajo coeficiente de temperatura.

Entre el circuito oscilador y el amplificador final de radiofrecuencia, habrá cuando menos dos pasos separadores.

El paso final de radiofrecuencia tendrá válvulas adecuadas para proporcionar la potencia de salida autorizada. Como máximo, las válvulas serán capaces de entregar una potencia mayor en un 50% de la potencia autorizada, de acuerdo con la clase en que sean operadas.

El acoplamiento entre el paso final de radiofrecuencia y el sistema radiador contará con los dispositivos necesarios para que la radiación de emisiones no esenciales se mantenga dentro de los siguientes límites de tolerancia:
La potencia media de toda radiación no esencial, suministrada a la línea de transmisión de la antena, no será superior a 50 db por debajo de la potencia media en la frecuencia fundamental, sin exceder el valor de 50 miliwatts.

A.3.2 Sistemas de protección.

Para garantizar el funcionamiento correcto del equipo y proteger al personal de operación, se cumplirán los requisitos que más adelante se mencionan, tomando en consideración los aspectos siguientes:

Protección para el personal que está encargado de operar y conservar el equipo.

Protección para el equipo en caso de que ocurran descomposturas, interrupciones, sobrecargas, etcétera, en cualquiera de sus partes.

Protección para el personal.

a) El equipo empleado para suministrar energía (planta propia, subestación, transformador simple, etcétera) debe llenar los requisitos de seguridad que establecen los reglamentos de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Dirección General de Energía y Recursos Mineros.

b) El equipo emisor estará construido e instalado en tal forma que todas las artes que lo constituyan queden debidamente protegidas con hastidores, cubiertas, tableros o blindajes metálicos conectados a tierra, para que no existan partes o dispositivos peligrosos por encontrarse al alcance del personal durante la operación o los ajustes.

c) Cuando por razones de construcción existan líneas expuestas de radiofrecuencia, corriente continua, o alterna, éstas deberán colocarse en tal forma que el personal no las pueda tocar, protegiéndolas debidamente con mallas, blindajes, etcétera, o proporcionándoles una altura adecuada dentro del edificio.

d) Las puertas y tableros removibles del equipo que se usen para dar acceso a éste, a fin de efectuar ajustes de sintonía, cambio de válvulas, etcétera, constará de dispositivos de interrupción de las tensiones que sean peligrosas, en el momento en que sean abiertas o retiradas.

e) A fin de que, durante la operación o el ajuste del emisor, el personal se pueda dar cuenta de las tensiones aplicadas al equipo, será necesario contar con los sistemas de señales convenientes, tales como: lámparas piloto, timbres de alarma, banderolas, etcétera, colocadas en los lugares en que exista probabilidad de peligro.

f) Los botones, mandos, palancas o dispositivos de arranque del equipo, deben estar centralizados, de preferencia en un tablero de control en el cual estarán también los indicadores de tensión y de corriente.

g) Los dispositivos de control, tales como perillas, palancas, discos, etcétera, que tengan por objeto accionar partes del equipo en las que existan tensión, deberán estar conectados a tierra.

Protección para el equipo

a) Orden de encendido. Con objeto de impedir que las diferentes tensiones de operación del circuito se puedan aplicar, en forma simultánea, al equipo, los sistemas de arranque (interruptores automáticos, arrancadores, etcétera) se conectarán constituyendo una secuencia inalterable, cuyo orden sucesivo se determinará de acuerdo con las características del equipo. En forma general, el orden de la conexión del equipo puede ser el mencionado a continuación:

- 1° Interruptor general de alimentación.
- 2° Sistema de ventilación y refrigeración.
- 3° Filamentos de rectificadores.

- 4° Filamentos de la válvulas en las diferentes etapas.
- 5° Tensiones de rejillas.
- 6° Tensiones de pantallas y placas de oscilador.
- 7° Tensión de placa de los excitadores.
- 8° Tensión de placa del paso final.

b) A fin de evitar mayores daños al ocurrir fallas o interrupciones, todos los dispositivos de arranque tendrán sistemas de interrupción automática adecuados, tales como relevadores de sobrecarga instantánea, interruptores térmicos o magnéticos, interruptor de no tensión, etcétera.

c) Cuando se usen sistemas de refrigeración, deberán existir relevadores mediante los cuales se controle la temperatura, presión y circulación formada de aire, habrá dispositivos que permitan mantener una temperatura adecuada en las placas y sellós de las válvulas y que interrumpan la tensión de placa cuando falle la circulación de aire.

d) Las fuentes de alimentación de corriente continua tendrán relevadores de sobrecarga y relevador de no tensión.

e) En circuitos de radiofrecuencia y modulación donde se desarrollen tensiones muy elevadas se instalarán bornes de flameo conectados a relevadores de protección.

f) Los condensadores usados en los filtros de las fuentes de alimentación de corriente continua, que por su capacidad y tensión de operación resultan peligrosas, deben contar con resistencia de sangría, puntas de flameo y dispositivo de descarga, que actúe cuando se abran las puertas del gabinete en que esté contenido el equipo.

A.3.3. Equipo de medición y comprobación.

Para controlar el funcionamiento de una estación de radiodifusión, el equipo tendrá un número adecuado de medidores con los siguientes requisitos:

Instrumento de escala lineal

a) La longitud de la escala será tal que facilite tomar las lecturas; no se admitirán escalas cuya longitud sea menor de 5 cm.

b) La exactitud de la escala será del 2% como mínimo de la indicación total.

c) Las escalas tendrán, cuando menos, 40 divisiones.

d) La lectura normal de los medidores, durante la operación, se debe encontrar en el tercer cuadrante de su escala.

e) Los instrumentos de medición se colocarán sobre los tableros de tal forma que se dé la protección adecuada a los operadores.

Instrumentos con escala no lineal.

a) Deben llenar los requisitos específicos para los medidores de escala lineal.

b) El total de la escala del medidor no será mayor que tres veces la lectura mínima de operación.

c) Ninguna división situada después del primer tercio de la escala total será mayor que la trigésima parte de ésta.

Se podrán emplear instrumentos para tomar lecturas desde un punto remoto, siempre que reúnan los siguientes requisitos:

a) Las lecturas en las escalas de instrumentos serán iguales a los valores medidos directamente.

b) Se deben satisfacer todos los requisitos establecidos para los instrumentos de medición.

c) Cuando solamente se cuente con instrumentos remotos para tomar las lecturas, el equipo transmisor contará con puntos de medición directa donde pueda intercalarse un instrumento de medición auxiliar.

Quando, por naturaleza de los medidores de corriente, sea necesario emplear derivadores o sistemas de par-térmico, estos dispositivos reunirán los siguientes requisitos:

a) Tener la capacidad suficiente para trabajar en forma adecuada con la corriente normal de operación, no siendo aceptable que se alteren o modifiquen para variar su operación nominal.

En el caso de antenas alimentadas en paralelo, el medidor de corriente de línea de transmisión a la salida del transmisor, puede considerarse como un medidor remoto de la corriente de la antena, siempre que la línea de transmisión termine directamente en el circuito de excitación, el cual debe emplear sólo elementos serie de sintonización.

Se permite la instalación de instrumentos o dispositivos

de medición de tipo especial, siempre que dichos aparatos no modifiquen en forma sensible el funcionamiento de los equipos y estén autorizados por la ANTEL.

Medidores indispensables para el funcionamiento de una estación de radiodifusión.

a) Medidor de tensión de la línea de alimentación de corriente alterna.

b) En los circuitos de radiofrecuencia, multiplicadores de frecuencia, amplificadores de radiofrecuencia y excitadores, debe contarse con dispositivos que permitan efectuar las mediciones de corriente de placa y corriente de reja.

c) En el amplificador modulador existirán dispositivos para efectuar las mediciones de tensión y corriente de placa y reja.

d) En todos los casos, el amplificador final de radiofrecuencia, tendrá medidores para las tensiones y corrientes de placa y reja.

e) En el caso de diseños especiales, el número de medidores o dispositivos de medición lo fijara ANTEL.

f) Cuando existan amplificadores de alta potencia o alto rendimiento, se debe contar con dispositivos de medición adecuados, a fin de verificar las corrientes y el voltaje de placa relativos al cálculo de potencia.

g) La instalación de los medidores podrá ser sobre el tablero del transmisor o remota.

h) Debe haber un medidor de corriente de radiofrecuencia en la entrada de la línea de transmisión que alimenta al sistema radiador.

i) Se contara con un medidor de corriente de radiofrecuencia en el punto de alimentación de la antena. En caso de sistemas direccionales, cada elemento radiador tendrá su medidor de corriente.

j) Los estudios deben tener un medidor para verificar el nivel de señal de audiofrecuencia enviada a la planta transmisora.

Todas las estaciones tendrán como mínimo los siguientes instrumentos de comprobación:

a) Un compresor limitador de la señal de audiofrecuencia, con objeto de controlar la modulación.

b) Un osciloscopio instalado en condiciones de ser operado en cualquier momento, para comprobar el porcentaje de modulación de la portadora y la forma de onda de la envolvente.

c) Un multímetro que permita realizar las principales mediciones del equipo.

d) Un medido de fase instalado en condiciones de operar en cualquier momento, en el caso de estaciones que operen con sistema radiador direccional.

e) Un generador de señales de audio frecuencia.

A.3.4 Mediciones para determinar el comportamiento del equipo transmisor.

1. Respuesta a las frecuencias de audio desde 30 a 7500 Hz para porcentajes de modulación de, aproximadamente, 25, 50, 85 y 100 (si se obtiene) por ciento. Se debe trazar una familia de curvas (una para cada porcentaje de modulación indicado) con decibeles arriba y abajo de la frecuencia de referencia de 1000 Hz como ordenada y las frecuencias de audio como abscisas.

2. Contenido de armónicas de audio para 25, 50, 85 y 100 por ciento de modulación para frecuencias fundamentales de 50, 100, 400, 1000, 5000 y 7500 Hz (ya sea valores aritméticos o raíz cuadrada de suma de cuadrados hasta la armónica diez o 16000 Hz). Se debe trazar una familia de curvas (una por cada porcentaje de modulación) con el porcentaje de distorsión como ordenadas y las frecuencias de audio como abscisas.

3. Porcentaje de desviación de la portadora para 25, 50, 85 y 100 por ciento de modulación con un tono de 400 Hz.

4. Zumbido de la portadora y ruidos extraños generados dentro del equipo y medidos como un nivel abajo del 100 por ciento de modulación a través del espectro de audio o por bandas.

5. Radiación de espurias, considerando también las armónicas de radiofrecuencias. Se deben hacer mediciones para determinar que no hay radiación de espurias o armónicas capaces de producir interferencias objetables a otros servicios radioeléctricos. Es preferible que esto se determine con un medidor de intensidad de campo eléctrico pero se pueden aceptar observaciones con un receptor de comunicaciones.

Sin embargo, en caso de controversias, es indispensable que se realicen mediciones de intensidad de campo. Las mediciones se efectuarán con el equipo ajustado para operación normal y se incluirán todos los circuitos entre la entrada de amplificador principal del estudio y la salida de antena, incluyendo el compensador a los circuitos de corrección normalmente empleados, pero sin el compresor, si se utiliza.

Los resultados de todas estas mediciones, junto con la descripción de los instrumentos utilizados y los procedimientos seguidos, firmados por el perito que los realizó, se debe enviar anualmente a ANTEL.

A.4 Sistema radiador y ubicación del transmisor.

A.4.1 Sistema radiador.

Todas las estaciones de radiodifusión comercial que operen en la banda de 535 a 1605 kHz deben usar antenas verticales.

La altura de la antena queda sujeta al compromiso de cumplir con los valores del campo característico según la clase de estación, establecidos en la tabla A-2 o la que fije ANTEL.

Para la ubicación y erección de cualquier torre que ha de utilizarse por una nueva estación o para el cambio de ubicación de una existente, será necesario obtener la autorización de la Dirección General de Aeronáutica Civil, la cual dictaminará un último término, sobre la máxima altura permitida, así como la ubicación de la antena para evitar que represente peligro para la navegación aérea.

Cuando las antenas se usen en forma común para operar dos o más estaciones de radiodifusión comercial, o cuando las estructuras se utilicen como torres de sustentación común para las antenas de estaciones de cualquier otro servicio distinto al de radiodifusión, se debe realizar un estudio completo que muestre satisfactoriamente la protección de interferencias entre las estaciones involucradas, así como el cumplimiento de todas las características de radiación autorizadas para cada una de ellas.

Las antenas autosoportadas tendrán un sistema de aislamiento adecuado para aislar la base; cuando se empleen retenidas, éstas se seccionarán por medio de aisladores en tramos cuyo tamaño máximo sea de 0.1 de la longitud de onda,

que corresponda a la frecuencia de operación.

Todas las estaciones de radiodifusión instalarán, para el buen funcionamiento de su antena, un sistema de tierra constituido por 120 radiales de alambre de cobre, de 3 mm de diámetro como mínimo, distribuidos uniformemente, cuya longitud puede variar en combinación con la altura de antena para obtener una intensidad de campo característico, dentro de los rangos establecidos en la tabla A-2, según la clase de estación de que se trate.

Por necesidades excepcionales de asignación de algún canal se podrá fijar parámetros menores del sistema radiador, con el fin de reducir el campo característico al valor que requieran las condiciones específicas de cada caso.

Para protegerlos de daños mecánicos, los radiales estarán tendidos bajo tierra a una profundidad entre 10 y 30 centímetros. Cerca del elemento radiador los radiales deberán ser sacados a la superficie con el fin de formar una buena pantalla de tierra (donde la intensidad del campo es elevada). Esta parte del sistema de tierra se debe cercar, para protección.

Si el tendido de los radiales en forma directa es impedido por la caseta donde se encuentran las unidades acopladoras, deben llevarse a la superficie a esa altura aislándolos y rodear la caseta hasta el punto donde puedan continuar su trayectoria normal.

Para los sistemas direccionales, los extremos interiores de los radiales se encontrarán precisamente hacia la base de la antena no a un lado y se deberán unir en forma segura a un anillo (de mayor calibre) o placa que ira conectando a las partes metálicas del extremo bajo del aislador cuando se trate de radiadores alimentados en serie. Para el caso de radiadores que se existen en paralelo, el anillo o placa se unirá directamente a la antena. De esta unión o tierra se tomarán las tierras de los circuitos acopladores, así como las demás conexiones a tierra de objetos metálicos que se encuentren cerca del elemento radiador. Todas estas conexiones se unirán en forma segura y que no sea vulnerable a la corrosión.

Los radiadores, cuando sean excitados en serie tendrán dispositivos que permitan derivar a tierra las descargas atmosféricas que sufran y las cargas de electricidad estáticas que acumulen.

En todos los sistemas de antena que empleen varios radiadores, cada uno con su sistema de tierra, se evitará que

los radiales se cruce, por lo cual se cortaran y unirán al conductor intermedio que se coloca perpendicular al que une los arillos de las estructuras. En el resto del terreno, seguirán hasta alcanzar su longitud óptima.

A.4.2 Ubicación del transmisor.

Toda estación de radiodifusión provoca problemas de interferencia que se hacen más patentes dentro del contorno de intensidad de campo de $1V/m$ (zona principal de influencia). Por esto se debe tomar muy en cuenta las consideraciones siguientes:

a) Al estar realizando las instalaciones, se tomarán las medidas pertinentes para reducir al mínimo las diferentes interferencia no evaluadas, que se provoquen en aparatos y sistema de comunicación domésticos, industriales y comerciales dentro y fuera de la zona principal de influencia. En caso de provocarse durante el período de prueba, el concesionario será el responsable de corregir, o satisfacción de la parte afectada, las interferencias causadas.

b) A partir del momento en que se inicien las transmisiones regulares, el concesionario será responsable de corregir, a satisfacción de la parte afectada, las interferencia que se produzcan dentro de la zona principal de influencia.

La ubicación de estaciones de radiodifusión de la banda normal dentro y fuera de las poblaciones está condicionada en la forma siguiente:

a) Sólo se instalaran estaciones dentro de poblaciones cuando su potencia de operación no sea mayor de 500 watt.

b) La ubicación de las estaciones que operen con potencia superiores a 500 watt será tal que su contorno estimado de $1V/m$ quede fuera de los límites de la población al iniciar su operación.

c) Al efectuarse un aumento en la potencia de operación de una estación desde cualquier potencia a más de 500 watt, que de como resultado que el contorno estimado de $1V/m$ abarque parte de una población, se cambiará su ubicación de acuerdo con el inciso b) anterior.

d) Al realizarse el cambio de ubicación de una estación cuya potencia de operación sea mayor que 500 watt y cuya zona

de influencia abarque parte de la población, por motivos distintos al señalado en el literal c), dicha zona deberá cubrir una área urbana menos que la correspondiente a la ubicación anterior.

e) Considerase como límite de la población para los fines de estas normas, la zona en donde no haya urbanización y que la construcción no sea continua.

Al seleccionar el sitio en donde ha de ubicarse el transmisor de una estación de radiodifusión se recomienda considerar, en principio, los siguientes puntos:

a) Cubrir adecuadamente la población principal que se ha de servir.

b) Ofrecer el mínimo riesgo a la navegación aérea.

c) El sitio seleccionado estará localizado en un punto desde el cual sea posible cubrir las áreas industriales de la ciudad, con un mínimo de intensidad de campo de 25 a 50 mV/m, y las áreas residenciales con un mínimo de intensidad de campo de 5 a 10 mV/m.

d) Generalmente, debido a las condiciones del terreno, es mejor un sitio bajo que uno alto de una colina. Se utilizará un sitio alto en aquellos casos en que se eviten otros obstáculos que provoquen sombras en el área que se ha de servir.

e) Si el área que se ha de servir se extiende en un plano con cierta inclinación, es mejor elegir la parte baja donde se puedan instalar un buen sistema de radiación y no una cima que alejaría tal vez demasiado el sitio de instalación del área por servir.

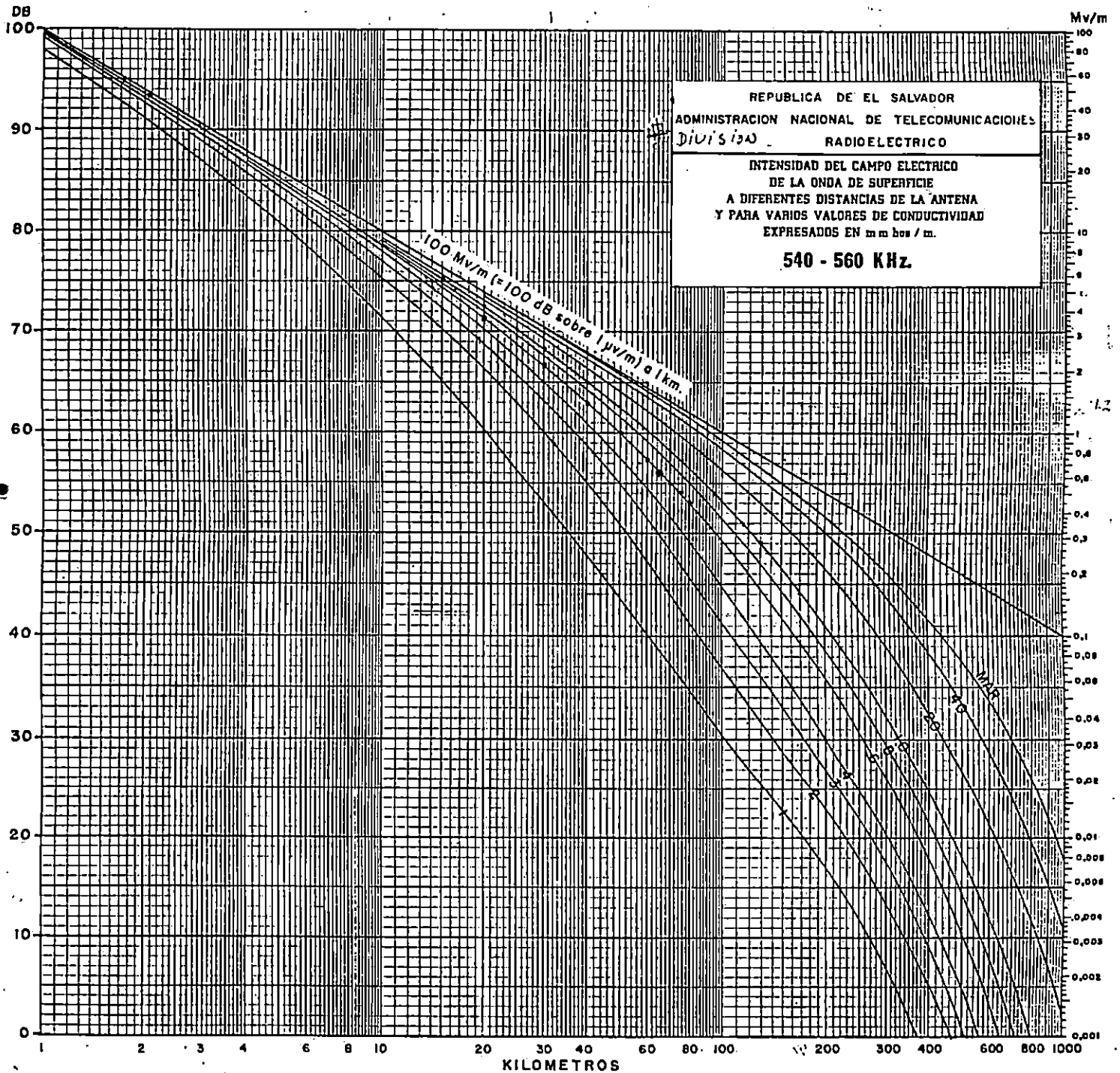
f) El sitio ideal para una instalación de esta índole es una parte baja sobre área pantanosa o arcillosa que se encuentra húmeda la mayor parte del tiempo y que tenga un claro de vista hacia la población por servir.

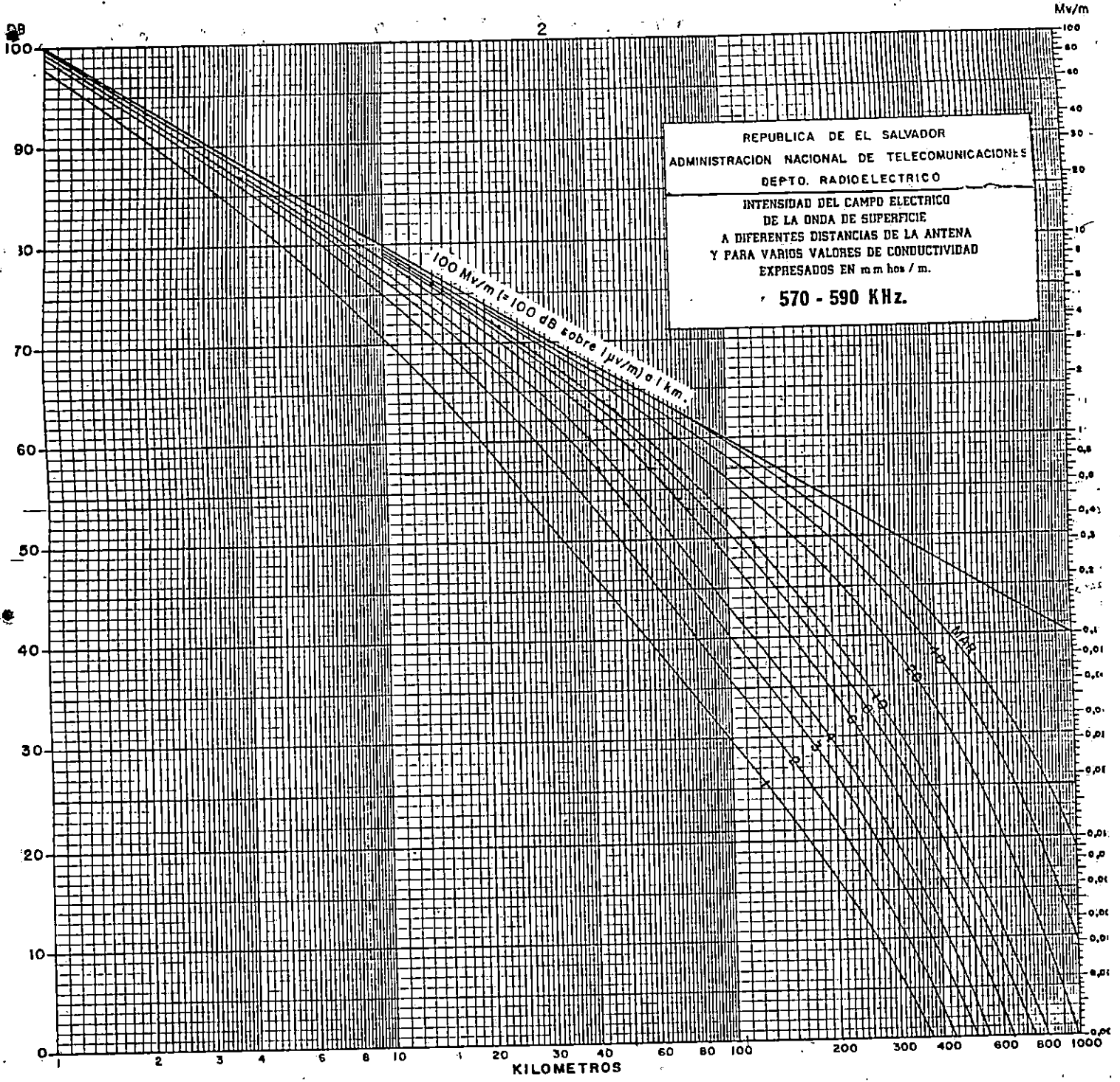
g) Otro factor importante es el del terreno entre el sistema radiador y la población, ya que si es arenoso o con depósitos minerales, habrá mucha absorción, por lo que es más conveniente un terreno húmedo, fangoso o con mantos de agua salada.

h) Cuando el sitio seleccionado queda dentro de la ciudad de acuerdo con lo dispuesto en el literal a) el terreno donde se vaya a realizar la instalación tendrá las dimensiones apropiadas para permitir el uso de un sistema de tierra que cumpla con estas normas. Se debe tener muy en cuenta

que no haya edificios altos a su alrededor, para evitar áreas de sombras que pudieran reducir considerablemente el área de servicio.

GRAFICOS DE ATENUACION DE LA ONDA DE TIERRA
(ENUMERADOS DEL 1 AL 20)

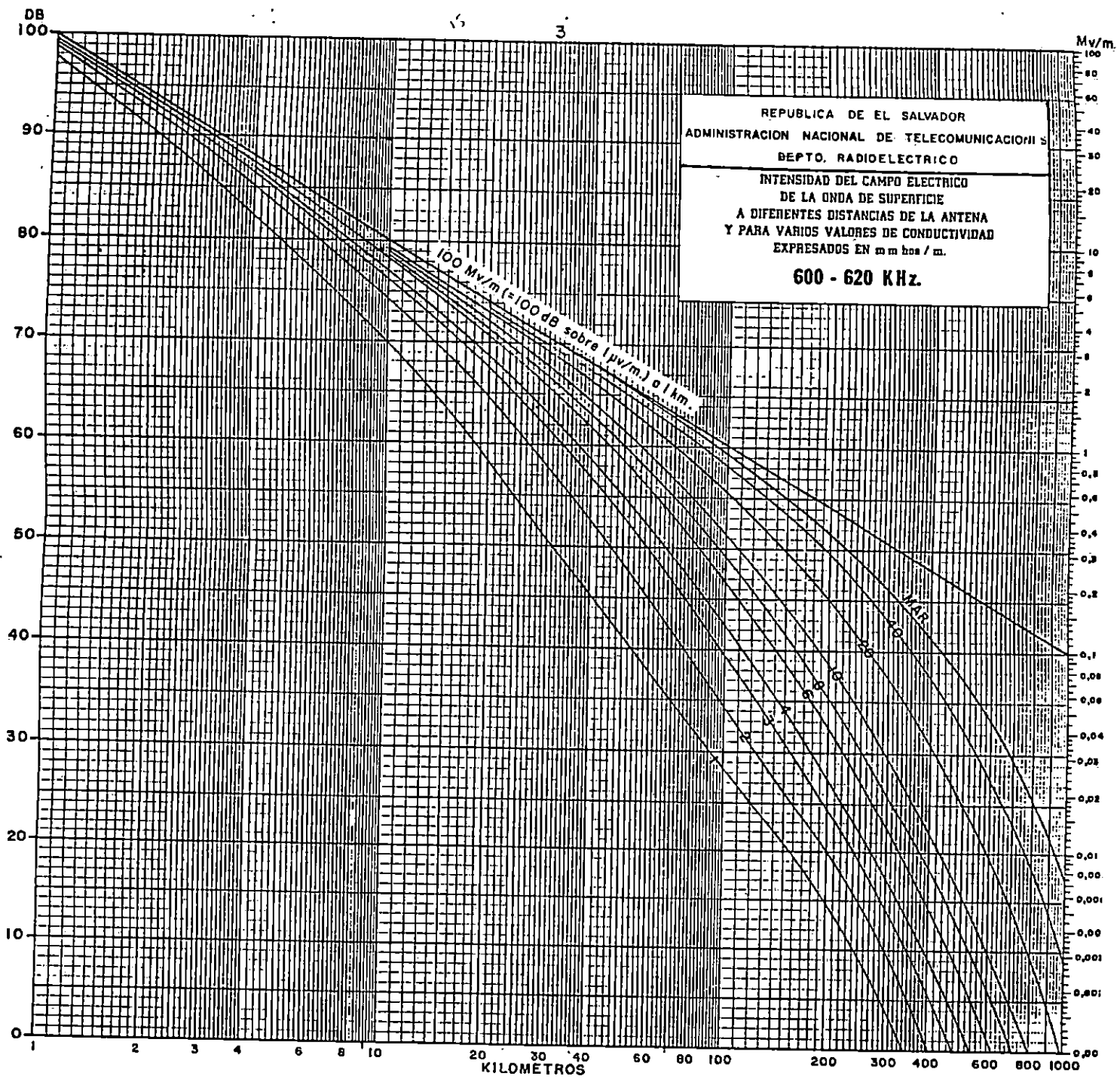




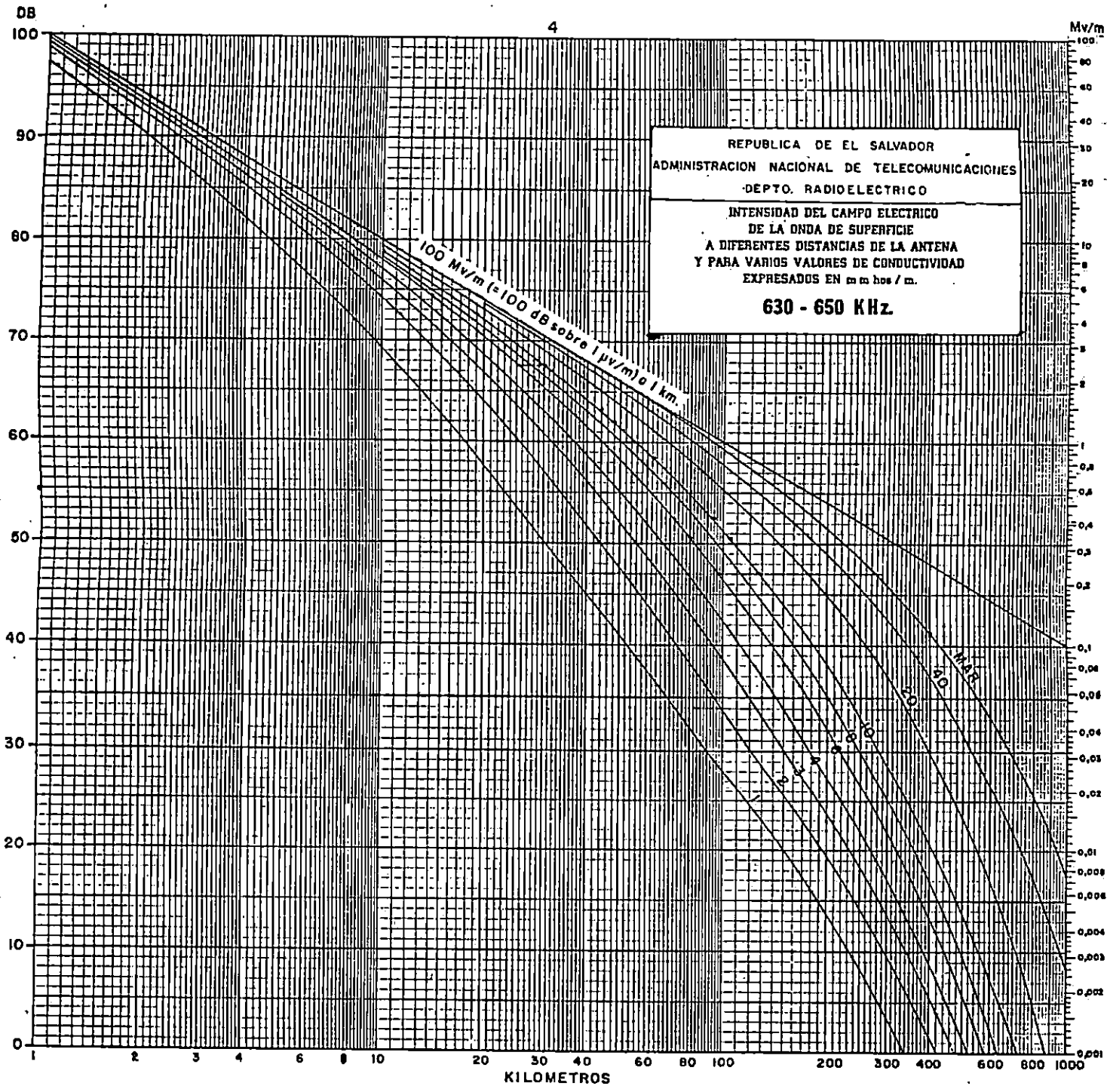
REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPTO. RADIOELECTRICO

INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN mhos / m.

570 - 590 KHz.



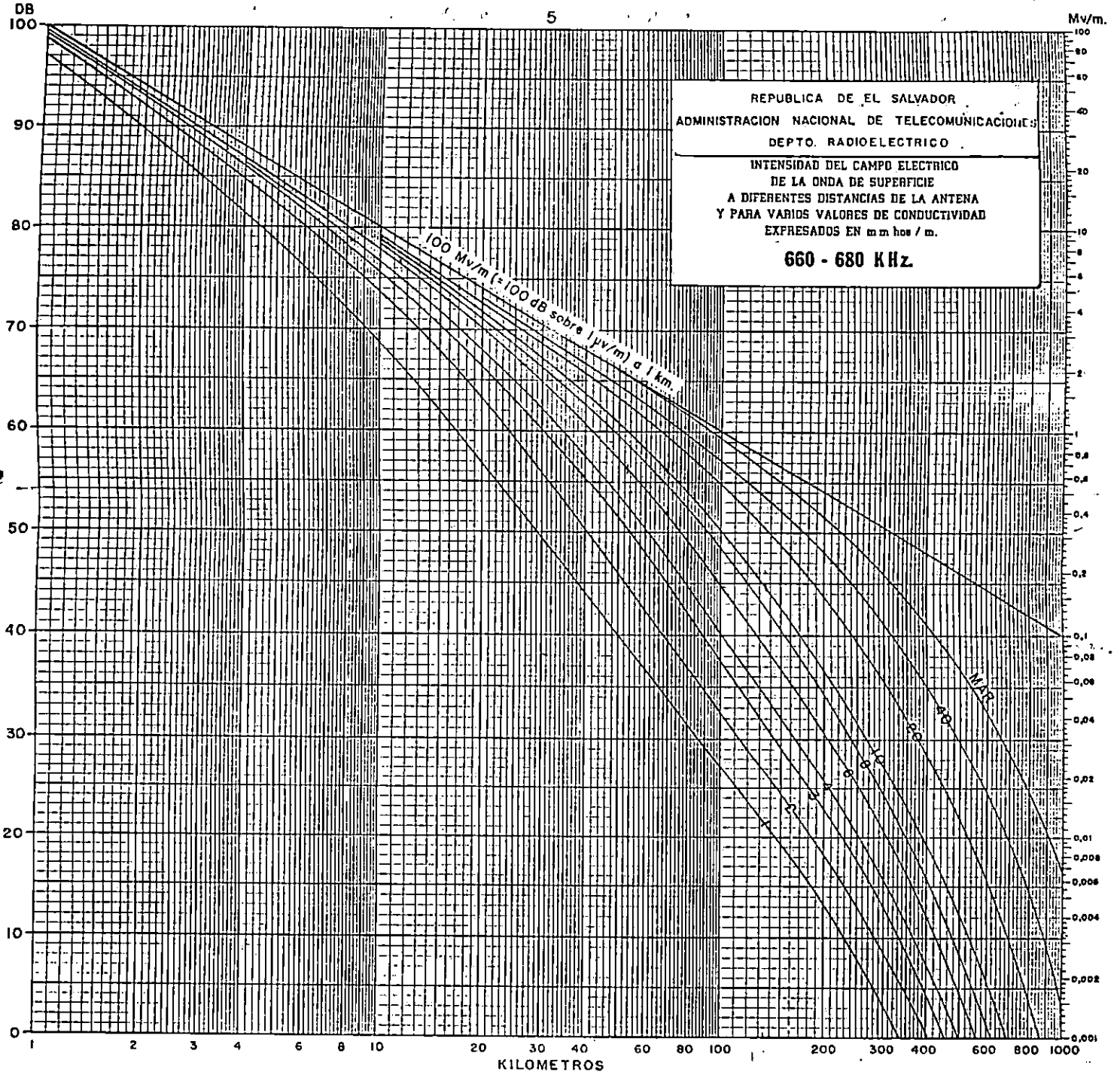
REPUBLICA DE EL SALVADOR
 ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
 DEPTO. RADIELECTRICO
 INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
 DE LA ONDA DE SUPERFICIE
 A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
 Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
 EXPRESADOS EN mhos / m.
600 - 620 KHz.

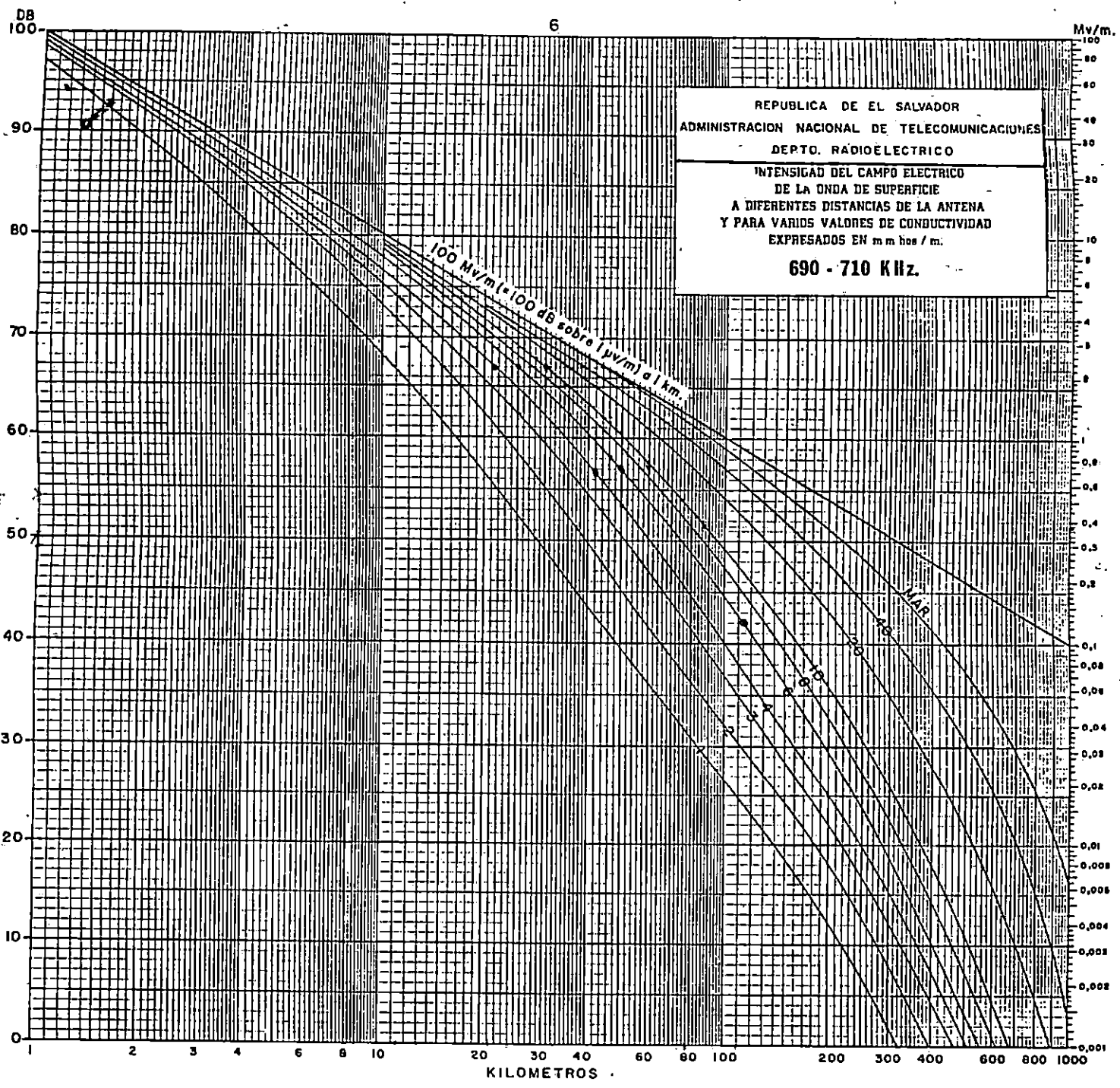


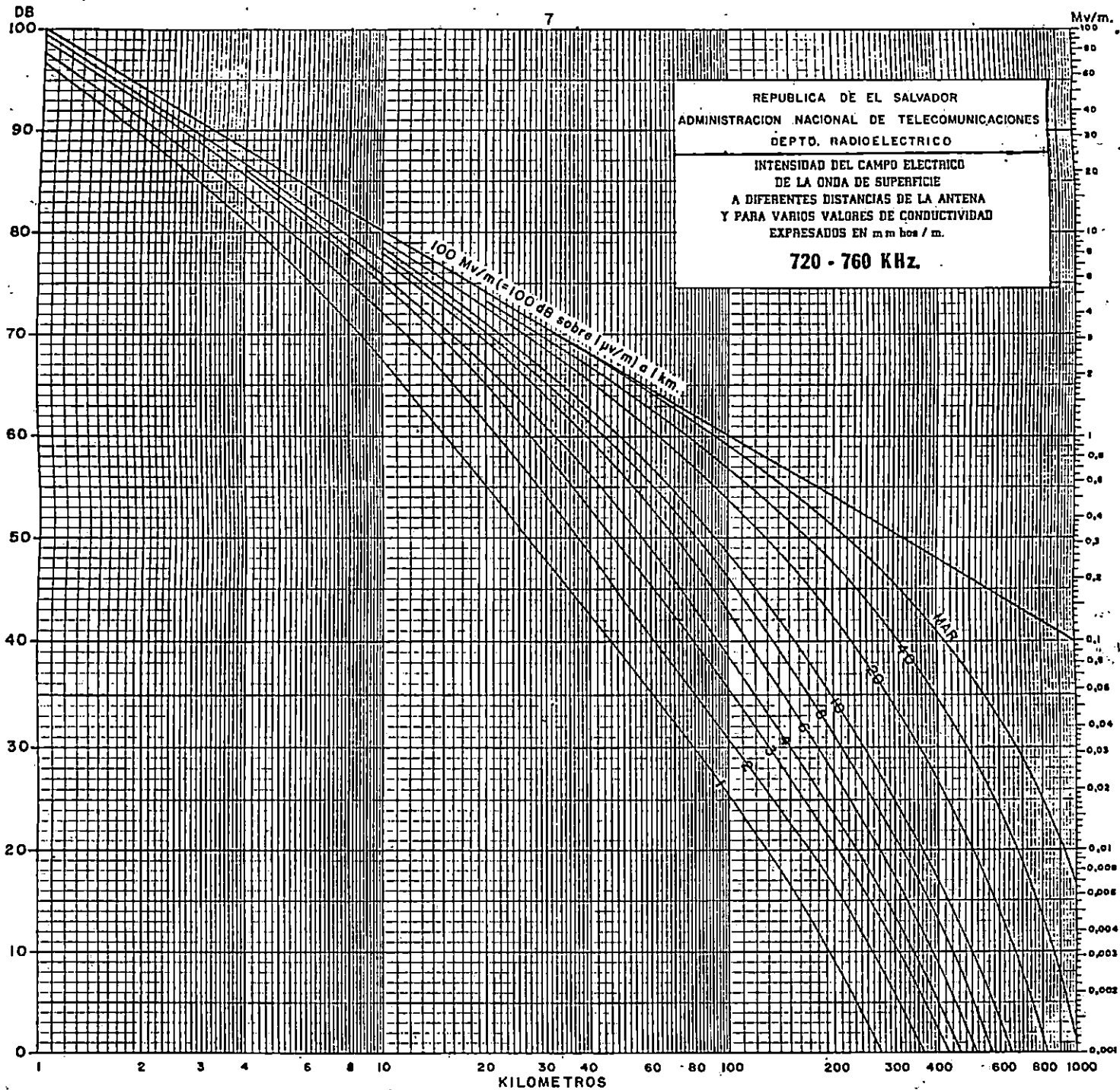
REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPTO. RADIOELECTRICO

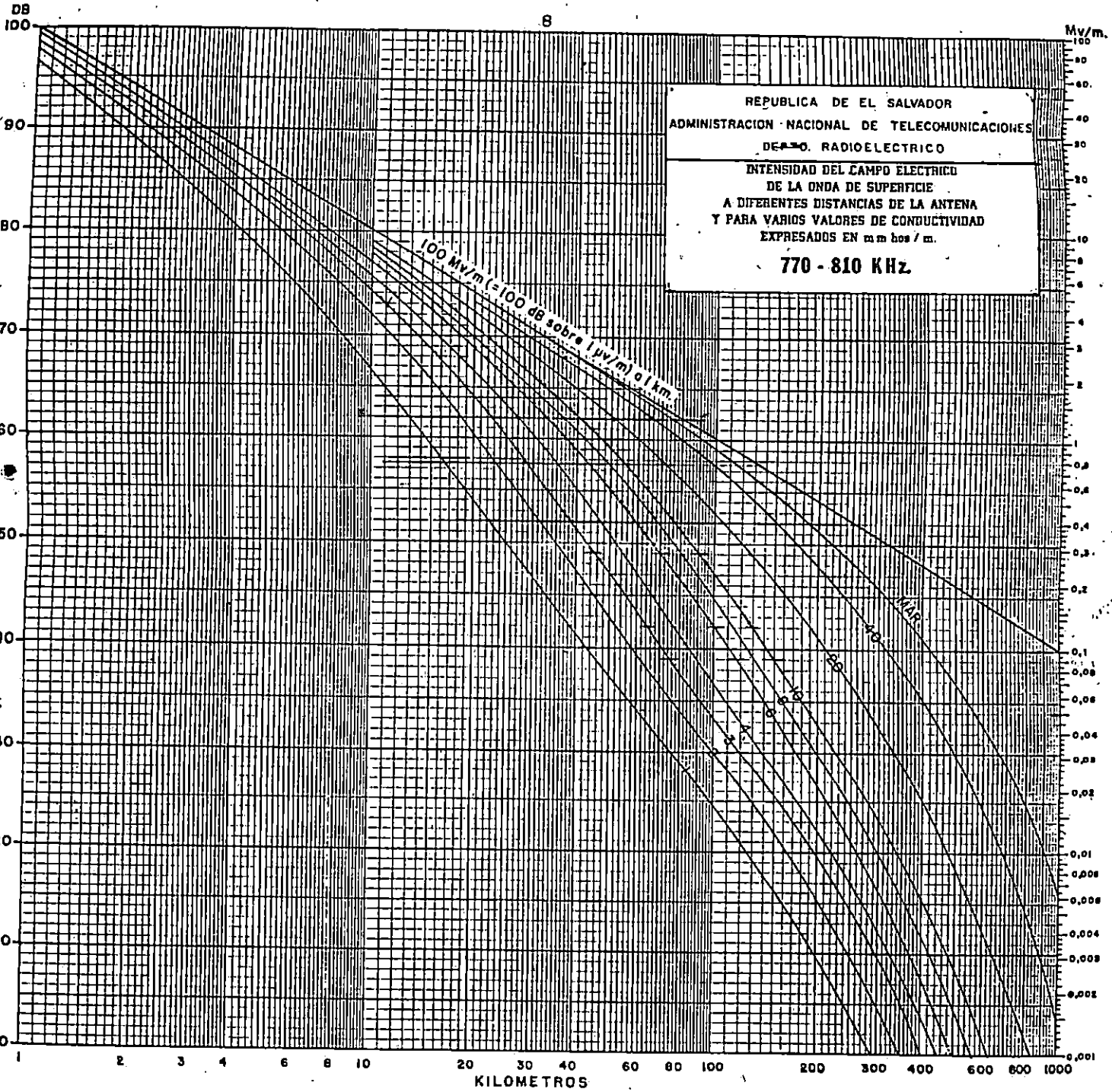
INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN m m hoes / m.

630 - 650 KHz.

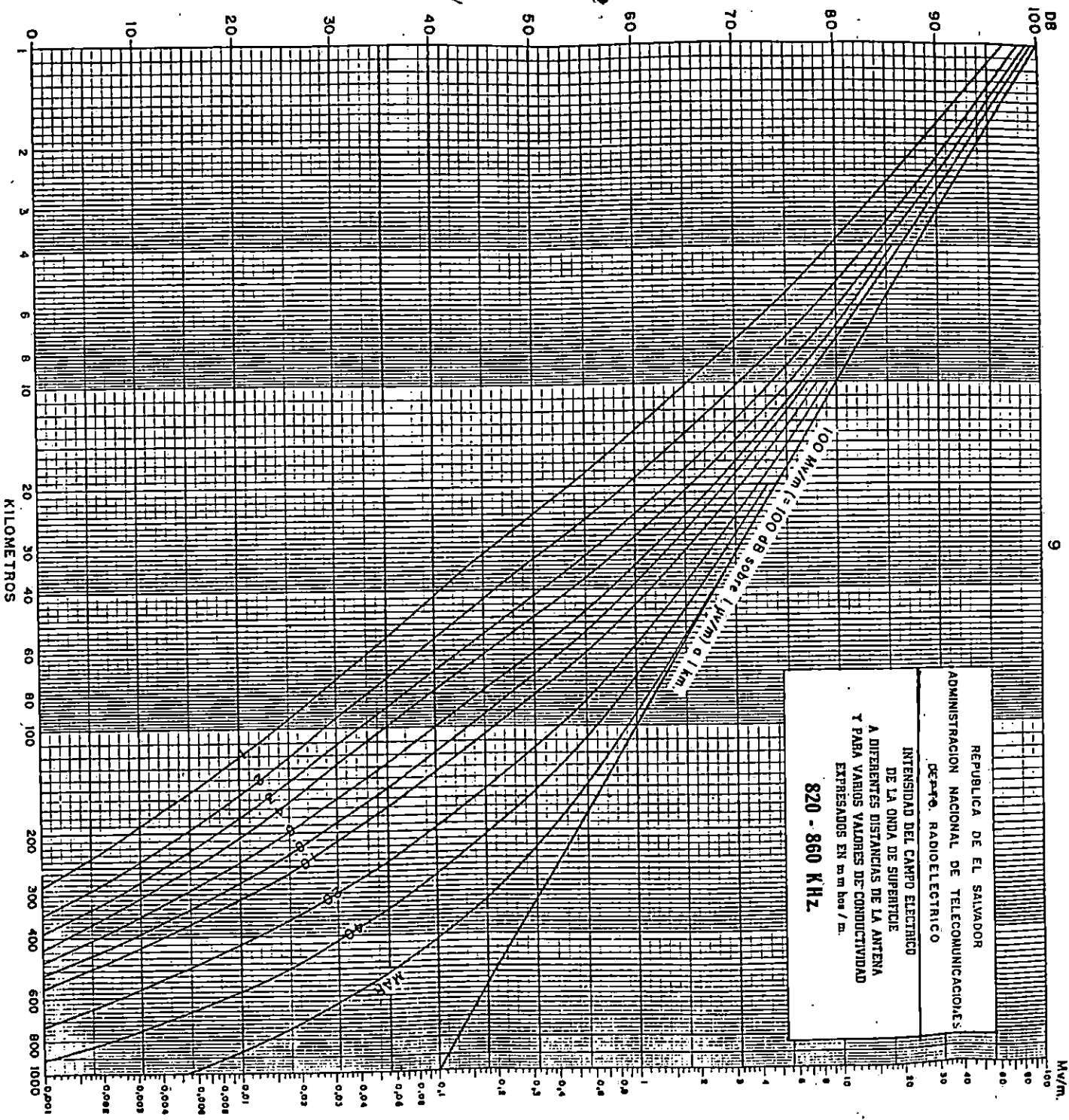




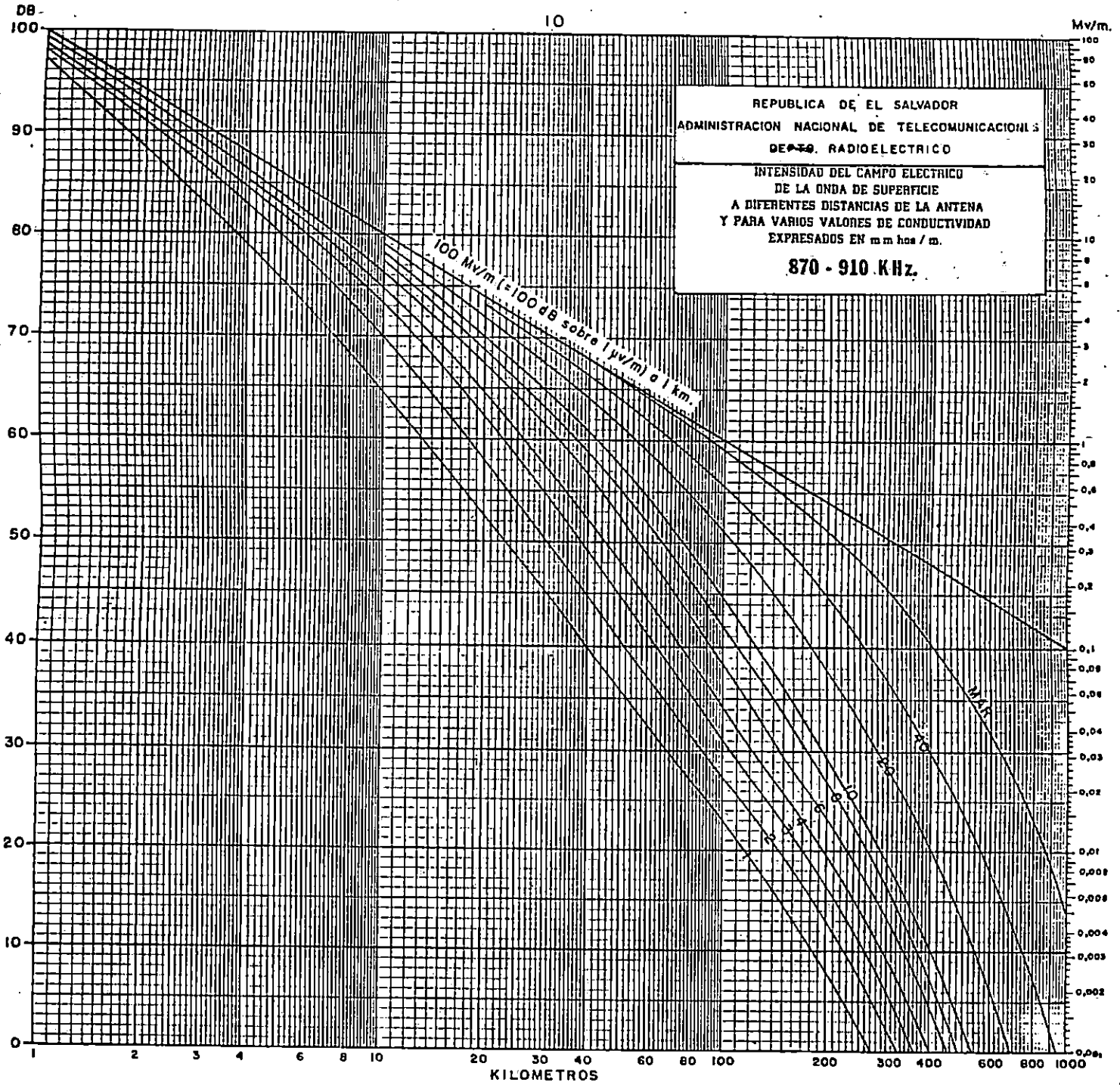




REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO RADIOELECTRICO
INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN $m m h o s / m$.
770 - 810 KHz.



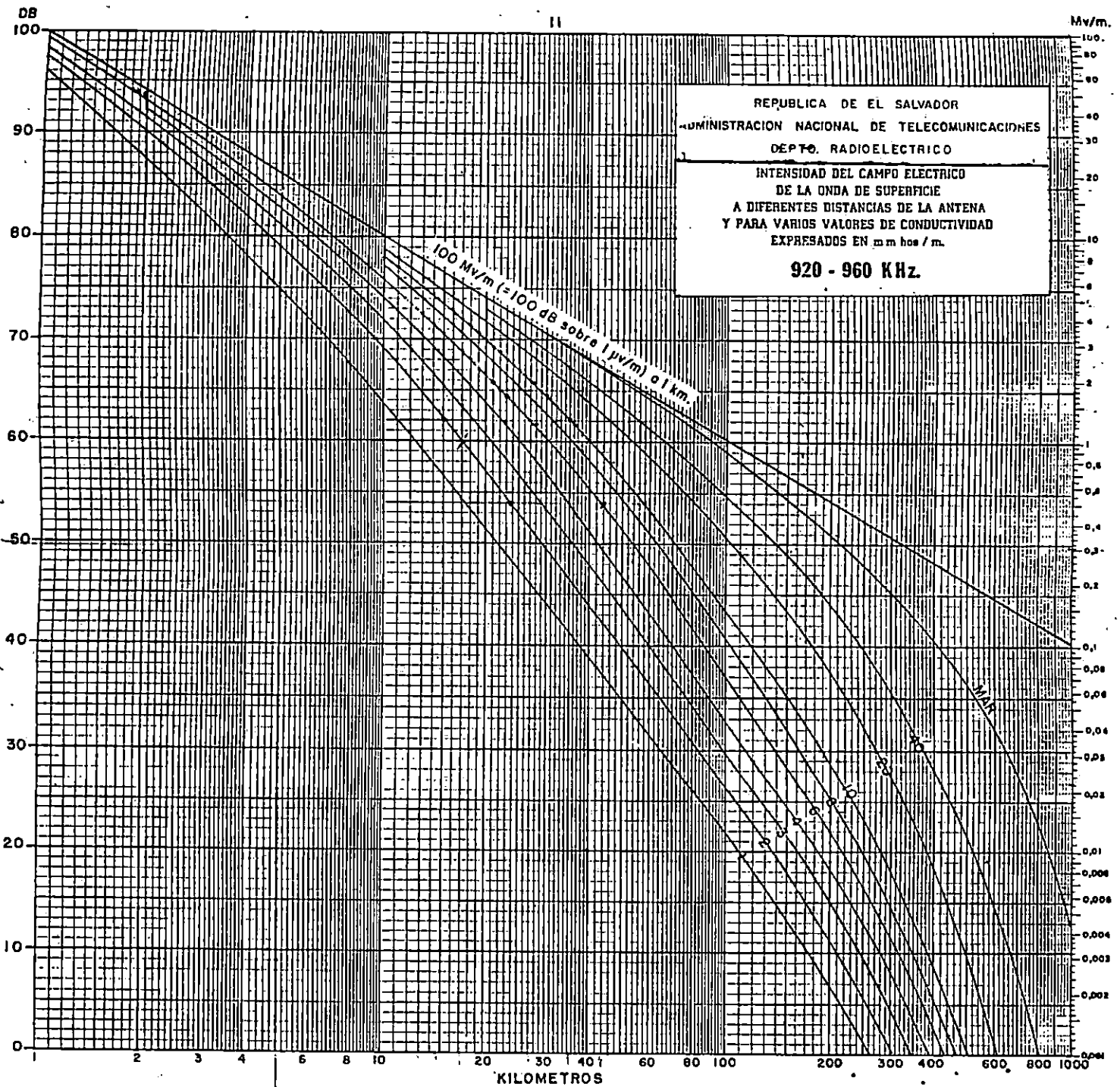
REPUBLICA DE EL SALVADOR
 ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
 DEPTO. RADIOELECTRICO
 INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
 DE LA ONDA DE SUPERFICIE
 A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
 Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
 EXPRESADOS EN $m\ m\ ho\ m / m.$
820 - 860 KHZ.

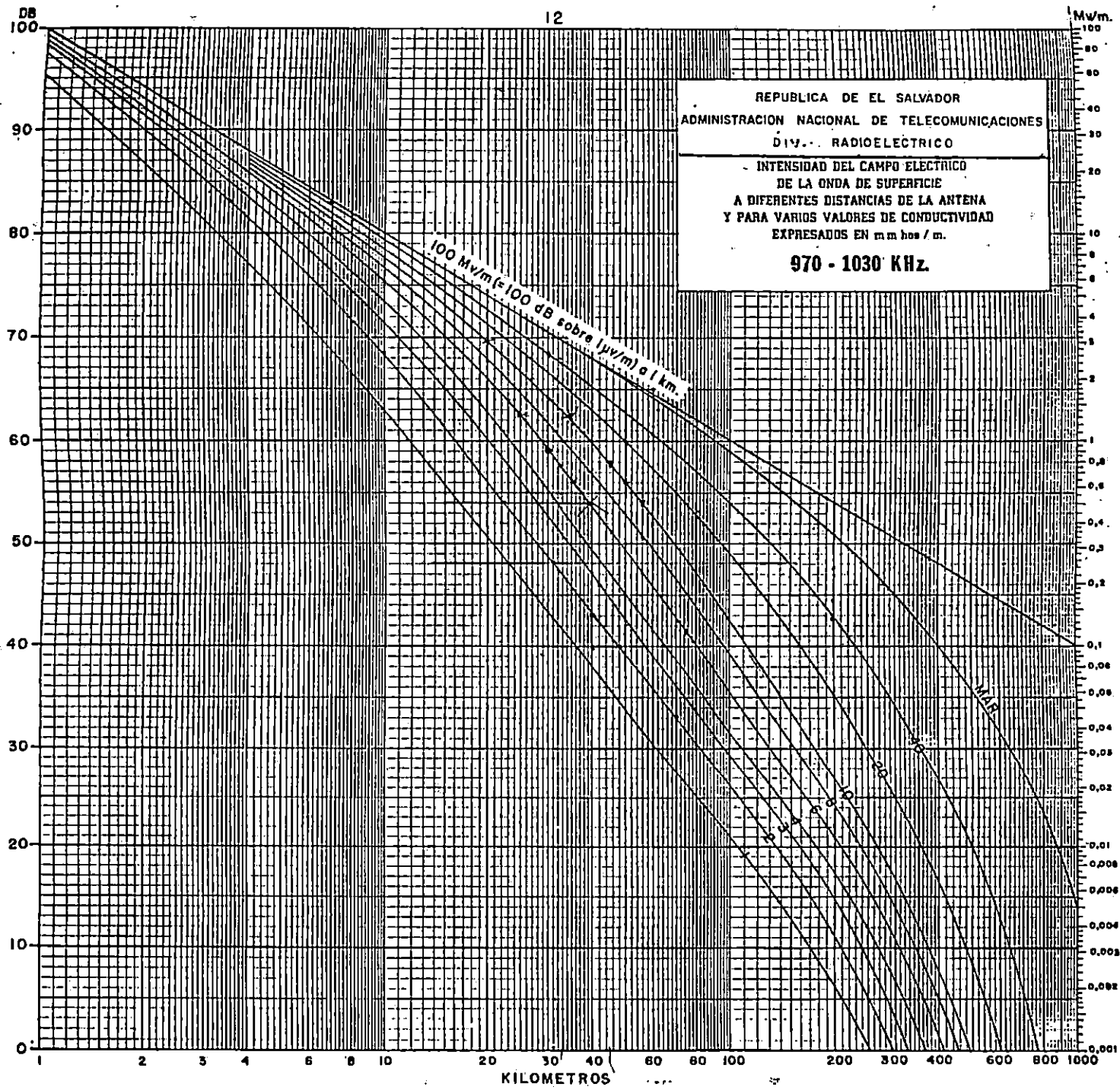


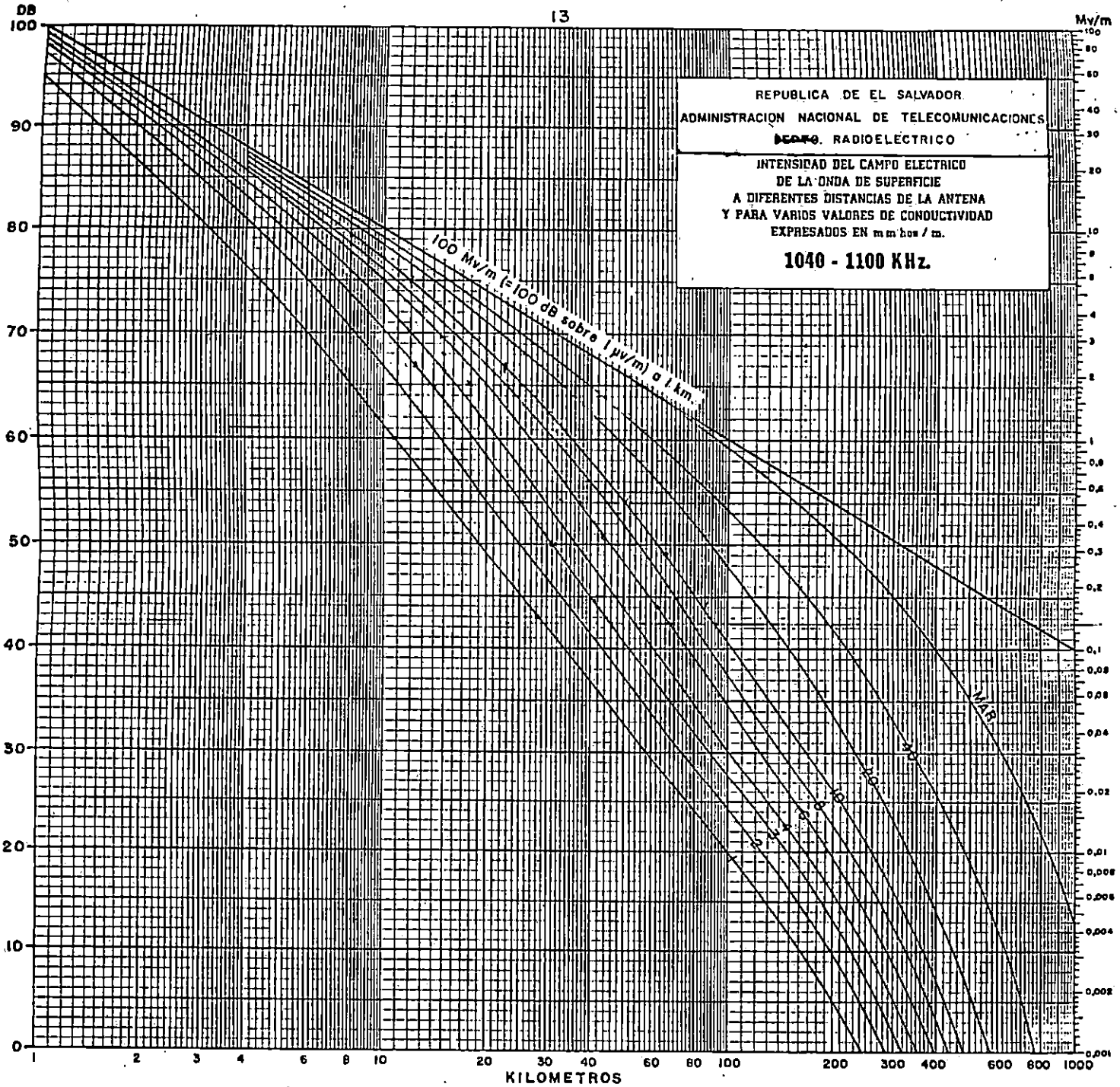
REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPTO. RADIOELECTRICO

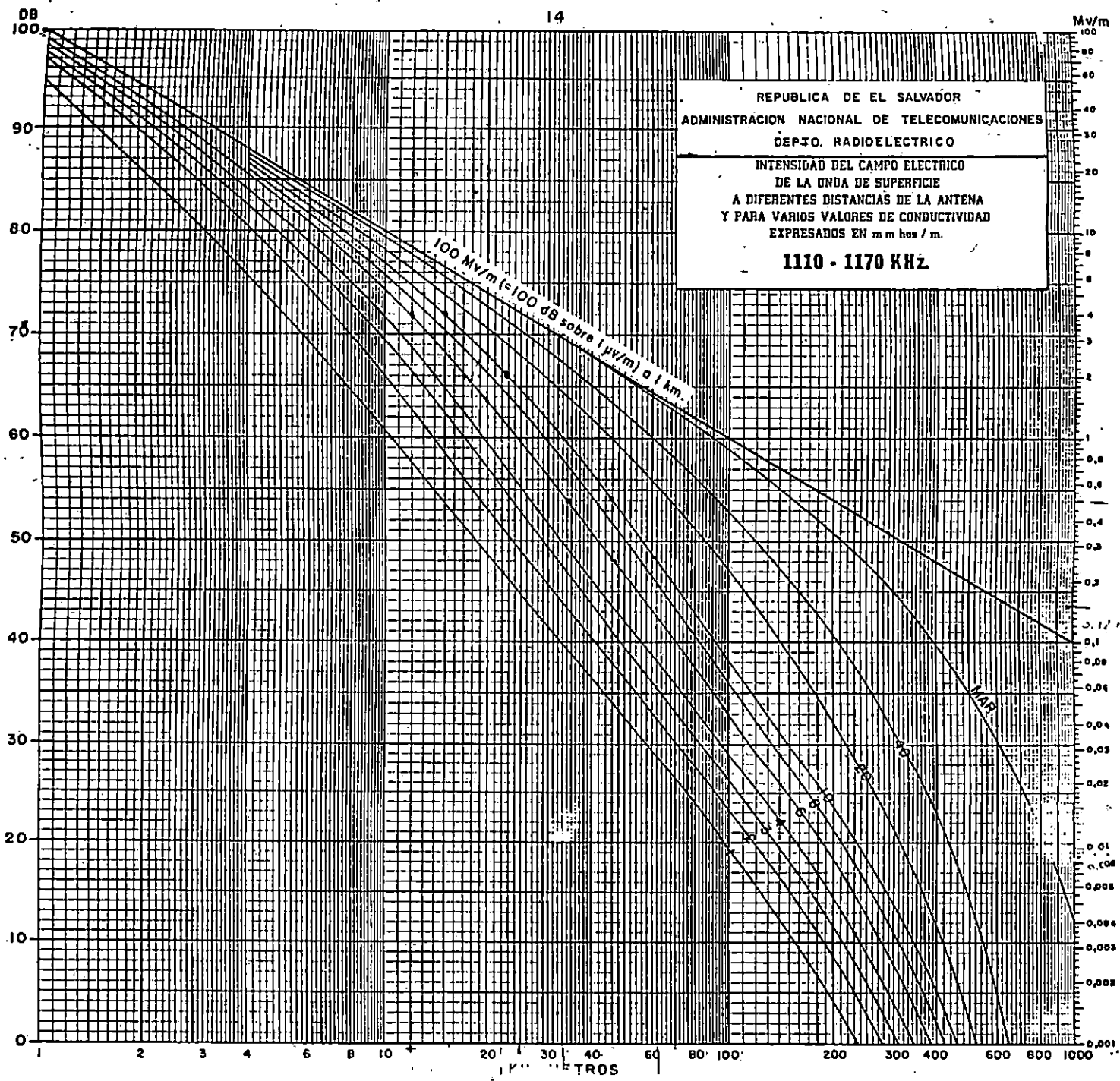
INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN m m hca / m.

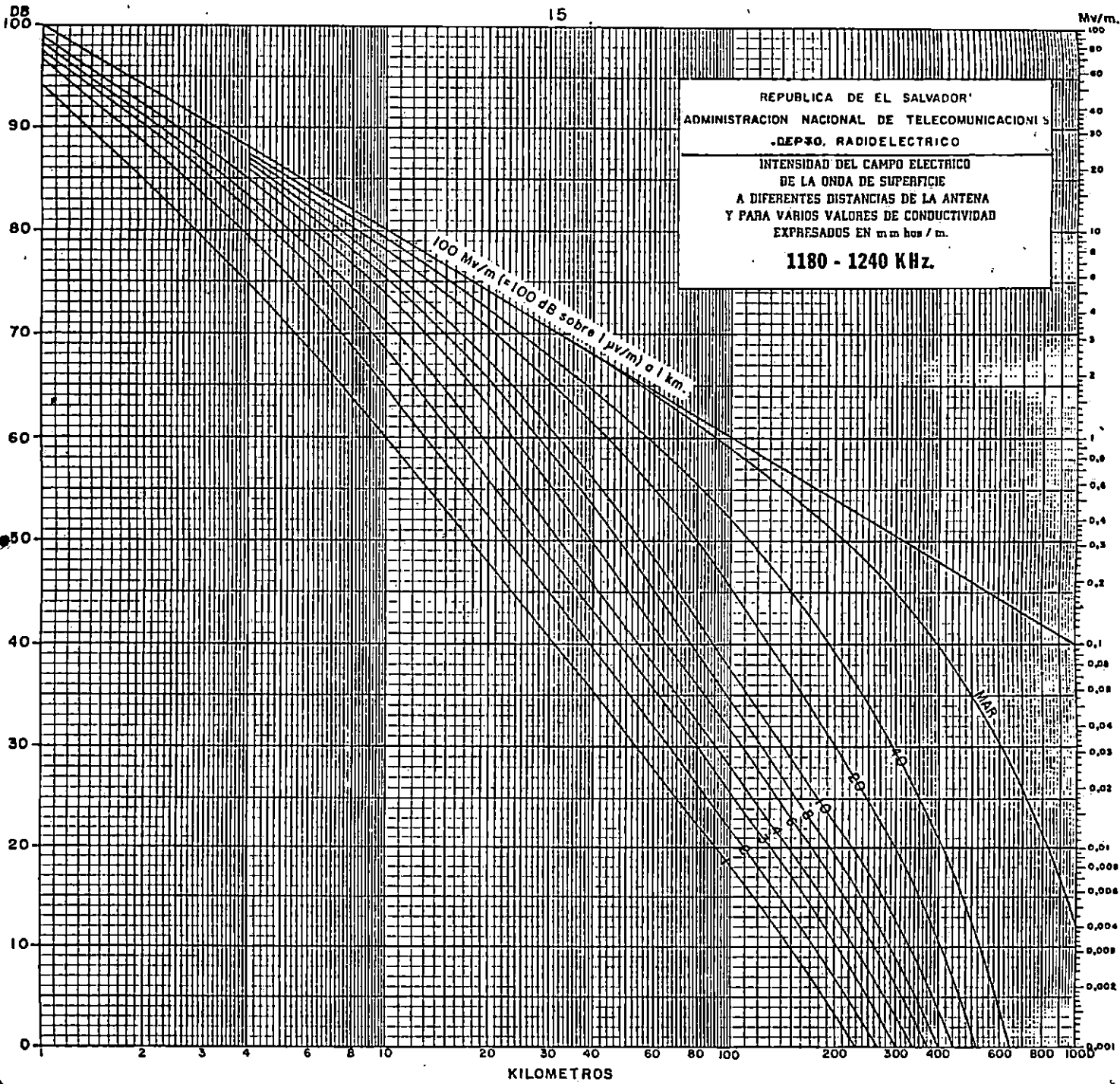
870 - 910 KHz.

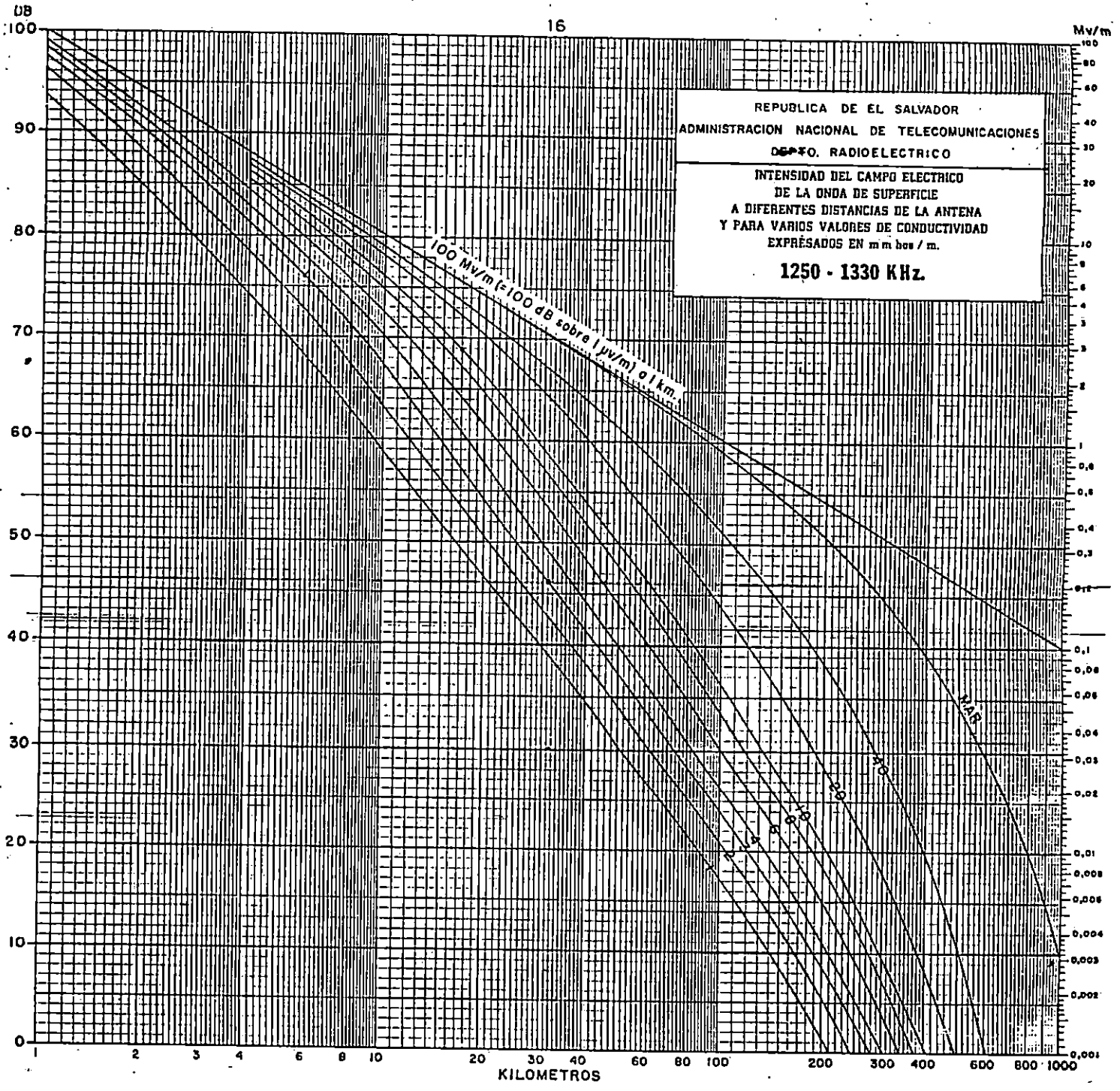




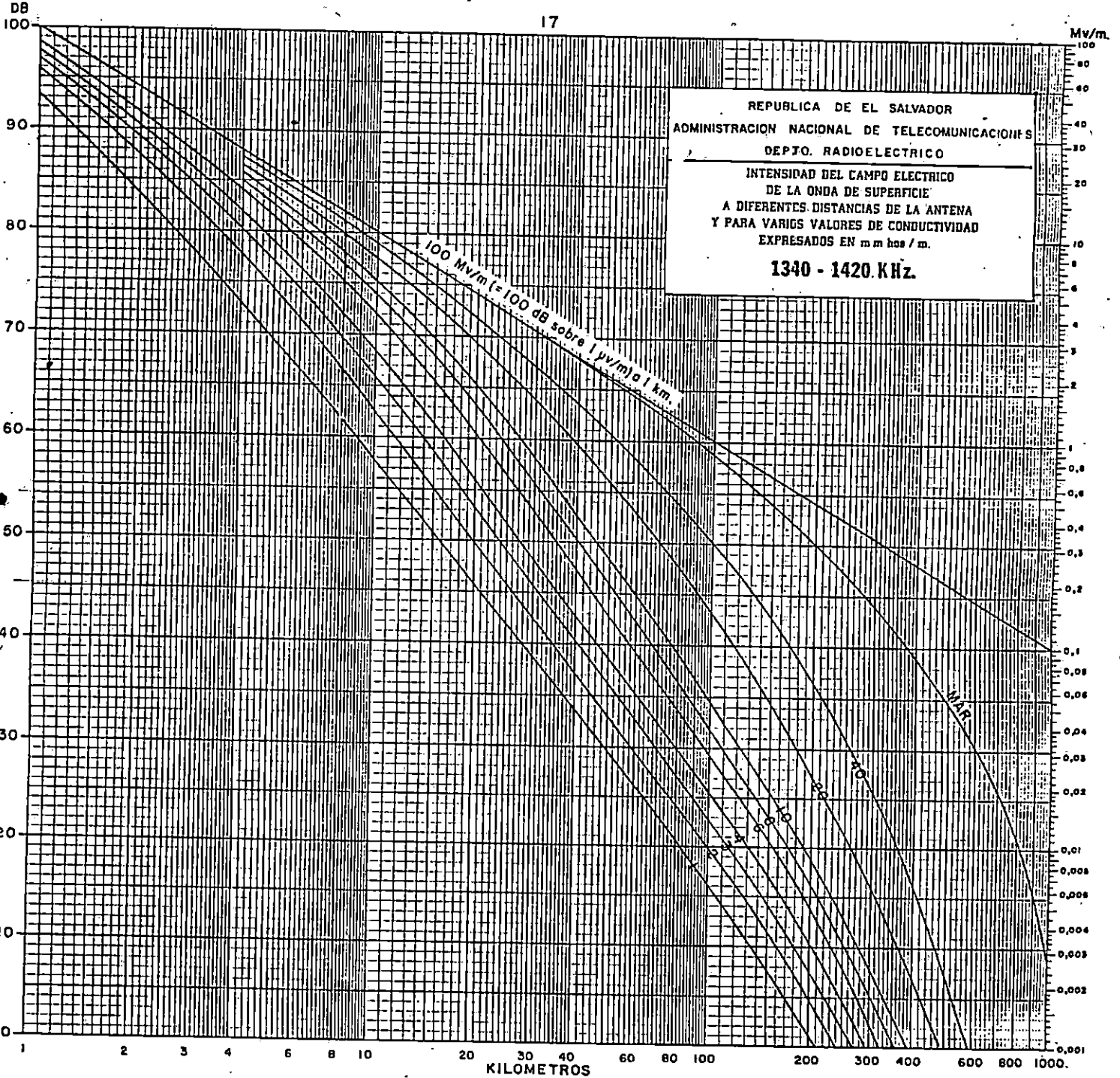


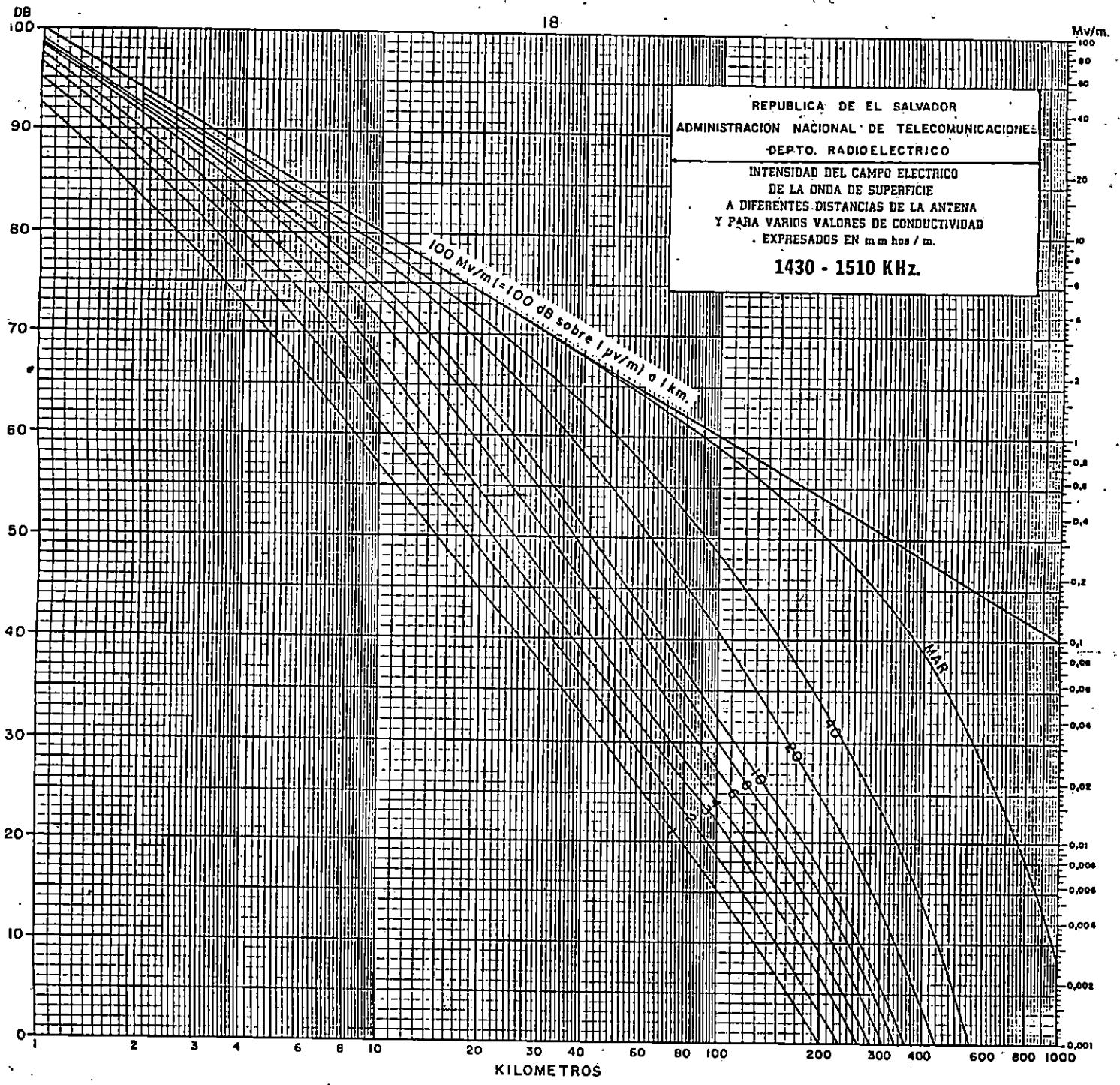




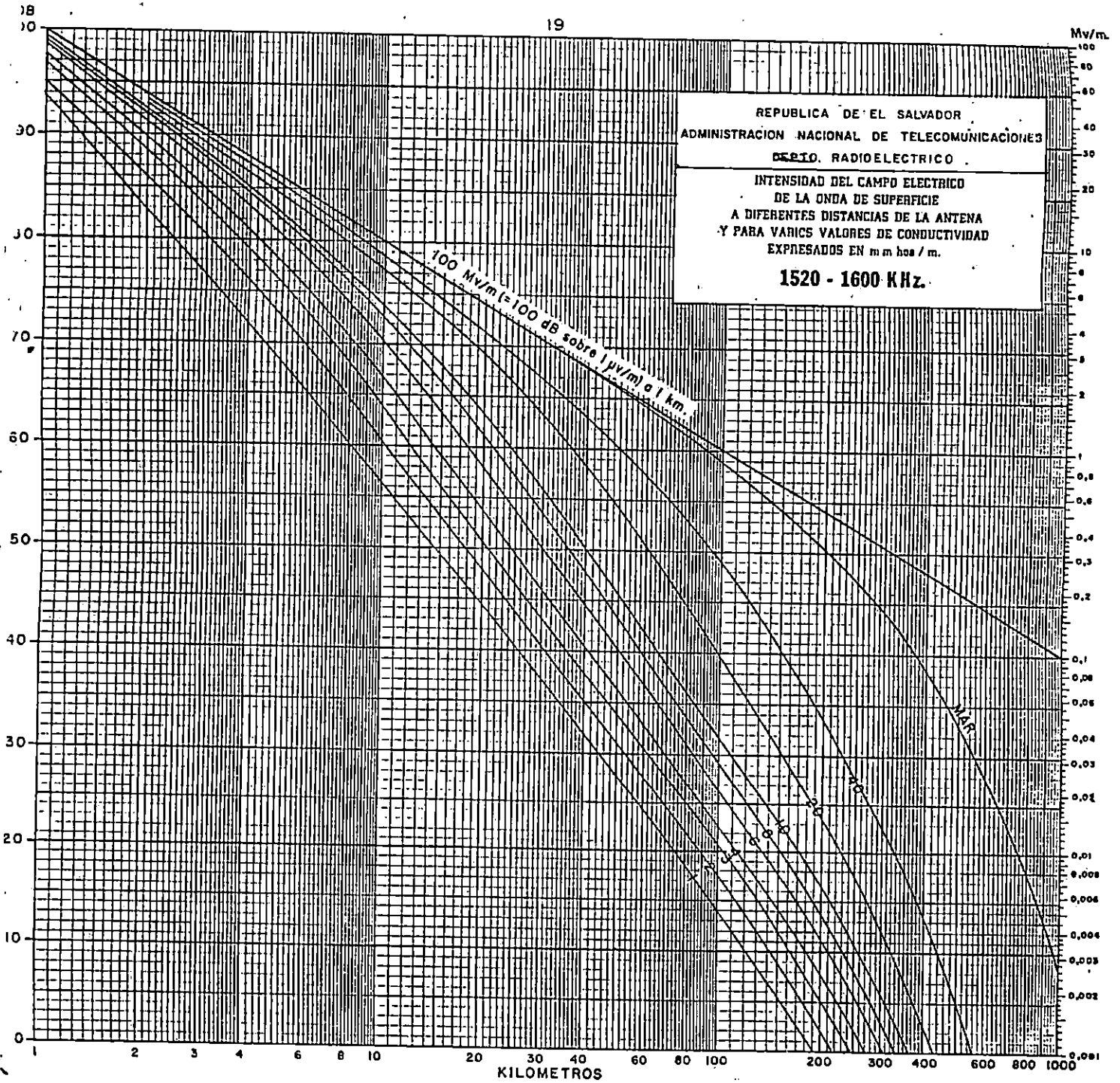


REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPTO. RADIOELECTRICO
INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DISTANTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN m mhos / m.
1250 - 1330 KHz.





REPUBLICA DE EL SALVADOR
ADMINISTRACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
DEPTO. RADIOELECTRICO
INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
DE LA ONDA DE SUPERFICIE
A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA ANTENA
Y PARA VARIOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD
EXPRESADOS EN m m hos / m.
1430 - 1510 KHz.



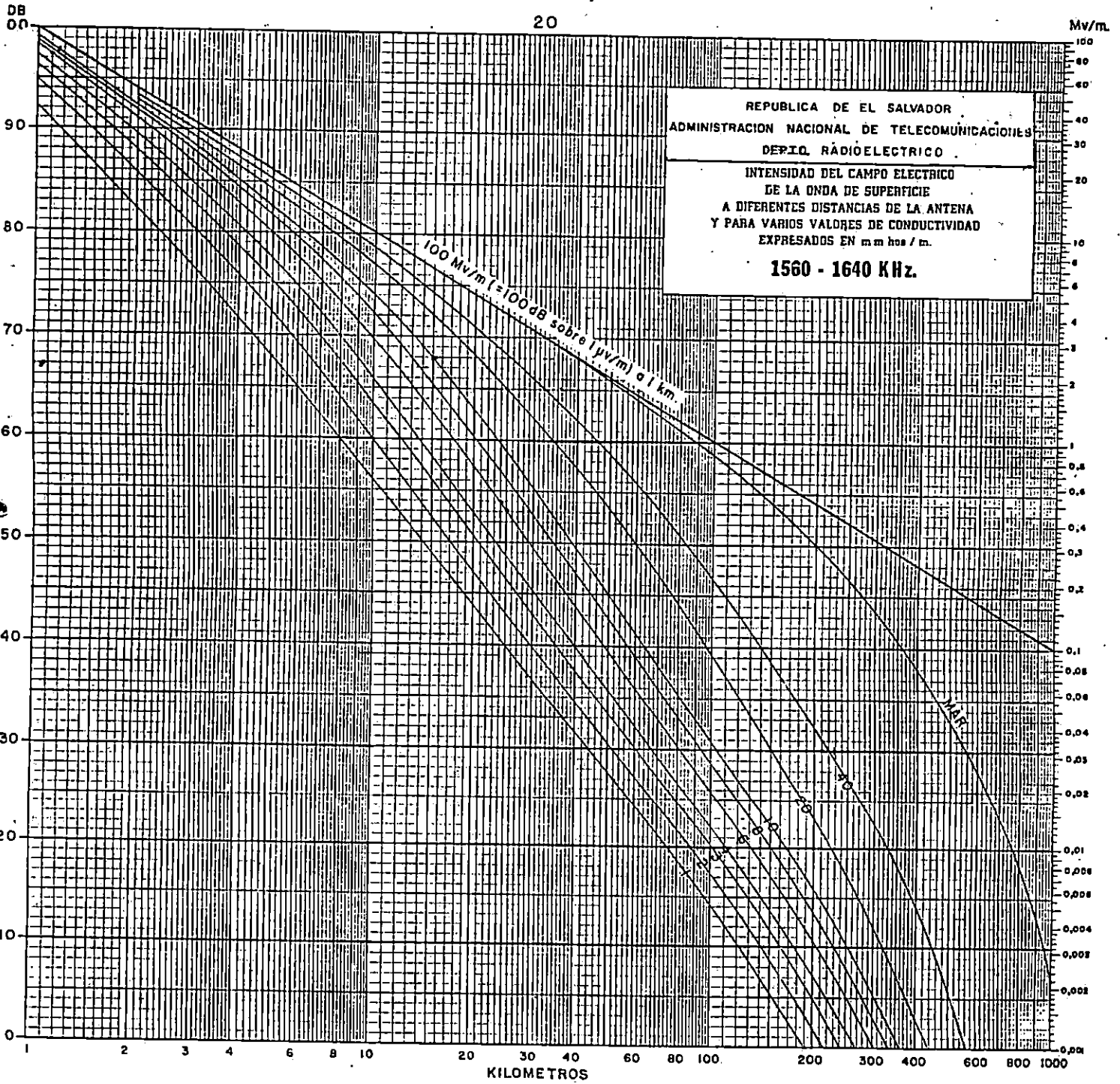
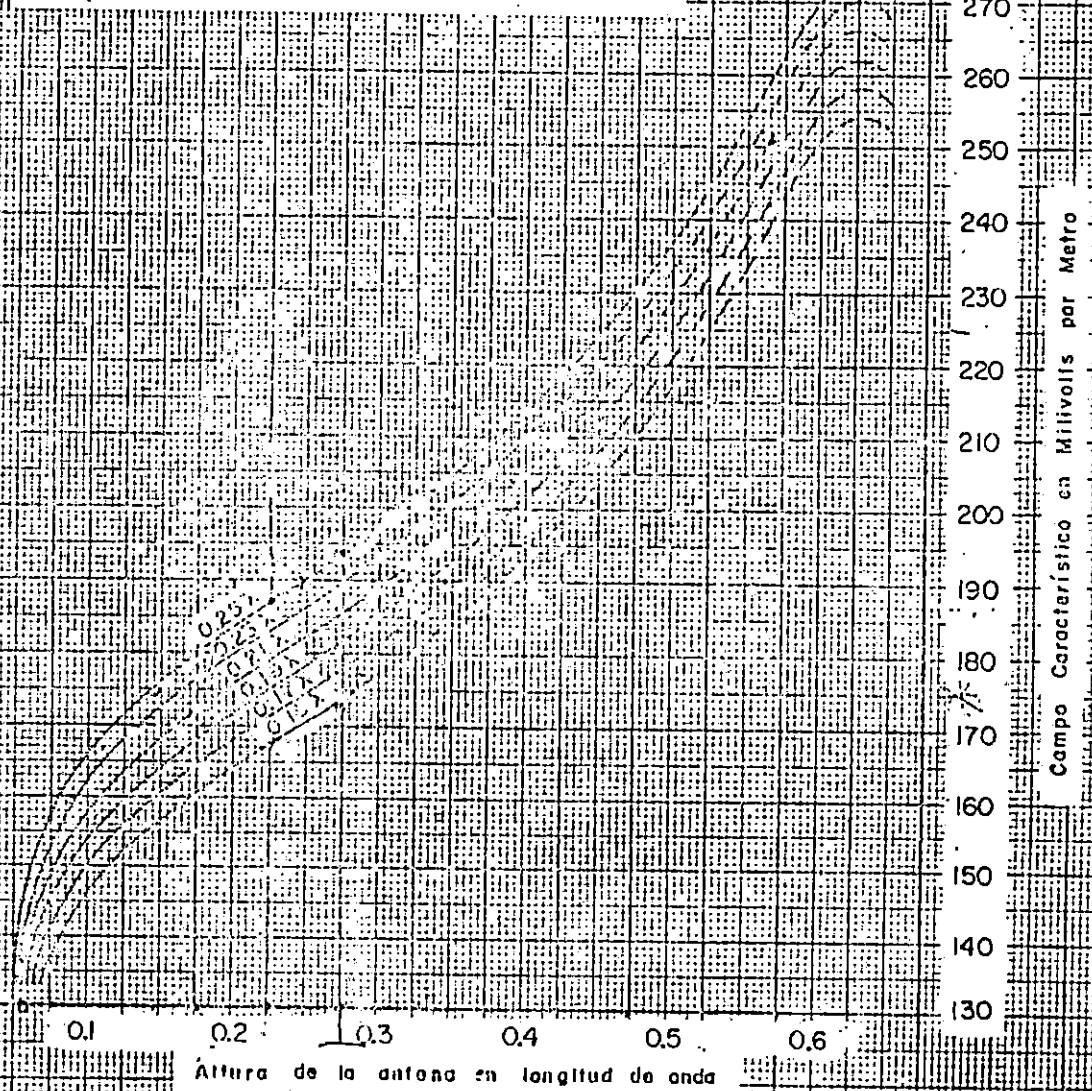


FIGURA A.1

CAMPOS CARACTERISTICOS DE ANTENAS VERTICALES

A 1.608 KILOMETROS (UNA MILLA)
PARA UN KILOWATT

Usar para antenas verticales omnidireccionales
simples con sistema de tierra de al menos
120 radiales de la longitud indicada.



Para sistemas de tierra que tengan menos de 120 radiales, réstase:

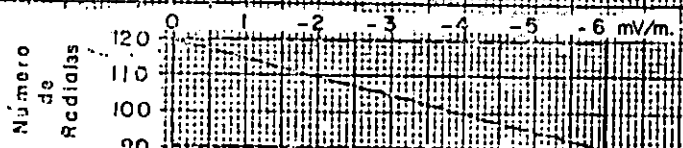
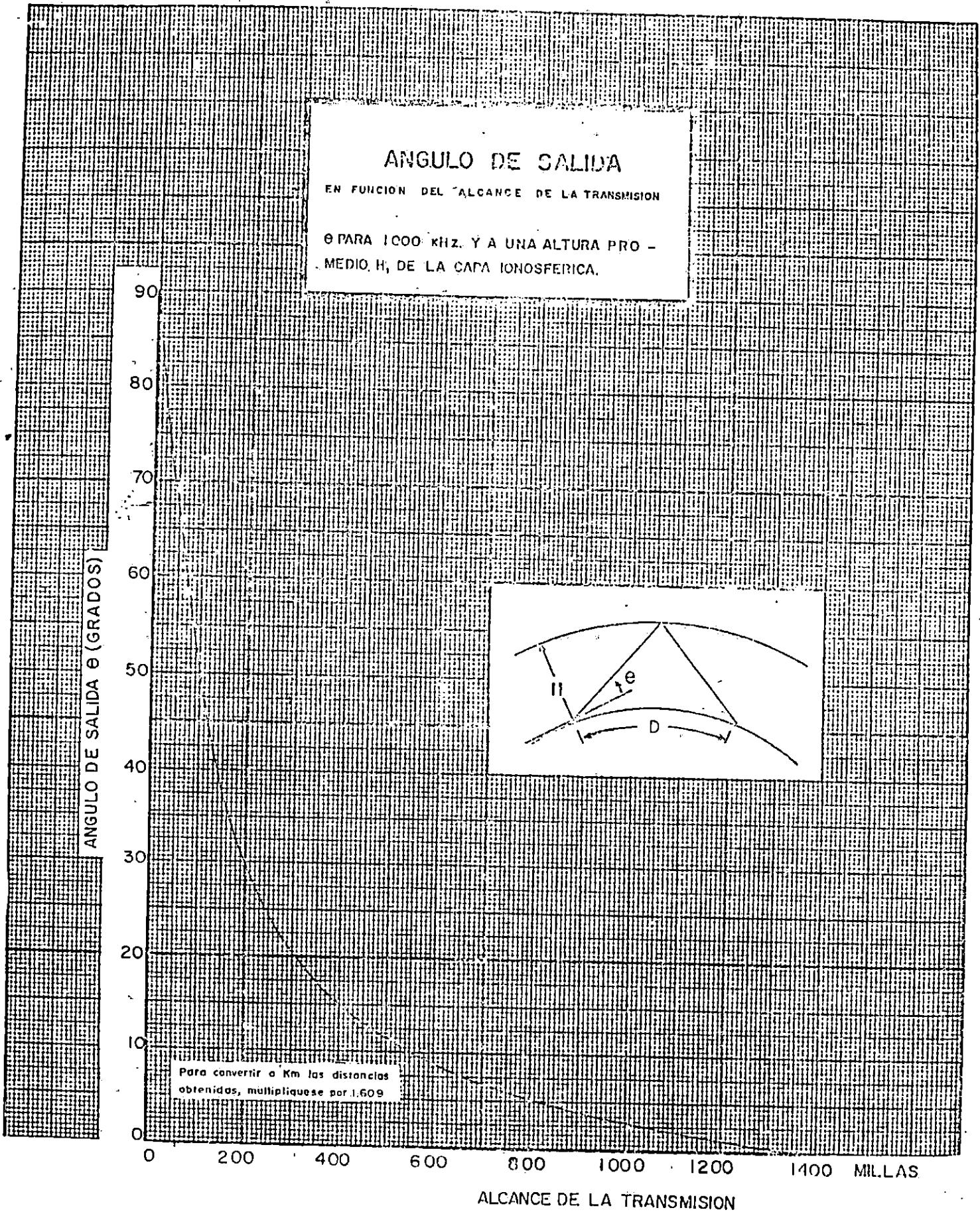


FIGURA A.2



Altura de la antena en grados eléctricos

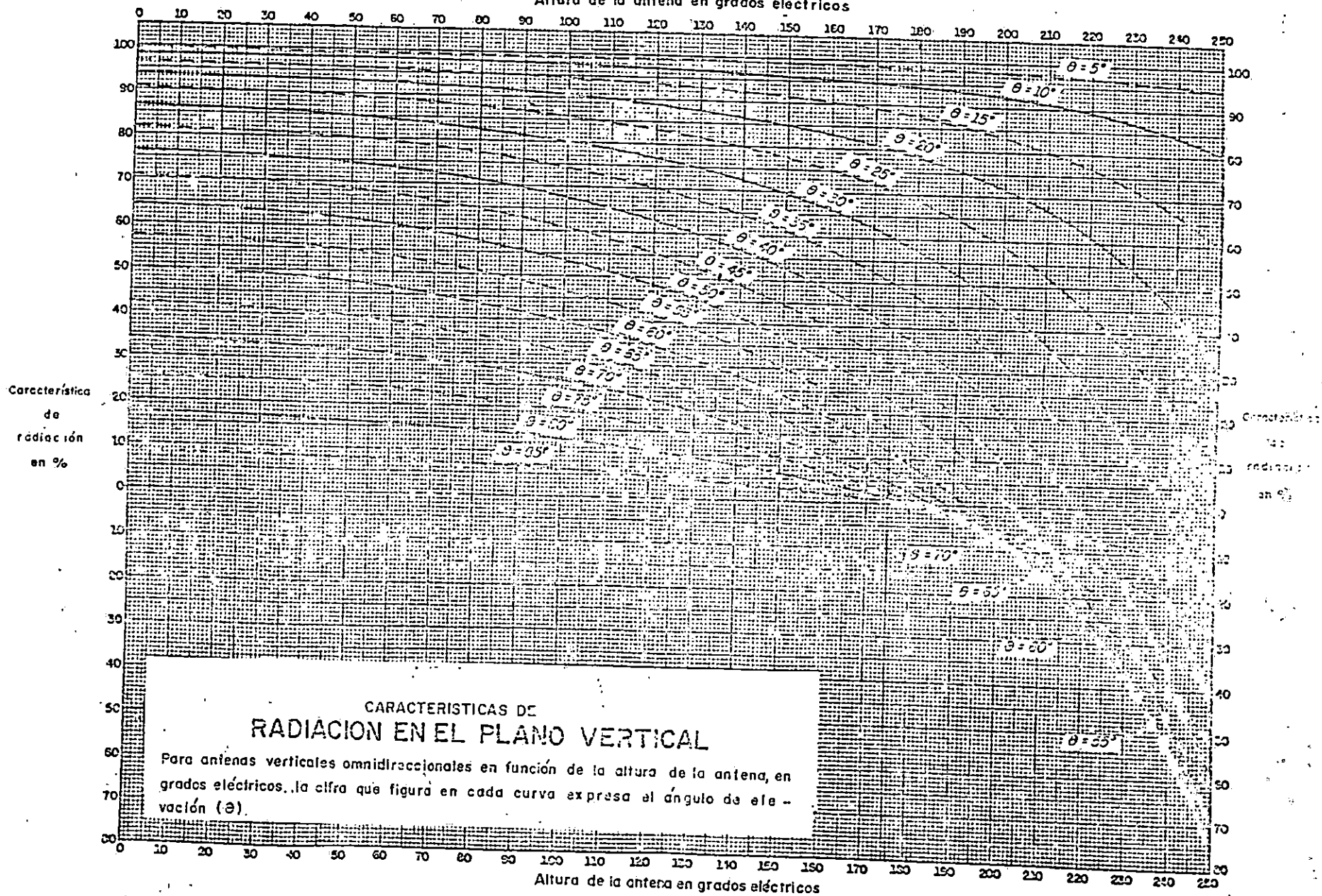
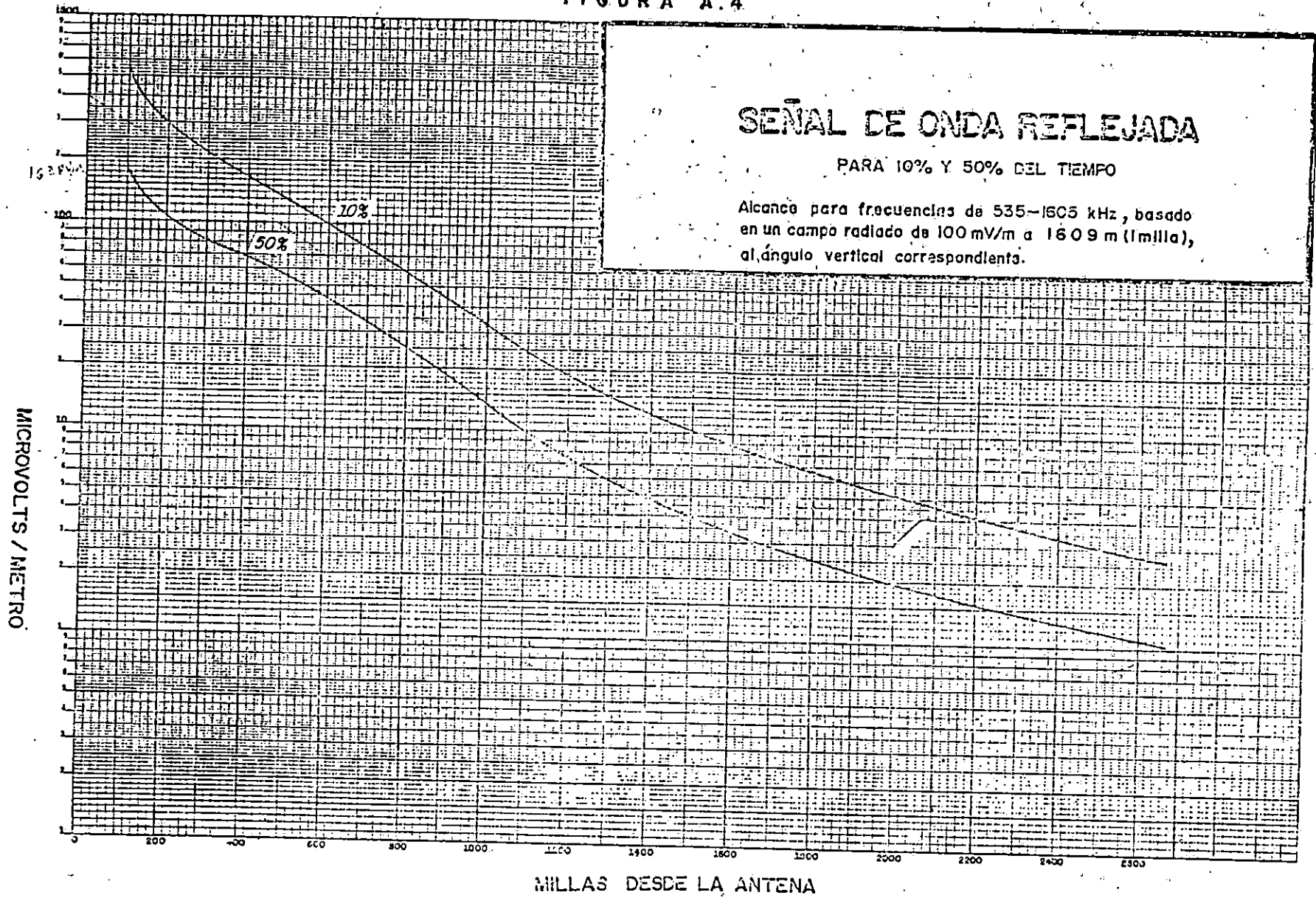


FIGURA A.3

FIGURA A.4



ANEXO B

NORMAS TECNICAS PARA LA INSTALACION Y
OPERACION DE ESTACIONES DE RADIODIFUSION SONORA
EN LA BANDA DE 88 A 108 MHz, CON PORTADORA
PRINCIPAL MODULADA EN FRECUENCIA

ANEXO B

NORMAS TECNICAS PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE ESTACIONES DE RADIODIFUSION SONORA EN LA BANDA DE 88 a 108 MHz. CON PORTADORA PRINCIPAL MODULADA EN FRECUENCIA.

B.1 ASPECTOS GENERALES.

B.1.1 Alcance.

Las presentes Normas para la instalación y operación de las estaciones con portadora principal modulada en frecuencia se aplican a la radiodifusión sonora en la banda de 88 a 108 MHz para las emisiones denominadas monofónicas o esterofónicas, con posibilidad de integrar a éstas en el futuro las correspondientes a otros sistemas.

B.1.2 Clasificación.

Para los fines de las presentes normas las estaciones consideradas se divide, de acuerdo a la extensión del área de cubrimiento, en estaciones clase A, B, C y D.

B.1.3 Principios generales.

Las definiciones, términos y símbolos que no se definen en esta parte, tendrán el significado que se expresa en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Union Internacional de Telecomunicaciones.

Adjudicación

Provisión para el uso de un canal específico identificado con una población en particular.

Altura del centro de radiación de la antena sobre el terreno promedio.

La altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar menos el promedio de las alturas de terreno sobre el nivel del mar, situado entre 3 y 16 km a partir de la misma para ocho direcciones espaciadas igualmente cada 45°

de acimut, comenzando con el norte verdadero. Cuando se emplee otra polarización diferente a la horizontal, la altura del centro de radiación de la antena estará basada en la altura del centro eléctrico de radiación de la antena que transmite la componente horizontal de radiación.

Area de servicio.

Es el área del terreno que cubre una estación con una intensidad de campo suficiente para proporcionar el servicio de radiodifusión.

Asignación.

Uso autorizado de una adjudicación por una estación existente.

Canal de radiodifusión en modulación de frecuencia.

Una banda de frecuencia de 200 kHz de anchura, designada por su frecuencia central y número de canal.

Canal principal.

La banda de frecuencias de 50 a 15000 Hz que modula en frecuencia a la portadora principal.

Canal estereofónico derecho (izquierdo).

La señal derecha (izquierda) reproducida eléctricamente en la recepción de una transmisión estereofónica modulada en frecuencia.

Contorno de intensidad de campo.

En la autorización de una estación de radiodifusión modulada en frecuencia, se consideran dos contornos de intensidad de campo eléctrico. Estos contornos se especifican como contorno de 500 y 1000 $\mu\text{V}/\text{m}$, e indican aproximadamente una área cubierta sobre el terreno promedio, en ausencia de interferencia de parte de otras estaciones de la misma clase. En las condiciones reales, las verdaderas áreas cubiertas pueden variar grandemente de las estimadas, debido a que el terreno en una determinada trayectoria puede ser diferente al terreno promedio que se consideró al trazar las gráficas de intensidad de campo eléctrico.

Desviación de frecuencia.

La desviación instantánea de la frecuencia portadora a

causa de la modulación.

Estación.

Uno o mas transmisores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en un lugar determinado.

Estación clase "A"

Una estación que está destinada a prestar servicio principalmente a poblaciones o ciudades relativamente pequeñas y a las áreas rurales contiguas a las mismas.

Estaciones clase "B" y "C"

Estaciones que están destinadas a prestar servicios principalmente en áreas mas o menos extensas o ciudades importantes o ciudades de una área urbana, incluyendo las áreas rurales contiguas a dichas poblaciones.

Estación clase "D"

Una estación de baja potencia que opera en la banda de 28.1 a 91.9 MHz (canales 201 a 220).

Frecuencia central

a) La frecuencia promedio de la onda radiada cuando se modula con una señal senoidal.

b) La frecuencia de la onda radiada en ausencia de modulación.

Ganancia en potencia de antena.

El cuadrado de la relación entre el valor raíz cuadrático medio de la intensidad de campo en el espacio libre, producida en el plano horizontal, a la distancia de 1609 m por cada 1 km de entrada a la antena en el mV/m, y el valor de 137.6 mV/m. Esta relación debe expresarse en decibels (dB). Si se especifica para una dirección en particular, la ganancia en potencia de la antena se basa sobre la intensidad de campo en esa dirección solamente.

Ganancia relativa de una antena

Ganancia (G_r) de una antena en una dirección dada, cuando la antena de referencia es un dipolo de media onda sin pérdidas, aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial

contiene la dirección dada .

Intensidad de campo.

Expresa la intensidad de campo eléctrico en el plano horizontal.

Intensidad de campo en el espacio libre

Expresa la intensidad de campo que existe en un punto cualquiera, cuando no existen ondas reflejadas por la tierra o por cualquier otro objeto reflejante.

Modulación de frecuencia.

Un sistema de modulación en el que la radiofrecuencia instantánea varía en proporción a la amplitud instantánea de la señal moduladora. La radiofrecuencia instantánea es independiente de la frecuencia de la señal modulada.

Polarización

La dirección del vector del campo eléctrico tal como es radiado desde la antena transmisora.

Porcentaje de modulación

Es la razón de la oscilación real de la frecuencia a la oscilación de frecuencia definida como el 100% de modulación a una oscilación de frecuencia de ± 75 kHz.

Potencia efectiva radiada

El producto de la potencia de entrada a la antena y la ganancia en potencia de antena.

Este producto debe ser expresado en kW y en decibeles con relación a 1 kW (dBk). (Si se especifica para una dirección en particular la potencia efectiva radiada estará basada en la ganancia en potencia en esa dirección solamente). La potencia efectiva radiada autorizada está basada sobre el promedio de la ganancia en potencia de antena para cada dirección en el plano horizontal.

Potencia radiada aparente

La potencia suministrada a la antena multiplicada por la ganancia relativa de la antena en una dirección dada.

Radiodifusión en la banda de 88 a 108 MHz

Servicio de radiodifusión que se desarrolla en esta porción de la banda cuyas emisiones están destinadas a la recepción directa por el público en general.

Radiación no esencial

Radiación en una frecuencia o frecuencias situadas fuera de la banda de ± 100 kHz a cada lado de la frecuencia central, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las radiaciones armónicas, las radiaciones parásitas y los productos de intermodulación están comprendidos en las radiaciones no esenciales, pero no las radiaciones en la proximidad inmediata de los límites de la banda necesaria resultante del proceso de modulación requerido para la transmisión de la información.

Radiodifusión estereofónica en modulación de frecuencia

La transmisión de un programa estereofónico por una estación, empleando el canal principal y un subcanal estereofónico; esta transmisión permite la recepción compatible en los receptores monofónicos.

Señal derecha (izquierda)

La salida eléctrica de un micrófono o combinación de micrófonos situados de tal manera que transmita la frecuencia, tiempo, fase y nivel de los sonidos originados predominantemente a la derecha (izquierda) de los radioescucha situados al centro del área de ejecución.

Separación estereofónica

La razón de la señal eléctrica causada en el canal derecho (izquierdo) a la señal eléctrica causada en el canal izquierdo (derecho) debido a la transmisión de una señal sólo en el canal derecho (izquierdo).

Subcanal estereofónico

La banda de frecuencia de 23 a 53 kHz que contiene las subportadora estereofónica y sus bandas laterales asociadas.

Subportadora estereofónica

Una subportadora que tiene una frecuencia que es la 2ª armónica de la subportadora piloto y que se emplea en radiodifusión estereofónica.

Subportadoras multiplex

Subportadoras dentro de la gama de frecuencias de 20 a 75 kHz que se emplean para estereofonía o para otras emisiones especiales.

Subportadora piloto

Una subportadora que sirve como una señal de control para la recepción de radiodifusión estereofónica.

Subportadora multiplex subordinada

Una subportadora que sirve para emisiones especiales. Esta subportadora debe estar comprendida en la gama de 20 a 75 kHz a menos que la estación transmita simultáneamente programas estereofónicos en cuyo caso la subportadora estará entre 53 y 75 kHz.

Zona de sombra

Es aquella parte del área de servicio en la que debido a obstáculos orográficos del terreno, la estación no puede proporcionar un servicio adecuado.

B.1.4 Símbolos.

Los símbolos a emplearse en esta norma tendrán el siguiente significado:

Símbolos	Significado
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
W	Watts
kW	Kilowatts
ND	Antena omnidireccional o no direccional
AD	Antena direccional
h	Altura del centro de radiación de la antena sobre el terreno promedio
Pe	Potencia radiada aparente
H	Polarización horizontal
V	Polarización vertical
C	Polarización circular
SMS	Subportadora multiplex subordinada
FM	Modulación en frecuencia

B.1.5 Canales de radiodifusión en FM.

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

Frecuencia (MHz)	Número de canal	Frecuencia (MHz)	Número de canal
100.9	265	105.5	288
101.1	266	105.7	289
101.3	267	105.9	290
101.5	268	106.1	291
101.7	269	106.3	292
101.9	270	106.5	293
102.1	271	106.7	294
102.3	272	106.9	295
102.5	273	107.1	296
102.7	274	107.3	297
102.9	275	107.5	298
103.1	276	107.7	299
103.3	277	107.9	300

B.2 EQUIPO DE AUDIO.

B.2.1 Equipo de audio empleado en los estudios.

No se establecen normas definidas respecto a la cantidad de equipo que podrá emplearse en los estudios, quedando sujeto a las necesidades de cada estación.

Se recomienda que la señal a la salida del conjunto del equipo de audio sea de una calidad tal, que evite que se ocasionen defectos de modulación en el equipo transmisor.

B.2.2 Equipo de audio empleado en la planta transmisora.

Sistema de enlace entre estudio y planta transmisora

Tomando en consideración que existen varios sistemas de enlace entre estudios y planta transmisoras (directo, por medio de línea, por enlace de modulación de frecuencia, por microonda, etcétera), será necesario en cada caso determinar

las características de las componentes del sistema de acuerdo con el método empleado para enlazar.

En caso de utilizarse equipo de enlace entre los estudios y la planta transmisora éste se sujetará a normas correspondientes.

Igualadores o compensadores

El empleo de igualadores o compensadores quedará sujeto al sistema de enlace empleado, pero deberá procurarse que los igualadores o compensadores no atenuen la señal en forma tal que la relación de señal o ruido sea inferior a 50 dB.

Limitador o compresor

El empleo de limitadores o compresores en la planta transmisora solamente es aconsejable cuando en el equipo de audio de los estudios y en el sistema de enlace no existe control del nivel de la señal ya que el empleo de doble compresión puede aumentar notablemente la distorsión de la señal se deberá mantener la distorsión en un valor no mayor de 2% a la salida del limitador o compresor. (Norma no aplicable a las estaciones clase D).

B.3 EQUIPOS TRANSMISORES.

B.3.1 Clasificación de los transmisores.

Para los efectos de las presentes Normas, los equipos transmisores empleados se clasifican como sigue y su empleo deberá sujetarse a lo establecido en el reglamento correspondiente.

Transmisor principal

Equipo transmisor utilizado por una estación de radiodifusión, durante sus transmisiones cotidianas.

Transmisor de emergencia

Las estaciones de radiodifusión que operan en la banda de 88 a 108 MHz pueden contar con un equipo transmisor para casos de emergencia, instalado en la ubicación del transmisor principal o en la de los estudios. Para la instalación y operación de estos equipos será necesaria la autorización

previa de la Administración Nacional de Telecomunicaciones.

Las radiodifusiones que operan en la banda mencionada también podrán contar con transmisores auxiliares, instalados en la misma ubicación del transmisor principal, cuyas características de operación sean iguales a las de éste, esencialmente en lo que se refiere a potencia y frecuencia.

B.3.2. Características técnicas.

A continuación se dan las características técnicas más importantes para los equipos transmisores.

B.3.3. Clase de emisión.

Las estaciones de radiodifusión en modulación de frecuencia deben operar con la clase F3 ó F9.

B.3.4. Anchura de banda.

La anchura de banda asignada a estaciones de radiodifusión en modulación de frecuencia es de 200 kHz (100 kHz a cada lado de la portadora principal).

B.3.5. Identificación de los canales.

Los canales de la banda de 88 a 108 MHz se identifican por su frecuencia portadora central y por el número del canal. Sus frecuencias centrales comienzan en 88.1 MHz y continúan sucesivamente hasta la de 107.9 MHz como se indica en la sección B.1.5.

B.3.6. Frecuencia.

Las estaciones deben mantener tanto como sea su frecuencia en el valor correspondiente a la frecuencia asignada.

Tolerancia en frecuencia

La tolerancia en frecuencia de la portadora principal, permitida para estaciones de radiodifusión de modulación de frecuencia es de 2 kHz.

Control de frecuencia

Con el fin de mantener la frecuencia de la portadora dentro de la tolerancia, se instalará en el transmisor un dispositivo que controle automáticamente la frecuencia (tal como un cristal piezoeléctrico en una cámara reguladora de temperatura, si no es de bajo coeficiente de variación con la temperatura, o sin la cámara si es de muy bajo coeficiente de variación).

Máxima excursión de frecuencia

La máxima excursión de frecuencia permisible son 75 kHz a uno y otro lados de la portadora. Esto corresponde al 100% de modulación.

Distorsión

Para cualquier frecuencia de modulación entre 50 y 15000 Hz e índices de modulación del 25, 50 y 100 por ciento, la salida del sistema no presentará una distorsión superior al 3.5% (valor eficaz) para frecuencias de 50 a 100 Hz, una distorsión del 2.5% para frecuencias de 100 a 7500 Hz y del 3% para frecuencias de 7500 a 15000 Hz. Se recomienda que ninguna de las tres partes principales del sistema (transmisor, circuito estudio transmisor y equipo de audiofrecuencia) contribuya en más de la mitad de estos porcentajes.

En general, la distorsión introducida por el transmisor deberá ser inferior al 1%, con una modulación del 100% para frecuencias de 50 a 15000 Hz, la característica de audiofrecuencia estará comprendida entre ± 1 dB para frecuencias de 30 a 15000 Hz empleándose la curva normal de preacentuación de 75 microsegundos, (Fig. B-1) y los niveles de ruido (FM y AM) deberán ser inferiores a los niveles mínimos admisibles.

Desviación de la respuesta

La desviación de la respuesta del sistema debe estar comprendida entre dos límites: el límite superior será la curva normal de preacentuación y el límite superior, uniformemente de 100 a 7500 Hz, pero descendiendo por debajo del límite de 3 dB de manera uniforme a razón de 1 dB por octava para las frecuencias de 100 Hz a 50 Hz (4 dB) y descendiendo también de manera uniforme, con respecto al límite 3 dB a razón de 2 dB por octava, para las frecuencias de 7500 Hz a 15000 Hz (5 dB).

Nivel de ruido

El nivel de ruido a la salida del sistema transmisor (modulación de frecuencia) en la banda de 50 a 15000 Hz debe ser, por lo menos, 60 dB inferior al nivel correspondiente a una modulación del 100 por ciento (excursión de frecuencia \pm 75 kHz).

B.3.7. Radiaciones no esenciales.

- a) Todas las radiaciones no esenciales que aparezcan entre 120 a 240 kHz, respecto a la frecuencia central, deben atenuarse por lo menos 25 dB abajo del nivel de la portadora sin modulación. Al cumplir con esta Norma es necesario demostrar que la anchura de banda ocupada es de 240 kHz o menor.
- b) Todas las radiaciones no esenciales, que aparezcan con una desviación entre 240 a 600 kHz respecto a la frecuencia central deben atenuarse por lo menos 35 dB abajo del nivel de la portadora sin modulación.
- c) Todas las radiaciones no esenciales con una desviación de más de 600 kHz respecto a la frecuencia central deben atenuarse por lo menos $43 + 10 \log_e (P)$ dB abajo del nivel de la portadora sin modular u 80 dB, cualquiera que resulte la menor atenuación (P = potencia en watts).
- d) Cuando una estación radiodifusora produzca radiaciones no esenciales que causen interferencia perjudicial a otros servicios, el concesionario o permisionario de la estación en cuestión debe tomar las medidas apropiadas para suprimirlas totalmente o reducirlas a nivel tal que dejen de ser perjudiciales.

B.3.8. Circuito oscilador.

Cuando se empleen circuitos osciladores controlados a cristal, deberán llenarse los siguientes requisitos:

- a) Debera contarse con dos cristales con objeto de disponer de un repuesto en cualquier momento.
- b) Los cristales, de ser necesario, deberán estar en cámaras termostáticas que operen continuamente con el fin de que la temperatura de operación del cristal se mantenga lo más constante posible.

Las variaciones máximas de temperatura que pueden aceptarse con respecto a la temperatura normal de operación son las siguientes:

0.1°C en más o menos cuando se emplea cristal con corte X o Y.

0.1°C en más o menos cuando se emplea un cristal de bajo coeficiente de temperatura.

- c) Las cámaras termostáticas, cuando se requieran, deben contar con termómetros para medir la temperatura del cristal con una exactitud de 0.05°C para cristales con corte de X o Y y de 0.5°C para cristales de bajo coeficiente de temperatura.

El paso oscilador podrá contar con dos unidades osciladoras, conmutables, con el objeto de que puedan ser utilizadas independientemente cuando por alguna razón una de ellas se dañe.

B.3.9. Circuito modulador.

Para la modulación de frecuencia se pueden utilizar los métodos de modulación directa e indirecta, el cambio en frecuencia del oscilador será directamente proporcional a la amplitud de la señal de audio; en el método de modulación indirecta, el cambio del ángulo de fase será directamente proporcional a la amplitud de la señal de audio.

El porcentaje de modulación debe ser consistente con una buena calidad de transmisión. No debe exceder del 100%. El porcentaje para el valor preponderante de las crestas de recurrencia no frecuente debe ser menor del 85%; pero cuando sea necesario evitar sobremodulación resultante sea sustancialmente menor del 85% para el valor preponderante de las crestas de modulación. Se entiende como valor preponderante de las crestas de modulación el valor máximo de la desviación en frecuencia que aparece con mayor recurrencia durante el proceso de modulación.

B.3.10. Sistema estereofónico utilizado en la radiodifusión de modulación de frecuencia en ondas métricas.

El Salvador adopta para sus transmisiones estereofónicas el sistema denominado "Sistema de Frecuencia (Tono) Piloto".

B.3.11. Sistema de frecuencia (tono) piloto.

En el sistema de tono piloto la portadora radiada se modula en frecuencia un 90% por una señal de audio (I + D) en una anchura de banda de 15 kHz y un 90% por una señal de doble banda lateral con subportadora suprimida en 38 kHz.

La modulación para esta subportadora consiste de una señal ($I - D$) en una anchura de banda de 15 kHz. La portadora principal se modula también un 10% por una portadora piloto en la primera subarmónica (19 kHz). La norma de preénfasis de 75 microsegundos se aplica al canal principal y al canal de la subportadora.

En este sistema:

La señal moduladora del canal principal está formada por la suma de las señales izquierda y derecha.

A fin de que se module en frecuencia a la portadora entre los límites del 8 al 10%, se deberá de transmitir una subportadora piloto de $19000 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$.

La subportadora estereofónica será la segunda armónica de la subportadora piloto y cruzará el eje del tiempo con una inclinación positiva, simultáneamente con cada cruce del eje de tiempo por la subportadora piloto.

Se utilizará modulación de amplitud para la subportadora estereofónica.

La subportadora estereofónica será suprimida a un nivel menor que el 10% de modulación de la portadora principal.

La subportadora estereofónica será capaz de aceptar audiofrecuencia desde 50 a 15000 Hz.

La señal moduladora de la subportadora estereofónica será igual a la diferencia de las señales izquierda y derecha.

La suma de las bandas laterales resultantes de la modulación en amplitud de la subportadora estereofónica no causará crestas de desviación de la portadora principal en exceso de 45% de la modulación total cuando exista solamente una señal izquierda o derecha. Asimismo, la desviación en el canal principal, cuando solamente exista una señal izquierda o derecha no excederá del 45% de la modulación total.

La modulación total de la portadora principal incluyendo la subportadora piloto no deberá exceder del 100% de modulación.

En el instante en que se aplica solamente una señal izquierda positiva, el canal de modulación principal ocasionará una desviación hacia la parte superior de la frecuencia principal; y la subportadora estereofónica y sus señales de las bandas laterales cruzarán el eje del tiempo en

la misma dirección.

La relación de desviación de cresta del canal principal a la desviación de cresta del subcanal estereofónico, cuando únicamente existe una señal izquierda o derecha en estado estacionario, deberá estar dentro del 3.5% con respecto a la unidad para todos los niveles de esta señal y todas las frecuencias de 50 a 15000 Hz.

La diferencia de fase entre los puntos cero de la señal del canal principal y la envolvente de las bandas laterales de la subportadora estereofónica, cuando exista solamente una señal izquierda o derecha en estado estacionario, no excederá $\pm 3^\circ$ para las audiodfrecuencias de modulación desde 50 a 15000 Hz.

Si la separación estereofónica entre los canales estereofónicos izquierdo y derecho es mayor que 29.7 dB a la frecuencia de modulación de audio entre 50 y 15000 Hz se supone que los párrafos de esta sección han sido satisfechos.

La diafonía dentro del canal principal ocasionada por una señal en el subcanal estereofónico se atenuará 40 dB abajo del 90% de modulación por lo menos.

La diafonía dentro del subcanal estereofónico ocasionada por una señal en el canal principal se atenuará por lo menos 40 dB abajo del 90% de modulación.

B.3.12. Circuitos multiplicadores de frecuencia.

La frecuencia de salida en el último paso de los multiplicadores será algún múltiplo de la frecuencia de entrada y asimismo éste será únicamente selectivo a la armónica deseada. Se puede utilizar en la etapa amplificadores clase "C" o cualquier otro tipo de con las últimas innovaciones.

B.3.13 Circuito amplificador de potencia.

Las pérdidas en los circuitos amplificadores de poder serán mínimas en cuanto a que no tienen conexión con los procesos de modulación, y las únicas presentes serán las inherentes a las válvulas utilizadas y al circuito, cuando se amplifique una portadora modulada.

B.3.14. Tolerancia permisible para las válvulas utilizadas.
en el paso final de radiofrecuencia

El amplificador de radiofrecuencia que alimenta al sistema radiador podrá utilizar válvulas cuya potencia suministrada a régimen normal para la clase de operación correspondiente no sea mayor que la potencia autorizada a la estación en un porcentaje que exceda lo señalado en la tabla B-2 siguiente:

Tabla B-1

Potencia autorizada		Porcentaje
de	a	%
100	5000	50
5001	en adelante	35

B.3.15 Tolerancia en potencia.

La potencia de operación se debe mantener tan cerca como sea posible de la potencia, y aun cuando éstas puedan ser originadas por fluctuaciones en la línea de alimentación de energía eléctrica, éstas no deberán ser mayores al 10% ni menores del 15% de la potencia autorizada.

B.3.16. Determinación de la potencia de operación del transmisor.

La potencia de operación del transmisor de una estación modulada en frecuencia se podrá determinar mediante la aplicación de los métodos directo e indirecto.

a) Método directo

Este método consiste en medir la potencia en las terminales de salida del transmisor cuando se encuentren conectadas a una carga artificial con valores de reactancia sustancialmente cero y de resistencia igual a la impedancia característica de la línea de transmisión. Durante las mediciones el transmisor no deberá ser modulado.

b) Método indirecto

En este método se determina la potencia mediante el

producto de la lectura de la tensión de placa (E_p) por la lectura de la corriente de placa (I_p) por el factor de eficiencia (F) del paso final de radiofrecuencia.
Potencia de operación = $E_p \times I_p \times F$. El factor de eficiencia (F) debe proporcionarlo el fabricante del equipo transmisor y se infiere que la Administración Nacional de Telecomunicaciones, toma como factor el valor que se indique en el instructivo del equipo.

B.4. Sistemas radiadores.

B.4.1. Sistema de acoplamiento y líneas de transmisión.

Sistemas de acoplamiento

Pueden emplearse libremente los sistemas de acoplamiento necesarios para la operación correcta de los equipos, siempre que las impedancias reflejadas de entrada y salida no den lugar a reflexiones o a la producción de ondas estacionarias en los sistemas.

Cuando una estación tenga necesidad de emplear la estructura de otra estación radiodifusora, deberán realizarse acoplamientos que impidan la interconexión de las (dos o más) estaciones en operación.

Líneas de transmisión.

Para la alimentación de las antenas o sistemas radiadores podrán emplearse líneas de alimentación cubiertas a fin de evitar al máximo radiaciones secundarias por parte de la línea. De preferencia, se aconseja el empleo de cable coaxial, cuya impedancia característica permita un acoplamiento adecuado entre transmisor y antena.

Debe tomarse en consideración que en equipos de alta potencia las líneas de alimentación no ocasionen pérdidas mayores de 10% de la potencia autorizada a fin de no sobrecargar el equipo transmisor.

El blindaje de las líneas de alimentación deberá aterrizarse o sujetarse debidamente a la estructura de soporte a fin de protegerlo y de que no cause radiaciones secundarias.

B.4.2. Antenas.

Antenas o sistemas de antenas.

Se puede utilizar, en las estaciones radiodifusoras moduladas en frecuencia, cualquier antena o sistema de antena, construidas para tal fin, siempre y cuando reúnan los requisitos de buena ingeniería.

B.4.3. Estructura para el soporte de antena.

Estructura.

Las antenas o sistemas de antena se instalarán sobre una estructura soportante de una altura tal, que el centro de radiación de la antena o sistema de antenas queden situado de acuerdo con los requisitos de altura de antena y localización del sistema radiador. La estructura puede estar aislada o no, pero siempre es necesario que se cuente con un dispositivo de protección contra descargas atmosféricas u otras cargas electrostáticas a fin de proteger la instalación.

Uso de una estructura para la instalación de varias antenas.

Puede emplearse una sola estructura para la instalación de varias antenas del servicio de radiodifusión en modulación de frecuencia, y de otro servicio, siempre y cuando no resulten derivadas de este procedimiento interferencias objetables (o bien, otros efectos similares) entre las antenas en cuestión. Por lo anterior, se deben efectuar (previos a la instalación definitiva) estudios tendientes a comprobar que tal instalación no causará efectos perjudiciales entre estos u otros servicios de radiocomunicación.

Iluminación de la estructura.

Es indispensable que la iluminación de la estructura, soporte de la antena, entre el periodo del crepúsculo del sol y del alba, permanezca en perfectas condiciones de operación. A fin de asegurar esto, diariamente se revisará la iluminación, o bien, se controlará mediante un dispositivo automático que indique la falla de cualquier lámpara en todo momento. El dispositivo empleado con este propósito se probará a intervalos regulares de tiempo, a fin de comprobar que funcione en forma constante y precisa.

En el local de la estación se tendrán lámparas de

reposición para que, en caso de cualquier falla de alguna lámpara, ésta se sustituya en el menor tiempo posible.

Cuando por alguna razón no prevista el sistema de iluminación de la estructura haya fallado totalmente, se notificará de inmediato al aeropuerto más cercano.

B.4.4. Ubicación del sistema radiador.

El sitio en el cual vaya a instalarse la estación de radiodifusión en "M y S" sistema radiador de la misma será elegido haciendo las siguientes consideraciones:

Elección del sitio.

Este se hará de acuerdo con el propósito de la estación, es decir, según se quiera proporcionar servicio a una ciudad pequeña, una área metropolitana o una gran región.

Ubicación cercana a otras estaciones.

Cuando el sistema radiador vaya a ubicarse a una distancia de 70 metros o menos de otras estaciones de FM o de estaciones de televisión en canales adyacentes a la banda de radiodifusión FM, se analizará en uno y otro canal que no habrá interferencia entre una y otra estación debido a productos de intermodulación u otros efectos.

Asimismo, cuando la estación se localice en un lugar en la vecindad de un arreglo direccional, se determinará si la instalación de la estación propuesta no afectará el diagrama de radiación del sistema direccional.

El mismo procedimiento se realizará para todos los casos en que existan instalaciones de otros servicios de radiocomunicación en áreas cercanas.

Ubicación ideal.

Es deseable que el sitio donde vaya a instalarse el sistema radiador quede localizado tan cerca como sea posible del centro geométrico del área por servir; consistente esto con la posibilidad de encontrar el sitio con la suficiente elevación.

Altura del sistema radiador.

La altura adecuada resolverá correctamente el problema según el propósito de la estación. Es preferible usar antenas

altas que una potencia muy elevada.

Así pues, el centro emisor del sistema radiador tendrá la suficiente elevación para proporcionar un buen servicio en el área propuesta. Además, se procurará que alrededor del sitio elegido no existan edificios o colinas que por su altura provoquen efectos de sombra en el área de servicio de la estación o reduzcan considerablemente la intensidad de la señal en una dirección particular. Es necesario comprobar que haya línea de vista entre el centro emisor y los sitios principales por servir.

B.4.5. Características de radiación de las antenas.

Los sistemas radiadores pueden ser de radiación omnidireccional o direccional según las necesidades del servicio a prestar.

B.4.6. Polarización.

Normalmente, la componente eléctrica del campo electromagnético debe polarizarse horizontalmente. Sin embargo, ésta puede polarizarse circular o elípticamente. En este último caso, la rotación del vector representativo de la componente eléctrica puede ser en sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario. La potencia de la componente vertical de la potencia radiada aparente no debe exceder de la potencia total autorizada.

B.4.7. Direccionalidad.

Antenas direccionales.

Cuando la topografía del terreno, la forma del área por servir, o el área misma hagan difícil la elección del sitio, puede ser recomendable emplear antenas direccionales, aunque es mejor usar un sistema no direccional. Cuando se emplean antenas direccionales la potencia radiada aparente en los planos horizontal y vertical, no deberá exceder de los valores especificados en la sección B.5 de estas Normas (para la potencia radiada aparente).

Orientación del diagrama de radiación de la antena o sistema direccionales.

Una antena o sistema de antena direccional debe instalarse en forma tal que su diagrama quede orientado en el espacio,

de manera que la máxima potencia se radie hacia el área principal por servir.

Formas de obtención del diagrama de radiación de la antena.

El diagrama de radiación de antenas direccionales podrá determinarse analíticamente, o bien, por medición directa.

Obtención del diagrama de radiación en el plano horizontal en forma gráfica.

El diagrama de radiación en el plano horizontal se graficará en papel de coordenadas polares, con frecuencia al norte verdadero. Esta gráfica contendrá información acerca de la intensidad de campo en el espacio libre (en milivolts/metro) a 1609 m de origen (o sitio donde se localiza la antena) y la potencia efectiva radiada (en decibeles con respecto a un kilowatt) en cada dirección, además se anotará el procedimiento empleado en esta determinación de acuerdo con lo especificado anteriormente.

Diagrama de radiación en el plano vertical.

El diagrama de radiación en el plano vertical se graficará en papel de coordenadas rectangulares con frecuencia al plano horizontal. Este diagrama contendrá información completa de la potencia efectiva radiada (en decibeles con respecto a un kilowatt) entre $\pm 10^\circ$ a partir del plano horizontal, la información adicional suficiente para demostrar la ausencia de lóbulos indeseables en la región entre $\pm 10^\circ$ y el cenit y $- 10^\circ$ y el nadir, y la intensidad de campo en el espacio libre (en milivolts/metro) a 1609 m del origen (o sitio donde se localiza la antena). Además, se anotará el procedimiento empleado en la determinación, de acuerdo con lo especificado en esta fracción. Se determinarán los diagramas de radiación vertical para tantas direcciones como sea necesario.

Los diagramas de radiación servirán de base para el cálculo teórico del área de servicio de un estación.

B.5. Areas de servicio y procedimiento analítico para su pronóstico.

Se considera como área de servicio de una estación la comprendida dentro de los contornos de intensidad de campo correspondientes a 60 dBu (1000 $\mu\text{V}/\text{m}$) y el 54 dBu (500 $\mu\text{V}/\text{m}$)

para el cálculo teórico de la área de servicio a fin de determinar las posibilidades de operación de una estación antes de ser instalada.

Para llevar a cabo el cálculo del área de servicio de una estación deben tomarse en cuenta los parámetros que se mencionan a continuación y proceder al cálculo de los contornos de intensidad de campo de conformidad con lo establecido en la sección B.5.5.

B.5.1. Separación en frecuencia.

Las estaciones que operen en una misma localidad deberán mantener una separación de sus frecuencias portadoras de 800 kHz como mínimo.

Para poblaciones cercanas deberá tomarse en consideración los parámetros que se citan en los párrafos siguientes:

B.5.2. Parámetros máximos de las estaciones.

En la tabla B-2 siguiente se presentan los valores máximos de operación para las estaciones según su clase.

TABLA B-2

Estación Clase	Máxima potencia radiada aparente en cualquier dirección (KW)	Altura del centro de radiación de la antena sobre el terreno promedio (m)
A	3	90
B	50	150
C	100	600
D	0.02	30

Cuando se exceda el valor máximo de la altura del centro de radiación, sólo se autorizará una potencia radiada aparente tal que el área de servicio de la estación en cuestión sea equivalente a la de aquella operando con los

parámetros máximos. Para los fines de obtener dicha equivalencia, la potencia radiada aparente podrá determinarse mediante el empleo de la gráfica de la Fig. B-2.

B.5.3. Protección contra interferencias.

Entre este tipo de estaciones se considera que la protección que resulta de la separación prescrita en el párrafo siguiente y las potencias y alturas de antena que se especifican en los parámetros máximos de las estaciones es suficiente.

B.5.4. Separaciones mínimas requeridas.

Las separaciones mínimas (en km) requeridas entre estaciones que operen en el mismo canal y en canales adyacentes son las siguientes:

TABLA B-3
SEPARACION EN KILOMETROS

Clases de estaciones	Mismo canal	A 200 kHz	A 400 kHz	A 600 kHz
A con A	105	65	25	25
A con B	175	105	65	65
A con C	210	170	105	105
A con D	95	50	25	25
B con B	240	170	65	65
B con C	270	215	105	105
B con D	170	95	65	65
C con C	290	240	105	105
C con D	200	155	105	105
C con D	18	10	5	5

La separación mínima requerida entre estaciones cuya separación en frecuencia sea de 10.6 de 10.8 MHz (o sea, una separación de 53 ó de 54 canales respectivamente) son las siguientes:

TABLA B-4

Clase de estaciones	Separación en kilómetros
A con A	8
A con B	16
A con C	32
A con D	8
B con B	25
B con C	40
B con D	16
C con C	48
C con D	25
D con D	3

B.5.5. Procedimiento para pronosticar las áreas de servicio.

Para los fines de autorización de la instalación de una estación debe enviarse previamente, entre otros datos de carácter técnico, el área de servicio estimada, para lo cual deben efectuarse los cálculos señalados a continuación.

Cálculo de áreas de servicio.

Las áreas de servicio están delimitadas por los contornos de intensidad de campo de 60 dBu (1mV/m) y 54 dBu (500 μ V/m). Los contornos mencionados se calculan usando la fig. B-3 y se denominan como contornos A y B, respectivamente.

El contorno de 60 dBu indica solamente la extensión aproximada de cobertura sobre terreno promedio en ausencia de interferencia y el de 54 dBu, la extensión aproximada del área rural que podría servirse. Bajo condiciones reales, la verdadera cobertura puede variar considerablemente de los valores estimados, ya que el terreno sobre cualquier trayectoria regularmente difiere del terreno promedio sobre el que se basó la Fig. B-3.

Gráfica de intensidad de campo.

En la predicción de la distancia a los contornos, se emplea la Fig. B-3 el cual representa la intensidad de campo preponderante en un 50% del tiempo para el 50% de las localidades receptoras potenciales, utilizando una antena receptora a 10 metros de altura sobre el nivel del terreno.

La gráfica de la Fig. B-3 se basa en el campo producido por un dipolo de media longitud de onda en el espacio libre radiando 1 kW, el cual produce una intensidad de campo de 103 dBu a 1609 m.

Uso de las gráficas.

Para usar los anexos en cálculos con potencia radiada aparente, distancia de 1 kW, la escala deslizante asociada debe fijarse en su lugar correcto y usarse como escala de referencia. Esta escala se coloca en la Fig. con la potencia de cálculo, en línea con la horizontal correspondiente a 40 dBu. El extremo derecho de la escala se coloca en línea con la graduación correspondiente a la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel de terreno promedio del acimut correspondiente, que aparece anotado en el eje horizontal superior e inferior de la Fig. y, en esa forma, la Fig. dará directamente lecturas en microvolts por metro y en decibeles con respecto a un microvolt a la distancia correspondiente, para esta potencia y la altura promedio del centro radiador de cada acimut. Cuando la altura promedio de radiación del acimut pertinente sea menor de 30 m, los valores de intensidad de campo o distancias a considerar serán las correspondientes para una altura promedio de 30 m. Al predecir la distancia a los contornos de intensidad de campo, la potencia radiada aparente que debe usarse es la radiada en el plano horizontal en la dirección pertinente. Al predecir cualquier otra intensidad de campo, en áreas que no están en el plano horizontal, la potencia radiada aparente que se usará será la potencia en la dirección de tales áreas; para determinar esta potencia debe usarse el diagrama de radiación vertical adecuado. En direcciones donde el terreno es tal que la altura promedio de la antena resulta negativa, dentro del sector comprendido entre 3 y 16 km, se podrá utilizar cualquier otro método, siempre y cuando se proporcione un suplemento adicional que muestre el área de servicio que se espera cubrir incluyendo una descripción del método utilizado para esta predicción.

En estos casos especiales, se incluirá información adicional relacionada con el terreno y el área de servicio.

Altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del terreno promedio.

La altura que debe usarse con estos anexos es la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar, menos el nivel promedio de las alturas del terreno sobre el nivel del mar entre 3 y 16 km a partir de la antena, obtenida a lo largo del radial considerado.

Nivel promedio del terreno.

Para determinar el nivel promedio de las alturas del terreno sobre el nivel del mar, se emplean las elevaciones entre 3 y 16 km a partir del sistema radiador, para lo cual se trazan los perfiles, cuando menos de ocho radiales del sistema radiador y extendiéndose hasta 16 km de él.

Las radiales se espaciarán a cada 45° de acimut, empezando desde el norte geográfico.

Cuando sea posible, deberán trazarse siguiendo la dirección de los caminos, carreteras o vías de ferrocarril, facilitando con esto la obtención de datos topográficos.

Cuando menos uno de los radiales debe incluir la ciudad principal por servir, aun cuando esta ciudad se encuentre más allá de los 16 km de distancia al sistema radiador. Sin embargo, en el caso de que ninguno de los radiales uniformemente espaciados cruce la ciudad principal por servir, deben trazarse radiales adicionales para cubrir este requisito, estos no se deben tomar en cuenta al calcular la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del terreno promedio. Sin embargo, cuando el contorno de 50 $\mu\text{V/m}$ es tal que no abarca extensiones dentro del país y:

Si la parte total entre los 3 y los 16 km del radial se extiende sobre grandes extensiones cubiertas por agua o sobre territorios extranjeros, para el cálculo del nivel promedio del terreno, se deben omitir totalmente estos radiales o,

Cuando solo una parte entre los 3 y 16 km del radial se extiende sobre grandes extensiones cubiertas por agua o sobre territorios extranjeros, solamente se usará para el cálculo del nivel promedio del terreno la parte del radial comprendida entre los 3 km y el punto más alejado del sistema dentro de los límites del país.

Trazo de perfiles.

Para el trazo del perfil de cada radial se deben tomar los datos de elevación en mapas que contengan curvas de nivel equidistantes, no más de 200 m y a una escala no mayor de 1500000. Estos mapas deberán abarcar la ciudad o ciudades principales por servir.

Cuando el terreno sea plano o de poca pendiente podrán tomarse alturas cada 1000 m de distancia.

Los perfiles deben indicar con exactitud la orografía de

cada radial y trazarse tomando como abscisas las distancias en km y como ordenadas las alturas en metros sobre el nivel del mar, indicando la fuente de información de los datos orográficos y la altura del centro de radiación del sistema. La altura promedio de la distancia de 13 km, comprendida entre 3 y 16 km contados a partir del lugar destinado para el sistema radiador, se debe determinar de los anexos de los perfiles de cada uno de los radiales. Esto puede obtenerse promediando un número de puntos uniformemente espaciados, usándose un planímetro o calculando la altura media por sectores promediando estos valores.

En caso que sólo se disponga de información orográfica muy limitada, se puede emplear un altimetro montado en un automóvil moviéndose sobre caminos que se extiendan radialmente desde el lugar del transmisor.

Puntos de referencia y cálculos de distancia.

Para determinar la distancia de separación prescrita en esta sección, debe seguirse el siguiente procedimiento:

Los puntos de referencia para el cálculo de distancia, entre dos estaciones que presten servicio, serán las ubicaciones de los emisores, o sea, las coordenadas geográficas (en grados, minutos y en segundos de latitud y longitud) consideradas en el estudio técnico efectuado por ANTEL.

Una vez establecida la ubicación de los transmisores, la distancia deberá ser determinada entre las coordenadas correspondientes a dicha ubicación. Si la ubicación de un transmisor no ha sido establecida, se tomarán como referencia las coordenadas de la población o ciudad respectiva.

La distancia entre los puntos de referencia se considera que es la longitud de la hipotenusa de un triángulo o rectángulo, uno de cuyos lados es la diferencia de latitud entre los puntos de referencia y el otro lado es la diferencia de longitud entre los puntos de referencia y se convierten estas dos diferencias a grados y décimas de grado.

b) Se determina la latitud media de los dos puntos de referencia hasta el más próximo segundo de latitud (promedio de latitudes de los dos puntos).

a) Se determina la diferencia de latitud y la diferencia de longitud entre los dos puntos de referencia y se calcula como sigue:

- c) Se multiplica la diferencia en latitud por el número de km por grado de diferencia de latitud, para la latitud media apropiada (interpolación linealmente), esto determina la distancia norte-sur en km.
- d) Se multiplica la diferencia en longitud por el número de km por grado de diferencia de longitud obtenido en la tabla B-5 de esta sección, para la latitud media apropiada (interpolación linealmente). Esto determina la distancia este-oeste en km.
- e) Se determina la distancia entre los dos puntos de referencia mediante la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la distancia obtenida: es decir:

$$D = (L_n^2 + L_e^2)^{1/2}$$

donde:

- D = Distancia en km
 L_n = Distancia norte-sur en km
 L_e = Distancia este-oeste en km

Para el cálculo anterior, deben emplearse suficientes fracciones decimales para determinar la distancia al km más próximo.

El siguiente cuadro representa una tabla de valores en km por grado de latitud y longitud para diferentes grados de latitud media.

TABLA B-5

Grados de latitud media	Kilómetros por grados de latitud	Kilómetros por grados de longitud
32	110.858	94.474
31	110.842	95.486
30	110.824	96.467
29	110.807	97.417
28	110.791	98.345
27	110.775	99.238
26	110.760	100.101
25	110.475	100.933
24	110.730	101.736
23	110.715	102.516
22	110.700	103.255
21	110.686	103.960
20	110.673	104.630
19	110.660	105.266
18	110.648	105.865
17	110.635	106.425
16	110.622	106.954
15	110.609	107.432
14	110.597	107.859

B.6. Medidores y equipo de prueba.

B.6.1. Medidores indispensables.

Para el control y funcionamiento de una estación, se debe contar con un mínimo de medidores e instrumentos de comprobación, siendo éstos los que se indican a continuación:

Medidor de corriente de placa del paso final.

Medidor de tensión de placa del paso final de radiofrecuencia.

Medidor de corriente de línea.*

Medidor de tensión de alimentación.*

Monitor de desviación de frecuencia.*

Monitor de modulación.*

Carga artificial con wattmetro bidireccional.*

Estos medidores e instrumentos de comprobación podrá instalarse en el transmisor o circuitos correspondientes, o bien, en un punto de control en el cual se encuentren centralizados.

En el caso de las estaciones que transmitan en estereofonía, contarán con un monitor de doble canal y un monitor de frecuencia piloto.

La Administración Nacional de Telecomunicaciones podrá autorizar el uso de otros sistemas para controlar el funcionamiento de una estación, en sustitución de los medidores e instrumentos a que se refiere esta sección.

B.6.2 Características técnicas de los medidores y equipos de medición empleados.

Instrumentos de escala lineal

Los medidores de tensión de placa, corriente de placa del paso final y tensión en la línea de transmisión a la antena, cuya escala sea lineal tendrán:

- a) Una longitud de su escala no menor de 5 centímetros a fin de facilitar y hacer más precisas las lecturas.
- b) Una precisión no menor de 2% del valor del rango total de la escala, ejemplo:

* Esta norma no se aplica a las estaciones clase D

Si el valor máximo que se puede leer en la escala es de 5 amperes, el error en la lectura no debe ser mayor de 0.1 amper.

- c) Una escala que tenga al menos 40 divisiones.
- d) Un amparo total de su escala no mayor de 5 veces el valor de la lectura mínima, ni menor de 1.5 veces la lectura máxima que habrá de tomarse, ejemplo:

Si la mínima corriente de placa a que opera el transmisor es de 200 miliamperes, el rango total de la escala no será de más de 1 amper y a su vez en esta escala no podrán hacerse mediciones de más de 0.6666 amperes; es decir, un medidor con un rango total de su escala de 1 amper es adecuado para medir corriente entre 200 y 666.6 miliamperes.

Instrumentos de escala no lineal.

Los medidores de tensión de corriente en la línea de transmisión a la antena, de la escala no lineal (logarítmica o en razón a los cuadrados) tendrán:

- a) Una longitud de la escala y una precisión igual a la de los instrumentos de escala lineal (incisos a y b fracción 6.1.)
- b) Un rango total no mayor de 3 veces la lectura mínima que habrá de tomarse, ni menor de 1.2 veces la lectura máxima; ejemplo:

Si la mínima corriente en la línea de transmisión es de 2 amperes, el rango total de la escala no será mayor de 6 amperes; siendo el adecuado para medir corrientes entre 2 y 5 amperes.

- c) Una escala tal que ninguna división situada después de la indicación correspondiente a un tercio del rango total de la escala corresponda a un valor mayor de la trigésima parte del rango total. Ejemplo: Un amperímetro cuya indicación máxima en la escala sea de 6 amperes no tendrá divisiones a partir de la indicación y la siguiente se incremente el valor más de 0.2 amperes.

Instrumentos de escala expandida.

Los medidores de radiofrecuencia de escala expandida tendrán:

- a) Una longitud, una precisión y un rango total de su escala igual a los instrumentos de escala lineal incisos a, b y de los instrumentos de escala lineal.
- b) Una escala tal que ninguna división situada después de la indicación correspondiente a un quinto del rango total de la escala corresponda a un valor mayor de la quincuagésima parte del rango total de la escala. Ejemplo: Un amperímetro, cuya indicación máxima en la escala sea de 5 amperes, no tendrá divisiones a partir de 1 amper, tales que entre una indicación y la siguiente se incremente el valor en más de 0.1 amper.

Instrumentos para medir a control remoto.

Quando se usen instrumentos para medir corrientes a control remoto, en los que sea necesario el empleo de derivadores o sistemas de par térmico, estos dispositivos tendrán las siguientes características:

- a) Tendrán una capacidad suficiente para la corriente normal de operación.
- b) No alterarán la corriente normal de operación.
- c) Contarán con una placa fija que indique la corriente de operación, así como una aclaración del instrumento para el cual fueron fabricados.

Equipos de prueba.

Características técnicas de los monitores de modulación.

Los monitores de modulación empleados en estaciones de radiodifusión moduladas en frecuencia que proporcionen un servicio monofónico, tendrán las siguientes características:

- a) Receptáculo: Contará con un receptáculo adecuado a fin de que se efectúe en forma fácil la conexión con el emisor. Excepto que se instalen en forma permanente al emisor.
- b) Indicador de crestas de modulación: Contará con un indicador de crestas de modulación para valores del porcentaje de ésta, entre 50 y 120% (una desviación de ± 75 kHz indica un porcentaje de modulación del 100%) ya sean positivos o negativos (arriba o abajo de la frecuencia central del transmisor).
- c) Indicador de valores de las crestas: Contará con un

indicador de valores de crestas de modulación, con un medidor que tenga las características señaladas adelante, que se usará con un circuito tal que las crestas de modulación de duración entre 40 y 90 milisegundos se indiquen en un 90% de su valor total, y la razón de descarga del circuito sea tal que el dispositivo indicador (aguja) retorne de una lectura en el rango total a una lectura del 10% del origen, en un tiempo entre 500 y 800 milisegundos. Este medidor contará con un interruptor con el que puedan leerse desviaciones positivas o negativas. Las características del medidor serán:

Factor de desvanecimiento: El factor de desvanecimiento será entre 16 y 200.

Escala: La escala del medidor será igual en apariencia a un medidor de VII (intensidad).

La longitud de la escala entre 0 y 100 por ciento de modulación será al menos de 5.6 centímetros. Esta escala entre otras indicaciones, tendrá una para el 133 por ciento de modulación correspondiente a un desplazamiento de 100 Hz con el propósito de probar el transmisor con esta desviación.

- d) Precisión: Tendrá una precisión tal que a lo más se tenga un error de ± 5 por ciento del porcentaje de modulación, para mediciones del porcentaje de modulación arriba del 100 por ciento.
- e) Curva característica de frecuencias: Tendrá una curva característica de frecuencias tal que no se aparte de una línea recta en $\pm 1/2$ dB a frecuencias de la señal entre 50 y 15000 Hz. La distorsión será mínima.
- f) Efectos en la operación del transmisor: Su uso no provocará ningún efecto en el transmisor.
- g) Construcción y modelo: Se construirá de manera tal que no ocupe gran espacio (compacto) en gabinete adecuados, tal que su operación sea sencilla y en general con todas las normas de buena ingeniería.
- h) Podrán formar parte de un monitor de desviación de frecuencia.

Características técnicas de los monitores de frecuencia.

Los monitores de frecuencia empleados en estaciones de radiodifusión moduladas en frecuencia que proporcionen un servicio monofónico tendrán las siguientes características.

- a) Precisión: La unidad tendrá una precisión tal que se tenga un error de a lo más ± 1000 Hz en condiciones ordinarias, temperatura, humedad, variaciones en la línea de alimentación y otras que puedan afectar la precisión para cualquier canal en la banda de radiodifusión modulada en frecuencia.
- b) Rango del indicador: El rango de su dispositivo indicador será al menos de 2000 Hz abajo de la frecuencia central (frecuencia de la portadora) a 2000 Hz arriba de la frecuencia central.
- c) Escala: La escala del indicador será calibrada con una precisión tal que se tengan errores de a lo más 100 Hz.
- d) Ajustes: Contará con medios para ajustar la medición del mismo con un dispositivo externo normalizado y muy preciso.
- e) Operación continua: Será capaz de operar continuamente y asegurar que se traté comprobando en todo momento el comportamiento del emisor.
- f) Efecto: Su operación no causará efecto alguno en la operación del emisor.

Deberán efectuarse las siguientes pruebas para determinar el comportamiento de un monitor de frecuencia y aprobar su uso.

- a) La frecuencia de su oscilador será mediada varias veces en un mes.
- b) Se constatará el efecto en la frecuencia del oscilador cuando el aparato haya estado sujeto a vibraciones debido al transporte, manejo e instalación del instrumento.
- c) Se determinará la precisión de las lecturas del instrumento.
- d) Se determinará el comportamiento del dispositivo de ajuste de frecuencia.
- e) Se determinará los efectos en la precisión de las lecturas y en la frecuencia del oscilador debido a cambios de sus válvulas, variaciones de la tensión de alimentación y de la temperatura ambiente, en un rango desde 10 a 40 grados centígrados.

- f) Se buscará información general sobre el efecto por desnivel, o por pequeños golpecitos u otras pruebas, para determinar la capacidad del equipo o permanecer inalterado a estas causas.
- g) Se realizarán otras pruebas que resultaren necesarias, tales como algún efecto en el transmisor según la naturaleza del aparato.
- h) Las pruebas de estos aparatos se efectuarán de manera tal que las condiciones sean aproximadas a las que se esperan tener cuando los aparatos estén funcionando normalmente. El equipo bajo prueba será operado para un canal en la banda de radiodifusión de modulación en frecuencia.

Para el caso en que se emita en estereofonía, los aparatos con los que debe contar el equipo transmisor (independientemente de los mencionados anteriormente) son:

- a) Un instrumento para la medición del porcentaje de modulación de la portadora producido por la señal del canal principal. Para este propósito los instrumentos deberán cumplir con las condiciones de precisión de esta sección, excepto que no es necesario el indicador de crestas y que la precisión del instrumento será $\pm 5\%$, para todas las frecuencias de 50 a 15000 Hz/seg.
- b) Un instrumento para medir el porcentaje de modulación de la portadora producida por la subportadora estereofónica (38 kHz) y sus bandas laterales. Para este propósito el instrumento deberá cumplir con las condiciones de precisión de esta sección, excepto que no se necesita el indicador de crestas y la precisión del instrumento debe estar dentro del 5%.
- c) Un instrumento para medir el porcentaje de modulación de la portadora producida por la subportadora piloto (19 kHz). Para este propósito el indicador deberá tener una escala con una longitud de 5.75 cm. Las marcas deberán estar al 6%, 8%, 10% y 12% de modulación con el rango entre 6% y 12% ocupando cuando menos 50% de esta longitud de la escala. La precisión de las lecturas para el 8% y 10% deberá ser $\pm 0.5\%$ en el porcentaje de modulación.
- d) Un instrumento para medir simultáneamente el porcentaje total de modulación de la portadora del canal estereofónico subportadora piloto, y todas las subportadoras de (SMS).

Para este propósito el instrumento deberá cumplir con las previsiones del párrafo b de esta sección, excepto que las características de frecuencia no deberán tener más que 1 dB de diferencia para cualquier frecuencia 50 Hz y 75 kHz. La precisión de las lecturas en el porcentaje de modulación deberán mantenerse cuando la modulación consista completamente en señales estereofónicas compuestas (canal principal, subportadora piloto y subcanal estereofónico).

Las señales de izquierda a derecha que se usan para producir esta señal compuesta deben incluir tonos sinusoidales de 50 a 15000 Hz; el indicador de cresta también debe responder adecuadamente a los tonos de los grupos de ondas, a rangos de repetición de 1 a 10 grupos de ondas por segundo con la siguiente composición de los grupos:

10 ciclos consecutivos de una amplitud constante sinusoidal de 10000 Hz y 5 ciclos consecutivos de una amplitud constante sinusoidal de 1000 Hz, además, cada respuesta del indicador de cresta deberá persistir por un mínimo de 2 y un máximo de 4 seg y debe ser independiente de la dirección de desviación de frecuencia.

- e) Un instrumento para la medición individual de amplitudes de los canales estereofónicos de derecha y de izquierda. Para este propósito el instrumento debe tener, para todas las frecuencias en el rango de 50 a 15000 Hz:

Una característica de frecuencia que permita 1 dB de variación máxima.

Una distorsión armónica de 1% o menos.

Una capacidad de lectura para la separación de los canales estereofónicos, cuando menos de 35 dB con una precisión de ± 3 dB.

Un instrumento interno para asegurar la relación de fase adecuada que existe entre la portadora piloto de entrada a 19 kHz y la subportadora estereofónica generada en el monitor.

- f) Un instrumento para indicar con precisión la diafonía del canal principal y de la operación SMS en el subcanal estereofónico en el canal principal. (En operación estereofónica la operación SMS se considera de 59 a 75 kHz.) Para este propósito el monitor debe contar con:

- El medidor adecuado para indicaciones de relación de diafonía de a lo menos 70 dB.
- La característica de no sobrepasar en 46 dB la diafonía interna para cualquier señal del canal principal o para cualquier señal del subcanal estéreo que module a la portadora principal al 90%.
- La característica de no sobrepasar en 66 dB de diafonía interna (con respecto al 100% de modulación) para cualquier operación SMS de los 50 a los 75 KHz que module la portadora principal al 10%. La diafonía de la SMS se evaluará para la frecuencia del canal principal en la gama de 50 a 1500 Hz y para la subportadora estéreo en la gama de 2300 a 5300 Hz.
- g) Los requisitos de los incisos e y f de esta sección consideraran el uso de señales sinusoidales.
- h) Un instrumento que indique con precisión la supresión de la subportadora estéreo cuando menos de 46 dB con respecto al 100% de modulación de la portadora. El instrumento debe funcionar adecuadamente para el 90% de modulación del subcanal para las señales de 5000 a 15000 Hz.
- i) Cuando las señales se toman para medidores o monitores externos, deben tener todas las características estipuladas para los medidores internos y cualquier carga debida a circuitos externos no deberá afectar a la indicación del monitor.
- j) Las modulaciones del subcanal estéreo pueden ser parte de la modulación del canal principal; sin embargo, si se utiliza el cambio de frecuencia, el indicador de crestas de modulación total debe ser independiente de este cambio y producir una muestra continua de la modulación total.
- Monitor de audio.
- Será un aparato receptor de modulación en frecuencia del tipo común; el cual deberá ser compatible 100% con el sistema monoaural y estéreo.
- El aparato receptor estéreo estará equipado con un decodificador multiplex, el cual hará la separación de los dos canales.

B.7. Protección del equipo y del personal de operación.

B.7.1. Sistema de protección.

Para garantizar el funcionamiento correcto del equipo y proteger el personal de operación, se deberán satisfacer los requisitos que más adelante se mencionan, tomando en consideración los aspectos siguientes:

Protección para el personal que está encargado de la operación y conservación del equipo.

Protección para el equipo en el caso de que ocurran descompostura, interrupciones, sobrecarga, etcétera, en cualquiera de sus partes.

B.7.2. Protección para el personal.

El equipo empleado para el suministro de energía (planta propia, subestación, transformador simple, etcétera) debe llenar los requisitos de seguridad que establecen los Reglamentos de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Dirección General de Energía y Recursos Mineros.

El equipo transmisor deberá estar construido e instalado en tal forma, que todas las partes que los constituyen queden debidamente protegidas con bastidores, cubiertas, tableros o blindajes metálicos y conectados a tierra, a fin de que no existan partes o dispositivos que ofrezcan peligro por encontrarse al alcance del personal durante la operación o ajustes.

Quando por razones de construcción existan líneas expuestas de radiofrecuencia, corriente continua o alterna, deberán colocarse en forma tal que no puedan ser tocadas por el personal, protegiéndolas debidamente con aislantes, blindajes, etcétera, o proporcionándoles una altura adecuada dentro del edificio.

Las puertas que se usen para dar acceso al interior del equipo a fin de efectuar ajustes de sintonía, cambio de válvulas, etcétera, contarán con dispositivos que hagan que al abrirse se interrumpan las tensiones que sean peligrosas.

A fin de que durante la operación o el ajuste del transmisor el personal pueda darse cuenta de las tensiones aplicadas al equipo, serán necesario contar con los sistemas de señales convenientes tales como: lámparas piloto, timbres

de alarma, banderolas, etcétera, colocadas en los lugares en que existan probabilidades de peligro.

Los botones, mandos, palancas o dispositivos de arranque del equipo, deben estar centralizados, de preferencia en un tablero de control en el que estarán también los indicadores de tensión.

Los dispositivos de control tales como perillas, palancas, discos, etcétera, que tengan por objeto accionar partes del equipo en las que exista tensión, deberán estar conectados a tierra.

B.7.3. Protección para el equipo.

Con el objeto de impedir que las diferentes tensiones de operación del circuito que puedan aplicar, en forma simultánea al equipo, los sistemas de arranque (interruptores automáticos, arrancadores, etcétera) deberán conectarse constituyendo una secuencia inalterable cuyo orden sucesivo se determinará de acuerdo con las características del equipo.

A fin de evitar mayores daños al ocurrir fallas o interrupciones, todos los dispositivos de arranque deben contar con sistemas de interrupción automática adecuados, tales como relevadores de sobrecarga instantánea, interruptores térmicos o magnéticos, interruptor de no tensión, etcétera.

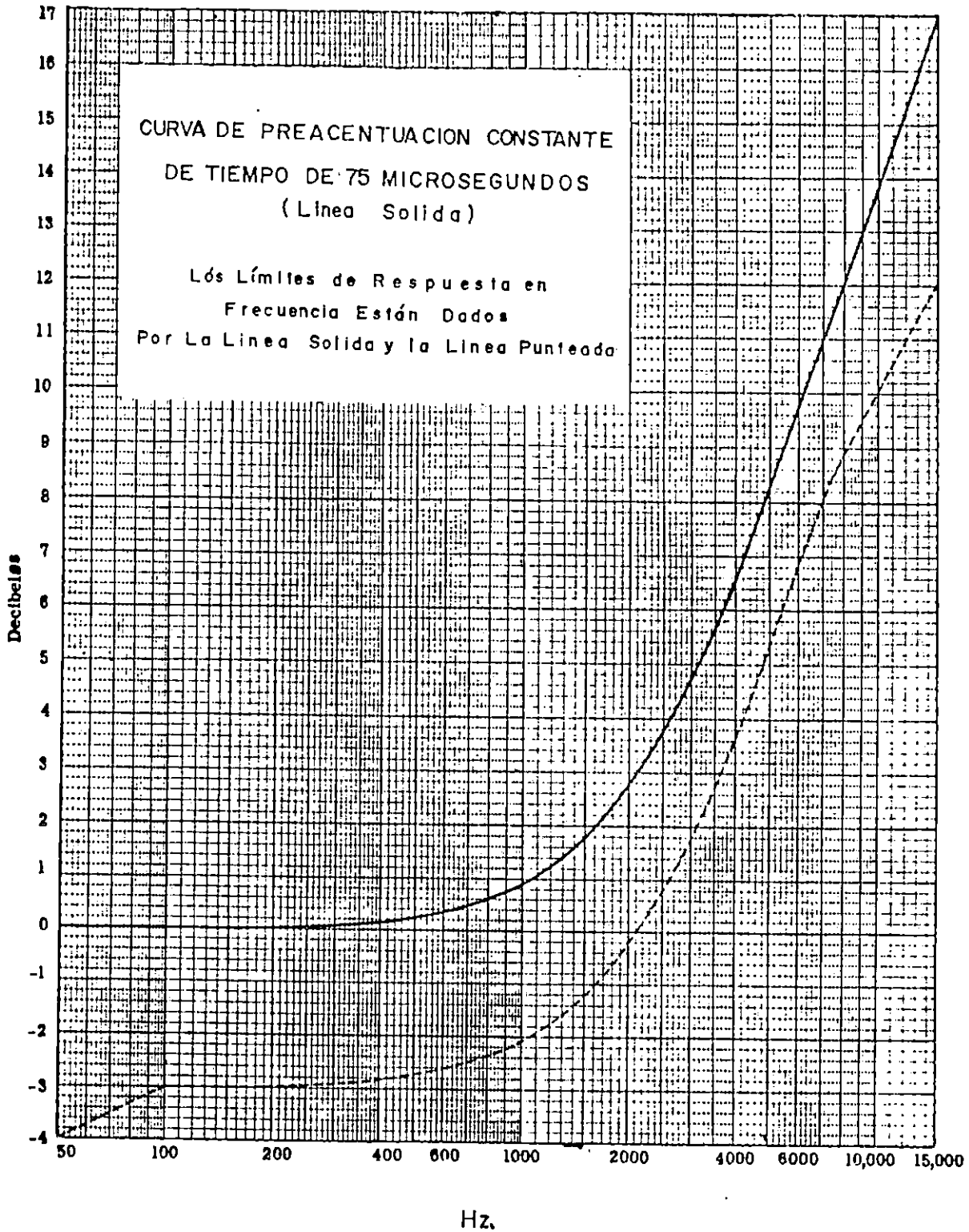


FIGURA B.1

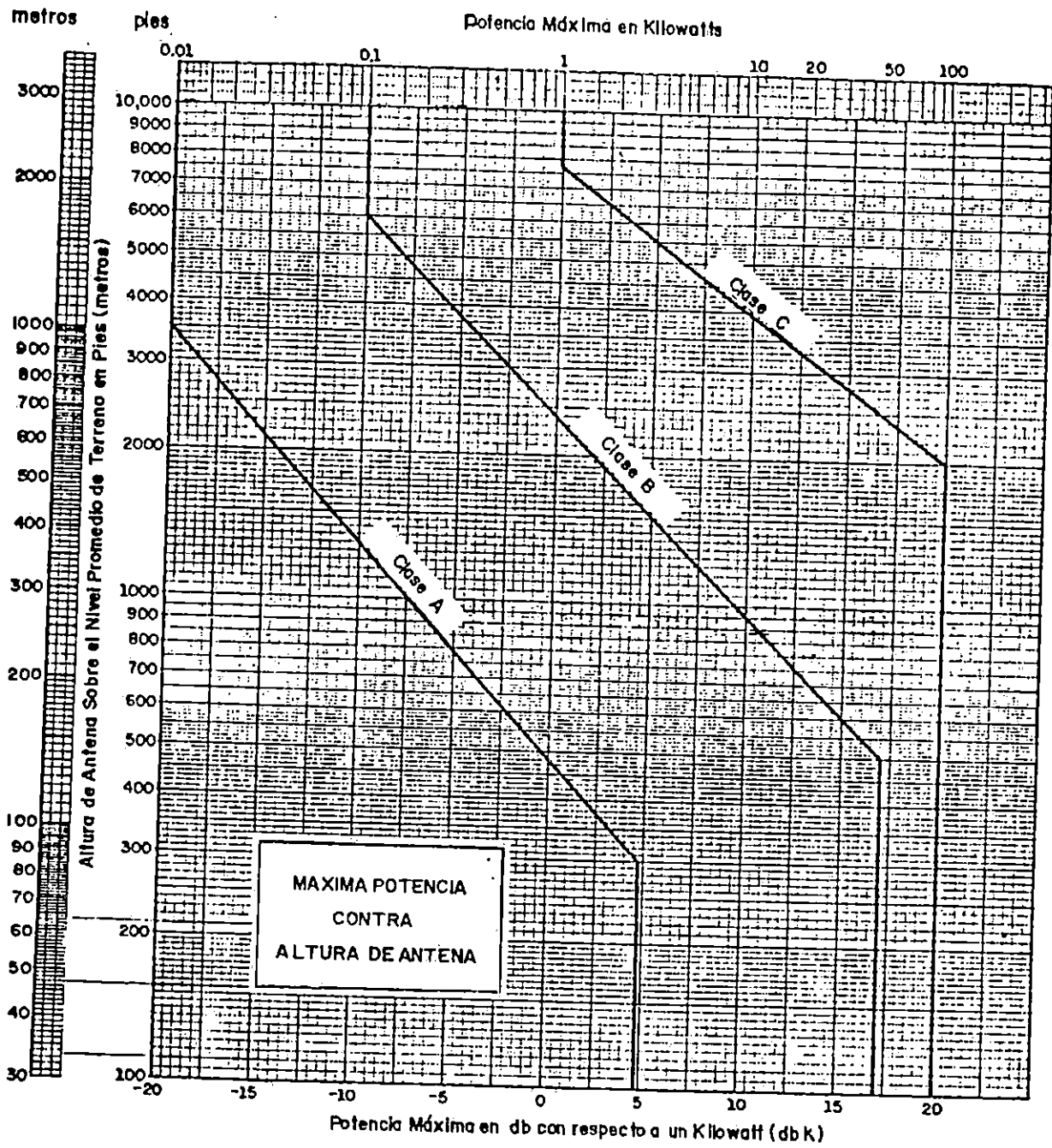
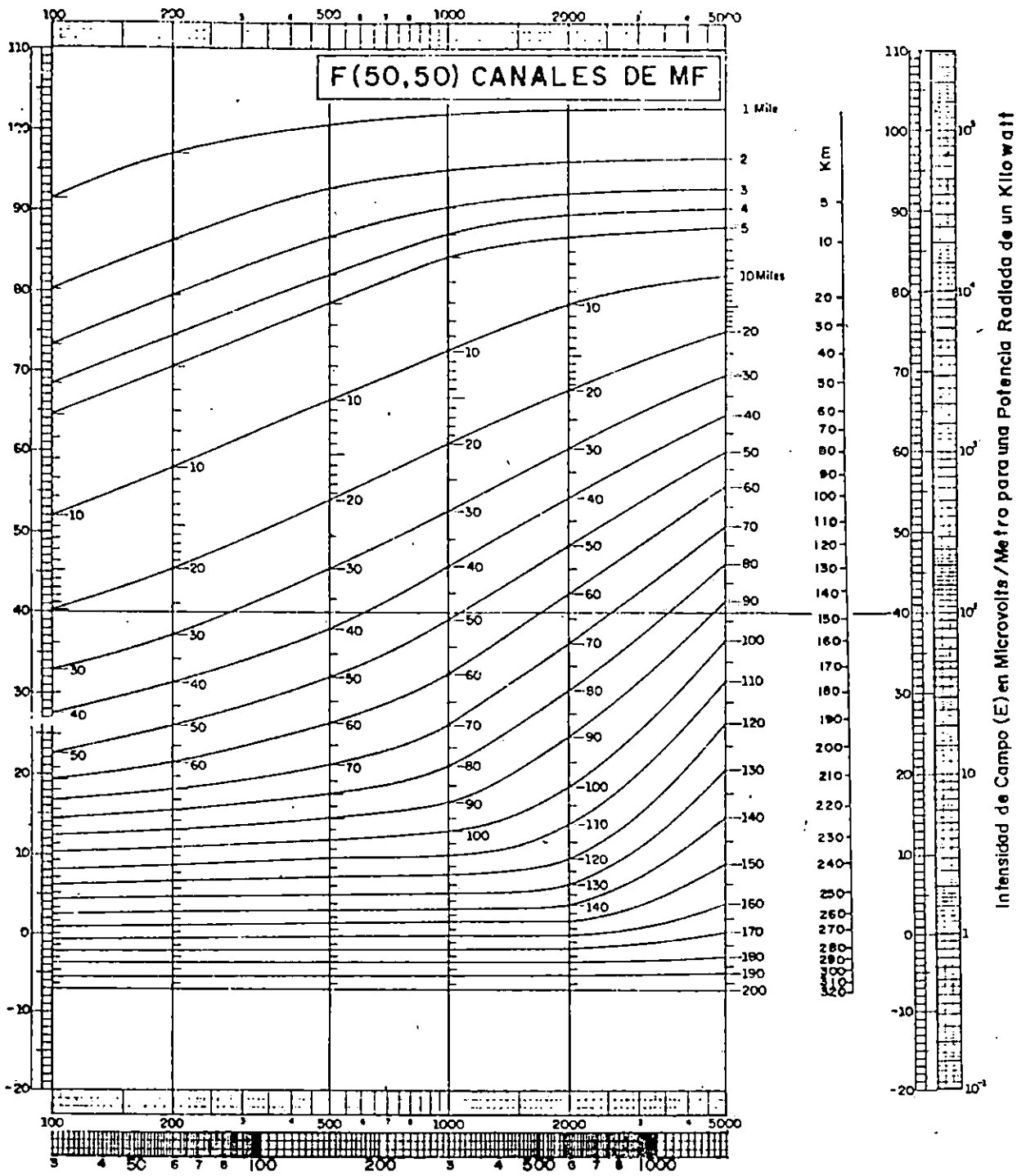


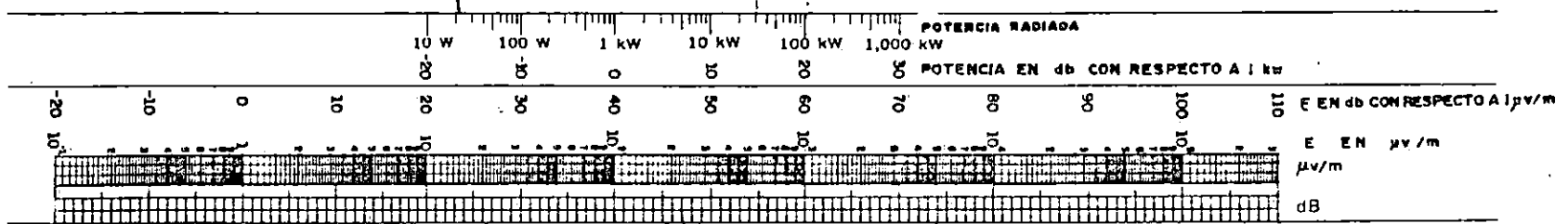
FIGURA B.2



altura de antena en metros y en pies

INTENSIDAD DE CAMPO PARA CANALES DE MF
 PREPONDERANTE EN UN 50% DE LOCALIZACIONES POTENCIALES
 DEL RECEPTOR EN AL MENOS 50 PORCIENTO DEL T I E M P O
 PARA UNA ALTURA DE LA ANTENA RECEPTORA DE 30 PIES
 (9.14 metros)

FIGURA B.3

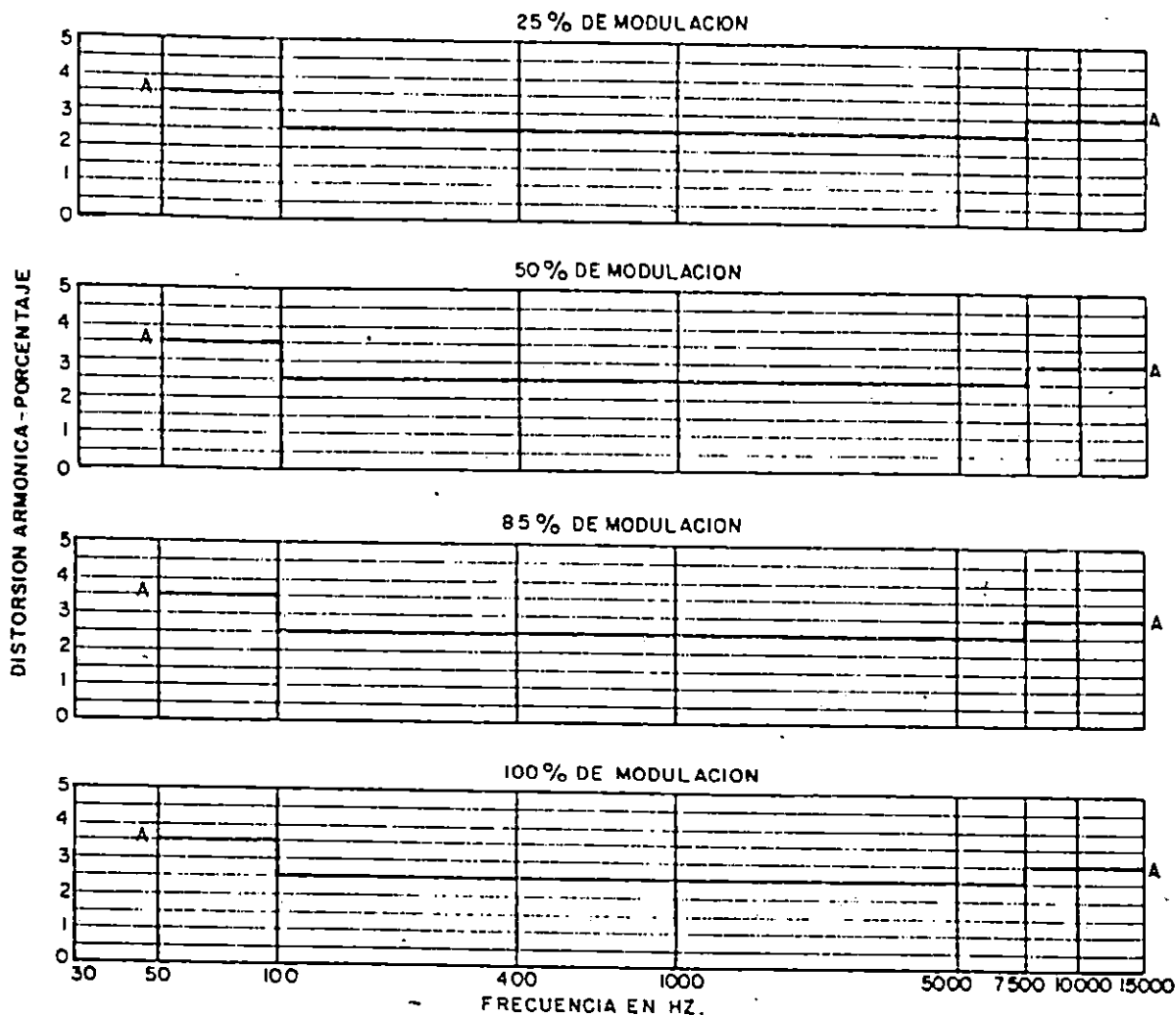


Escala deslizable para usarse con el anexo 4

FIGURA B.4

DISTORSION ARMONICA DE AUDIOFRECUENCIA PARA TRANSMISORES MODULADOS EN FRECUENCIA

MODULACION	50 HZ	100 HZ	400 HZ	1000 HZ	5000 HZ	10000 HZ	15000 HZ
25 %							
50 %							
85 %							
100 %							



A - Límites permitidos en la distorsión armónica total

Est. _____	Frec. _____	Fecha _____
Lugar _____	Parito. _____	

FIGURA B.5

DATOS SOBRE LA RESPUESTA TOTAL DE AUDIO Y NIVEL DE RUIDO DE SALIDA

PARA TRANSMISORES MODULADOS EN FRECUENCIA

25% DE MODULACION

	30 HZ	50 HZ	100 HZ	400HZ	1000 HZ	5000HZ	10 000HZ	15 000HZ
LECTURA DEL ATE- NUADOR EN dB								
CONSTANTE*								
RESPUESTA EN FRECUENCIA								

50% DE MODULACION

	30 HZ	50 HZ	100 HZ	400 HZ	1000 HZ	5000 HZ	10 000HZ	15 000 HZ
LECTURA DEL ATE- NUADOR EN dB								
CONSTANTE*								
RESPUESTA EN FRECUENCIA								

85% DE MODULACION

	30 HZ	50 HZ	100 HZ	400 HZ	1000 HZ	5000 HZ	10 000HZ	15 000HZ
LECTURA DEL ATE- NUADOR EN dB								
CONSTANTE*								
RESPUESTA EN FRECUENCIA								

100% DE MODULACION

	30 HZ	50 HZ	100 HZ	400 HZ	1000 HZ	5000 HZ	10000 HZ	15 000 HZ
LECTURA DEL ATE- NUADOR EN dB								
CONSTANTE*								
RESPUESTA EN FRECUENCIA								

* Sume o reste una constante arbitraria para mover la curva de respuesta dentro de la tolerancia.

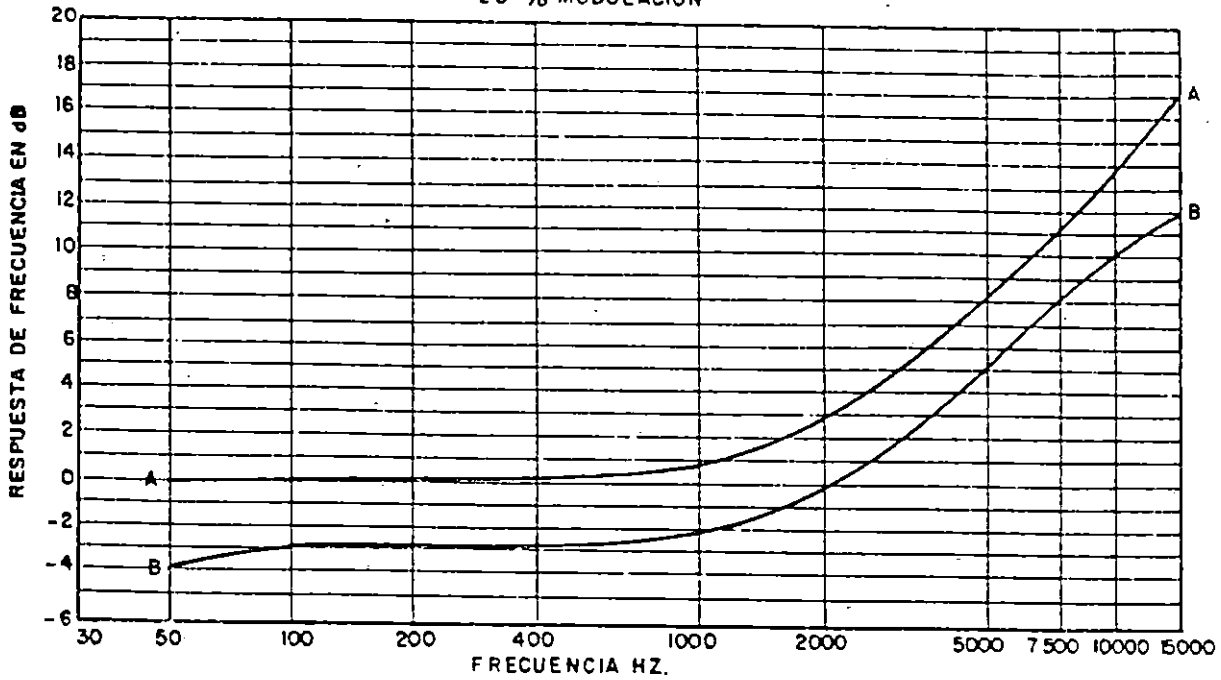
(MF) Nivel de ruido de salida dB abajo de 100% de modulación (± 75 KHz en MF o 400 KHz)

(MA) Nivel de ruido de salida dB abajo de 100% de modulación (en MA o 400 Hz).

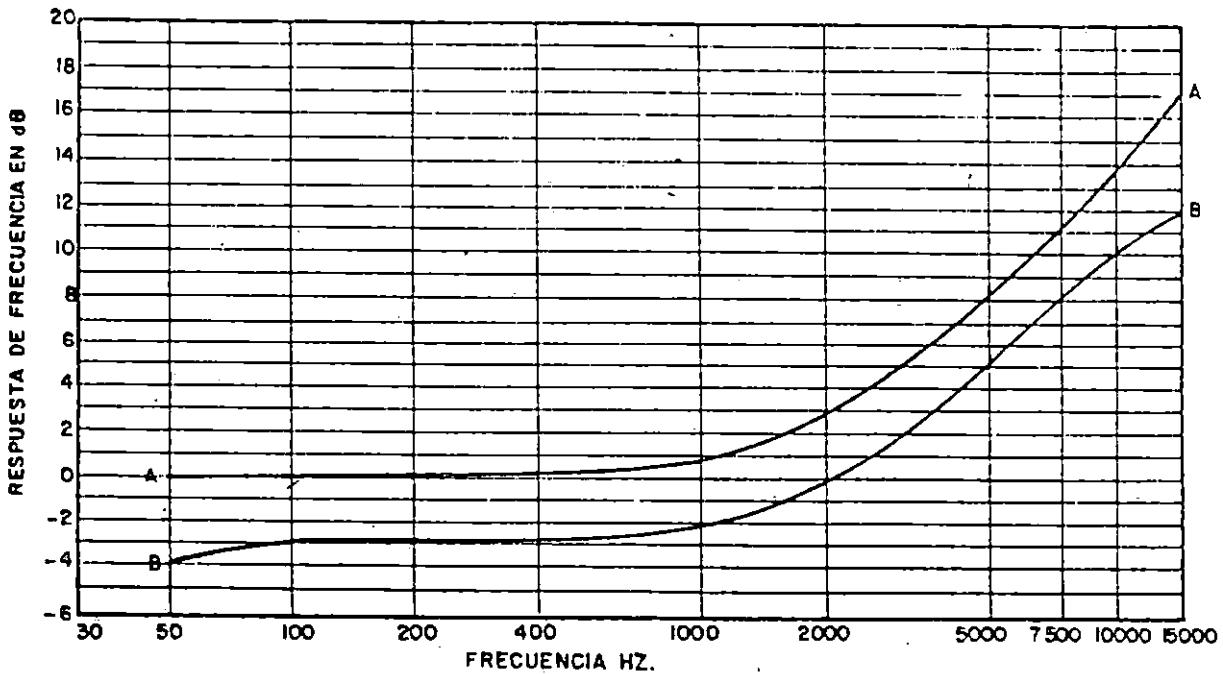
Est.	Frec.	Fecha.
Lugar.	Perito.	

FIGURA B.6A

GRAFICAS DE RESPUESTA TOTAL DE AUDIOFRECUENCIA PARA TRANSMISORES MODULADOS EN FRECUENCIA 25 % MODULACION



50% MODULACION



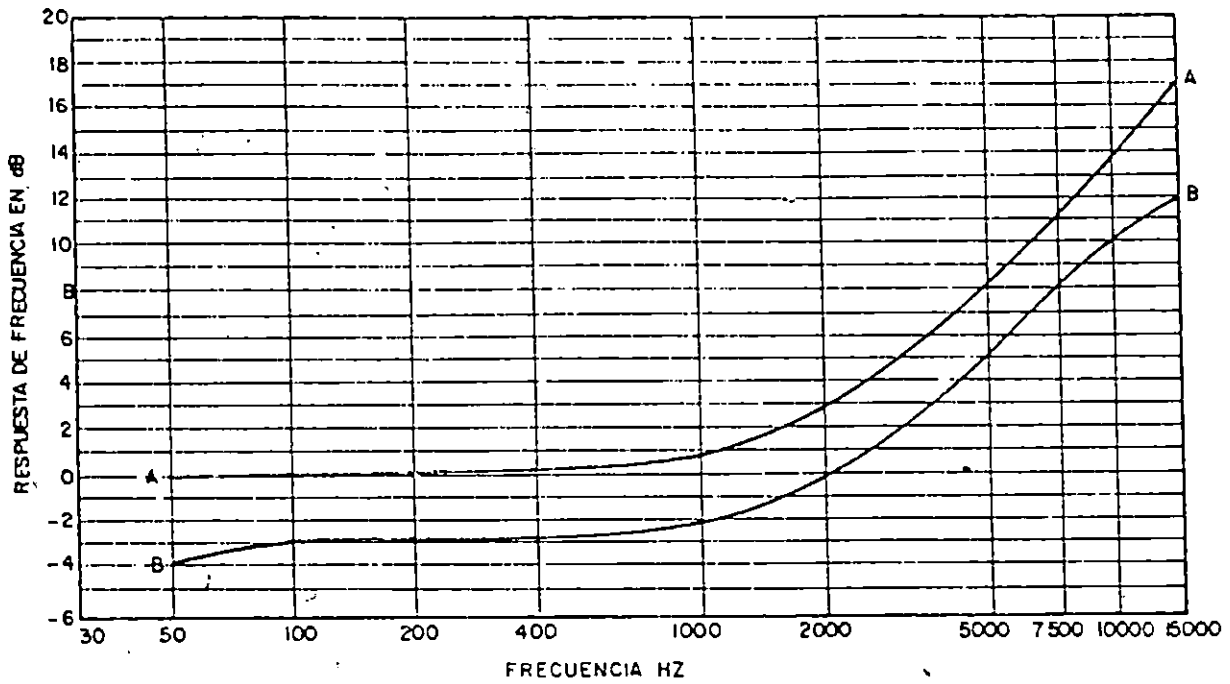
A - B Límites de respuesta total del sistema

Est. _____	Frec. _____	Fecha. _____
Lugar _____	Parito _____	_____

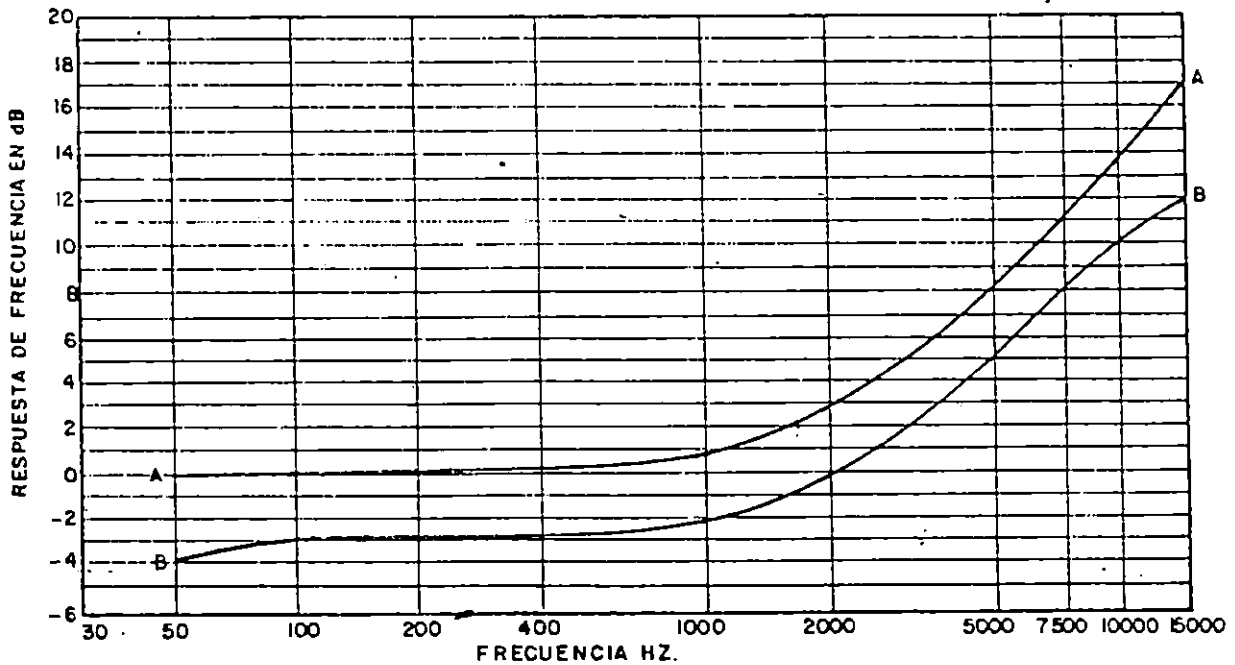
FIGURA B.6B

GRAFICAS DE RESPUESTA TOTAL DE AUDIOFRECUENCIA PARA TRANSMISORES MODULADOS EN FRECUENCIA

85 % MODULACION



100 % MODULACION



A - B Límites de respuesta total del sistema,

Est. _____	Frec. _____	Fecha. _____
Lugar. _____	Perito. _____	

FIGURA B.6C

ANEXO C

NORMAS TECNICAS PARA ESTACIONES DE
RADIODIFUSION TELEVISIVA EN LA BANDA DE
54 A 88 MHz Y DE 174 A 216 MHz

ANEXO C

NORMAS TECNICAS PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSION TELEVISIVA EN LA BANDA DE 54 A 88 MHz Y DE 174 A 216 MHz.

C.1. Definiciones

Altura del sistema irradiante sobre el nivel promedio del terreno: Es la cota del centro geométrico del sistema, medido a partir del nivel medio del terreno.

Area de servicio: Es el área limitada de un lugar geométrico por puntos de un predeterminado valor de intensidad de campo.

Area de servicio primaria : Es aquella limitada por el contorno 1.

Area de servicio urbana : Es aquella limitada por el contorno 2.

Area de servicio rural : Es aquella comprendida entre el contorno 2 y el contorno 3.

Canal de televisión : Es el rango de frecuencias de 6 MHz. de ancho destinado a la radiodifusión de televisión, designado por valores de frecuencias limite inferior y limite superior.

Capacidad de modulación (transmisión de sonido). Es el porcentaje de modulación máxima que puede ser emitida, sin exceder una distorsión predeterminada.

Característica de amplitud-frecuencia (respuesta de frecuencia): Es la representación de la relación entre la amplitud de la tensión de salida y entrada de una señal senoidal aplicada a una estructura de 4 terminales, en función de la frecuencia de la señal.

Característica fase-frecuencia: Es la representación de fase de la salida de un transmisor, en relación a la fase de entrada, cuando varia la frecuencia de una señal.

Contorno: Es el lugar geométrico definido por los puntos donde la intensidad de la señal es igual a un valor precisamente determinado.

Contorno protegido: Es el contorno F(50,50) cuya intensidad de campo es tomada como referencia se señal deseada, con lo cual se asegura la relación mínima señal deseada/señal interferente, estipulada ará este servicio.

Contorno interferente: Es el contorno f(50,10) cuya intensidad de campo es obtenida en relación mínima deseada/señal interferente estipulada para este servicio, o de valor de contorno protegido F(50,50).

Contorno 1: Es el lugar geométrico de puntos donde la intensidad de campo es

CANAL			INTENSIDAD
2	a	6	74 dBu
7	a	13	77 dBu

Contorno 2: El lugar geométrico de puntos donde la intensidad de campo es :

CANAL			INTENSIDAD
2	a	6	68 dBu
7	a	13	71 dBu

Contorno 3: El lugar geométrico de puntos donde la intensidad de campo es :

CANAL			INTENSIDAD
2	a	6	54 dBu
7	a	13	60 dBu

Contraste: Es la intensidad entre los valores máximos y mínimos de brillo de la imagen.

Colores primarios: Son los colores a partir de los cuales pueden ser producidos otros, en Televisión Cromática utilizan como los colores primarios el Rojo, Verde y Azul.

dBk : Es la unidad usada para expresar la potencia en dB con relación a 1 kW.

dBm : Es la unidad usada para expresar la potencia en dB con relación a 1 mW.

dBu : Es la unidad usada para expresar la potencia en dB con relación a 1 mW.

Desviación de frecuencia: Es la variación instantánea de frecuencia de portadora de señal de video con relación a su frecuencia fundamental.

Diagrama de radiación de antena (en el espacio libre): Es el diagrama polar de intensidad de campo, que radia una antena en el espacio libre, en una dirección fija que pase por el centro de radiación de la antena.

Estación de radiodifusión televisión: Es todo tipo de transmisor que emite simultáneamente señales de imagen y sonido, destinadas a ser recibidas por el público en general.

Estación de televisión: Es el conjunto de equipos electrónicos que una vez instalados y en operación son capaces de transmitir imágenes y sonido de programas generados en un estudio de transmisión o retransmitidos de otras fuentes.

C.2. Criterios técnicos.

C.2.1. Características de las emisoras.

Toda emisora destinada para transmisión de imágenes y sonido (Televisión) puede clasificarse de acuerdo a su valor máximo de potencia efectiva radiada (ERP) tal como se muestra en la tabla C-1. En todos los casos la altura del antena sobre el nivel medio del terreno se considera como 150 Mts.

Tabla C-1.

CLASE	CANAL	MAXIMA POTENCIA (ERP)	ALTURA DE ANTENA
A	2 a 6	10.0 KW. (10 dBk)	150 M.
	7 a 13	31.6 KW. (15 dBk)	150 M.
B	2 a 6	1.00 KW. (0 dBk)	150 M.
	7 a 13	3.16 KW. (5 dBk)	150 M.

Toda señal irradiada deberá tener en principio polarización horizontal, en casos especiales o a criterio del organismo encargado de normalizar este servicio, deberá ser adoptado polarización vertical o circular.

No se permitirá la instalación de antenas transmisoras con alturas superiores a las estipuladas anteriormente, en todo caso será obligatorio la reducción de la potencia efectiva radiada, como lo revisto en el párrafo anterior, en las localidades donde exista otras estaciones operando. Con el propósito de evitar cualquier interferencia, en tal caso el contorno 2 de la nueva estación podrá ser de un valor no superior al de la emisora ya existente.

C.2.2. Patrones de atribución.

La atribución de canales de televisión en frecuencias muy altas (VHF) o servicio de Radiodifusión Televisión en VHF, ha sido destinada para 12 canales de 6 MHz. de ancho cada uno, tal como se muestra en la Tabla C-2.

Tabla C-2. Atribución de canales de televisión en VHF.

CANAL	BANDA (MHz)	FRECUENCIA DE PORTADORA (MHz)	
		VIDEO	AUDIO
2	54 - 60	53.250	59.750
3	60 - 66	61.250	65.750
4	66 - 72	66.250	71.750
5	76 - 82	77.250	81.750
6	82 - 88	83.250	87.750
7	174 - 180	175.250	179.750
8	180 - 186	181.250	185.750
9	186 - 192	187.250	191.750
10	192 - 198	193.250	197.750
11	198 - 204	199.250	201.750
12	204 - 210	205.250	209.750
13	210 - 216	211.250	215.750

C.2.3. Patrones de transmisión.

Los patrones de transmisión definen las señales irradiadas por los transmisores de televisión. En él se pueden observar las características técnicas de modulación, exploración de imagen, sincronización así como también las características

de transmisión monocromática y cromática.

Tabla C-3. Patrón para televisión monocromática (blanco y negro) características de señal de video.

NUMERO DE LINEAS POR CUADRO	625
NUMERO DE CAMPOS POR SEGUNDO	60
RELACION DE ENTRELAZAMIENTO	2/1
NÚMERO DE CUADROS POR SEGUNDO	30
NUMERO DE LINEAS POR SEGUNDO	15.750
SECUENCIA DE EXPLORACION	DE IZQUIERDA A DERECHA Y DE ARRIBA PARA ABAJO.
VALOR APROXIMADO DE GAMA	0.45
ANCHO DE LA BANDA DE VIDEO	4.2 MHz

Tabla C-4. Características de radio-frecuencia

ANCHO DEL CANAL	6.0 MHz
PORTADORA DE SONIDO CON RELACION A LA DE VIDEO	+4.5 MHz
DISTANCIA DEL LIMITE INFERIOR A LA PORTADORA DE VIDEO	+1.25 MHz
ANCHO NOMINAL DE LA PORTADORA LATERAL PRINCIPAL	4.2 MHz
ANCHO NOMINAL DE LA PORTADORA LATERAL RESIDUAL	0.75 MHz
ATENUACION MINIMA DE LA PORTADORA LATERAL RESIDUAL	20dB(-1.25 MHz) 42dB(-3.58 MHz)
TIPO DE POLARIZACION DE LA MODULACION DE VIDEO	A 5 C NEGATIVA
NIVEL DE SINCRONISMO EN PORCENTAJE DE PICO DE LA PORTADORA	100 %
TIPO DE MODULACION DEL AUDIO	F3, 25.00 KH
RELACION ENTRE LA POTENCIA EFECTIVA RADIADA DE VIDEO Y AUDIO	DE 5/1 a 10/1

Tabla C-5. Características de sincronismo

PERIODO DE LINEA	H	63.5 uS
APAGAMIENTO HORIZONTAL	0.160 a 0.18 H	10.2 a 11.4 uS
PULSO DE SINCRONISMO		
HORIZONTAL DURACION DE LA PRIMERA SECUENCIA DE PULSOS ECUALIZADORES	0.066 a 0.09 H	4.9 a 5.7 uS
DURACION DE LA 1a. SECUENCIA DE PULSOS ECUALIZADORES	3 H	0.19 mS
DURACION DEL TREN DE IMPULSOS DE SINCRONISMO VERTICAL	3 H	0.19 mS
DURACION DE LA 2a. SECUENCIA DE PULSOS ECUALIZADORES	3 H	0.19 mS
DURACION DEL PULSO ECUALIZADOR	0.036 a 0.04 H	2.29 a 2.54 uS
DURACION DE CADA PULSO CONSTITUYENTE DE PULSO VERTICAL	0.416 a 0.44 h	26.4 a 28 uS

SISTEMA CROMATICO (TODOS COLORES)

LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA CROMATICO SON LAS MISMAS DEL SISTEMA MONOCROMATICO A EXCEPCION DE LAS ESPECIFICADAS EN LA SIGUIENTE TABLA

Tabla C-6

FRECUENCIA DE SUBPORTADORA DE COLOR	F: 3575611.49 MHz + 0.6 MHz
BANDAS LATERALES DE LA SUBPORTADORA DE COLOR MODULADA	F: NOMINAL - 1.3 MHz
SINCRONISMO DEL COLOR	9 Hz. 1Hz. (2.52us-28us)
INICIO	5.8us 0.1 DESPUES DEL PULSO ANTERIOR DE SINCRONISMO
VALOR DE PICO A PICO	3/7 DE DIFERENCIA ENTRE EL NIVEL BLANCO DE APAGAMIENTO
1o Y 2o CAMPO	LINEAS PARES :-135o
3o Y 4o CAMPO	LINEAS IMPARES:+135o
TOLERANCIA DE FASE	LINEAS PARES:+135o
FRECUENCIA DE LINEA	LINEAS IMPARES:-135o
CROMATICIDAD DE COLORES PRIMARIOS	1o F: 4F/909
	ROJO (X:0.67 Y:0.33)
	VERDE(X:0.21 Y:0.71)
	AZUL (X:0.14 Y:0.08)

C.3. Protección e interferencia.

La intensidad de campo mínima a proteger dependerá de la banda de frecuencia de operación del sistema Emisor y los valores especificados en la tabla.

Serán adoptados las relaciones de protección entre la señal deseada y señal interferente.

Siendo el desplazamiento o variación de frecuencia para la portadora de video de $\pm 2/3$ de la frecuencia fundamental, y una tolerancia de frecuencia para video y audio de $\pm 1000\text{Hz}$.

Tabla C-7. Relación de potencia

CANAL	dB
CO-CANAL (Con desplazamiento de f)	+ 28
CO-CANAL (Sin desplazamiento de f)	+ 45
Adyacente Inferior	- 6
Adyacente Superior	- 12

CO-CANAL : Canal compartido o canal común.

La fig. C-1 F(50,50) muestra distintas curvas para calculo de contorno interferentes, para una potencia de 1 Kw de radio efectivo.

Se han establecido valores de contorno interferentes los cuales deberán ser considerados para cálculo, esto se muestra en la Tabla C-8.

Tabla C-8.

CANAL	2 A 6		
	CONTORNO PROTEGIDO F(50,50) EN dBu	58	
CONTORNO INTERFERENTE F(50,50) EN dBu	CO-CANAL		CANAL ADYACENTE
	Con despl.	Sin despl.	
	30	13	64

C.4. Calculo de áreas de servicio.

La intensidad de campo requerida, para proveer el servicio de televisión está definida de la siguiente manera, pruebas de recepción para conocer características tales como sensibilidad y selectividad.

El servicio para localización particular, se dice que es satisfactorio en el mínimo campo requerido F' como sobredeterminación, si algún porcentaje de tiempo T es excedido tal como el 90%. Esto puede proveer el mínimo campo, para demostrar el porcentaje de tiempo $F'(T)$ es dado por la ecuación:

$$F'(T) = F'(T=50) + N'(T) \quad (C.1)$$

donde $N'(T)$ es el factor de distribución de tiempo en dB para T en % de tiempo. Este factor es asumido independientemente de la localización, tal que la ecuación anterior puede ser escrita:

$$F'(L<T) = F(L<50) + N'(T) \quad y \quad (C.2)$$
$$F'(50,10) = F(50,50) + N(T=10)$$

Así $N'(T=10)$ puede ser determinada para varias frecuencias y alturas de antenas usando el valor apropiado de la curva $F(50,10)$ mostrado en la fig. C-2. y para las curvas $F(50,50)$ mostrada en la fig. C-1. la distribución de intensidad de campo para propagación vía tropósfera, tiene grandes variaciones para cortos periodos de tiempo, para los cuales las características de la tropósfera no varían materialmente y la variación de a onda interferente varía muy poco, la distribución mostrada por la curva R de la fig. C-3.

Para grandes periodos de tiempo de distribución de valores instantáneas y horarios medianos, asume formas complejas como es característico en la curva T de la fig. C-3. Como la intensidad de campo para los cuales la curva fué construida tiene contribuciones para varios modos de propagación, y considerando que la curva depende de varios parámetros como frecuencia, altura de la antena transmisora, localización de los receptores, etc. Una distribución logarítmica normal puede ser usada para propósitos de estimación de servicio e interferencia. Así $N'(T)$ para otros valores de T como 10% puede ser aproximado por la fórmula:

$$N'(t) = N'(t=10)N(t)/N(t=10) \quad (C.3)$$

El porcentaje de localización L o el porcentaje de probabilidad de L que el campo recibido $F'(L,T)$ excederá el porcentaje de campo requerido $F'(T)$ para una localización en un área particular, puede ser determinado por la fórmula :

$$N'(L) = F'(L,T) - P' - F'(50,50) - N'(T) \quad (C.4)$$

donde $N'(L)$ es el factor de localización en dB para porcentaje de L o porcentaje de probabilidad de L para una localización en particular.

Para canales de televisión en VHF (2 a 13), $N'(L)$ es igual a 0.53 veces los valores dados por la curva normal de probabilidad normal N de la fig. C-3 ó $N'(L)=0.53N(L)$.

$F'(L,T)$ es la mínima intensidad de campo en dBu, esperado para el mejor porcentaje de L de localizaciones para el más bajo porcentaje de tiempo T.

P' es la potencia efectiva radiada en dB para 1Kw radiado por un dipolo de 1/2 onda.

$F(50,50)$ es el valor medio de intensidad de campo en dBu para una potencia efectiva radiada de 0 dBk para el área en cuestión, como el tomado en la fig. C-1 para una apropiada frecuencia, distancia y altura de la antena transmisora.

Los puntos que no se encuentran directamente en la gráfica, podrán ser interpolados entre las curvas que aparecen en los respectivos gráficos.

Se han establecido áreas de servicio relacionadas, limitadas por los contornos de intensidad de campo $F(50,50)$ en dBu:

- a) Areas de servicio primaria: limitada por el contorno 1
- b) Area de servicio Urbano: limitada por el contorno 1
- c) Area de servicio rural: comprendida entre los contornos 2 y 3.

para determinar la distancia de los contornos de áreas de servicio hará falta conocer la utilización de las curvas de intensidad de campo $F(50,50)$, las cuales están en función de las altura de la antena sobre el nivel promedio del terreno correspondiente al radial que interese. Dichas curvas se basan en una potencia efectiva de 1 kW, irradiada por un dipolo de media onda en el espacio libre, produciendo una intensidad de campo a 1 km. de distancia de 107 dBu (224 mV/m).

Cuando se desea calcular la distancia de los contornos

Las áreas de servicio están delimitadas por los contornos de 74 dbu, 68 dbu y 54 dbu, estos contornos se calculan usando la curva $F(50,50)$ de la fig. C-1 y se denominan contorno 1, contorno 2 y contorno 3. El contorno 1 indica solamente la extensión aproximada de cobertura sobre terreno promedio en ausencia de interferencias; el contorno 2 abarca por lo menos el 90% de la población urbana de la o las localidades a servir y el contorno 3 o de 54 dbu, la extensión aproximada del área rural que podría servirse con esa potencia. Bajo condiciones reales, la verdadera cobertura puede variar considerablemente de los valores estimados, ya que el terreno sobre cualquier trayectoria regularmente difiere del terreno promedio sobre el cual se basó el cálculo, usando la curva $F(50,50)$.

C.4.1. Procedimiento para pronosticar áreas de servicio.

(c) En los casos donde fueren utilizados sistemas irradiantes con alturas inferiores a 300 mts.

b) Cuando la ocurrencia presentada en el literal anterior suceda solo en ciertas longitudes del contorno 3, se considerará únicamente en las partes donde toque territorio propio.

a) Cuando los radiales se entiendan totalmente a través de grandes masas de agua (océanos, golfos, lagos, bahías, etc.) y el contorno # se extienda fuera del país, no será considerado.

El cálculo del nivel promedio del terreno deberá seguir las siguientes consideraciones:

Cuando un diagrama de radiación es directo el cálculo del nivel medio del terreno deberá considerarse únicamente el área que interese, en esos casos los radiales estarán espaciados a un valor máximo de 3000.

El nivel medio del terreno o media aritmética de los niveles medios de cada radial, deben ser tomados por lo menos 8 radiales a partir de la ubicación de la antena, considerándose distancias comprendidas de 3 a 15 km. Los radiales deben ser tomados con espaciamiento de 450 entre sí, comenzando siempre en la dirección del norte verdadero, un radial extra deberá ser levantado de manera que cubra el área de servicio primario de la localidad a servir, éste no será tomado en cuenta en el cálculo de la altura promedio.

Para la potencias superiores a 1 kW basta restar tantos dB al contorno procurado de acuerdo a la potencia requerida.

C.4.2. Uso de las curvas F(50,50).

Para efectuar un cálculos de áreas de servicio con una potencia distinta de 1 KW, se transforma la potencia utilizada de KW a dBK, y el valor obtenido tomando en cuenta la ganancia de la antena y pérdida en el cable. Se le resta al valor del contorno que se necesita verificar, se traza una curva horizontal como base ara efectuar el cálculo y luego se plotea la altura del contorno de radiación de la antena, en la gráfica F(50,50) (superior e inferior), hasta donde corte la línea horizontal previamente marcada, se prolonga la forma de la curva hasta el límite derecho de está, donde se lee la distancia que cubre en millas.

C.4.3. Altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel de terreno promedio.

Para determinar el nivel promedio de las alturas del terreno sobre el nivel del mar, se emplean las elevaciones entre 3 y 16 km a partir del sistema radiador, para lo cual se trazan los perfiles, cuando menos de ocho radiales del sistema radiador y extendiéndose hasta 16 km de el.

Los radiales se especifican a cada 45 grados de acimut, empezando desde el norte geográfico.

Cuando sea posible, deberán trazarse siguiendo la dirección de los caminos, carreteras o vías de ferrocarril, facilitando con esto la obtención de datos topográficos.

Cuando menos uno de los radiales debe incluir la ciudad principal por servir, aun cuando ésta se encuentre más allá de los 16 km de distancia al sistema radiador. Sin embargo, en el caso de que ninguno de los radiales uniformemente espaciados cruce la ciudad principal por servir, deben trazarse radiales adicionales para cubrir este requisito, estos no deben tomar en cuenta al calcular la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del terreno promedio. Sin embargo, cuando el contorno de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ es tal que no abarca extensiones dentro del país y si parte del total entre los 3 y los 16 km del radial se extienden sobre grandes extensiones cubiertas por agua o sobre territorios extranjeros, ara el cálculo del nivel promedio del terreno, se deben omitir totalmente estos radiales o, cuando sólo una arte entre los 3 y 16 km del radial se extiende sobre grandes extensiones cubiertas por agua o sobre territorios extranjeros, solamente se usará para el cálculo del nivel promedio del terreno la arte radial comprendida entre los 3 km y el unto más alejado del sistema dentro de los límites

del país.

C.4.5. Trazos de perfiles.

Para el trazo del perfil de cada radial se deben tomar los datos de elevación en mapas que contengan curvas de nivel equidistantes, no más de 200 mts y a una escala no mayor de 1:500,00. Estos mapas deberán abarcar la ciudad o ciudades principales por servir.

Cuando el terreno sea plano o de poca pendiente podrán tomarse alturas a cada 1,000 mts de distancia.

Los perfiles deben indicar con exactitud la orografía de cada radial y trazarse tomando como abcisas las distancias en km y como ordenadas las alturas en metros sobre el nivel del mar. La altura promedio de la distancia de 13 km contados a partir del lugar destinado para el sistema radiador, se debe determinar de los perfiles de cada uno de los radiales. Esto puede obtenerse promediando un número de puntos uniformemente espaciados, usándose un planímetro o calculando la altura media por sectores promediando estos valores.

En caso de que sólo se disponga de información orográfica muy limitada, se puede emplear un altímetro montado en un automóvil moviéndose sobre caminos que se extiendan radialmente desde el lugar del transmisor.

C.4.6. Ejemplo de calculo práctico.

Se necesita verificar los contornos 1, 2, y 3, plasmarlos en un mapa para el canal 6 de televisión, siendo los datos más importantes los siguientes:

Potencia efectiva del transmisor	=	10 kw
Ganancia de antena	=	8 dB
Pérdida consideradas	=	3 dB
Ubicación del transmisor	=	89 W 16' 40"-13 N 45' (Boquerón del volcán San Salvador)
Altura	=	1750 mts
Frecuencia del canal	=	82 a 88 MHz
Contorno 1	=	74 dBu
Contorno 2	=	68 dBu
Contorno 3	=	54 dBu

Procedimiento

1- En un mapa que disponga de curvas topográficas a nivel, a una distancia máxima de 20 km del punto de transmisión, se distribuirán como mínimo 8 radiales partiendo cada uno del foco de emisión.

2- A cada radial se le elaborará un perfil topográfico, tomando en este caso longitudes máximas de 1 K=km, los cuales se plotearán para generar una gráfica, además se obtendrá la altura promedio para cada uno de los perfiles.

3- Obtener la altura promedio del centro de radiación de la antena, tal como sigue:

$H' = H \text{ real de la antena} - H \text{ promedio de cada radial}$

4- Con este valor de altura y la potencia de dBu corregida, como sigue:

$P \text{ corr.} = \text{Contorno a verificar (dBu)} - P \text{ efec. de salida}$

donde :

$P \text{ efec} = \text{Potencia del trans. (dBk)} + G \text{ antena} - \text{Pérdidas}$

entramos a la curva fig C-1, F(50,50), y encontramos la máxima distancia que cubre tal contorno.

Calculo de datos

Potencia del transmisor en dBk:

$$10 \text{ Kw} = 10 \text{ dBk}$$

$$P \text{ (dBK)} = 10 \log (10 \text{ Kw} / 1\text{Kw})$$

$$P \text{ efec} = 10 + 8 - 3 = 15 \text{ dBk}$$

Corrección de valor a leer en la curva (contorno 1, 2 y 3)

$$P \text{ corr. (3)} = 54 - 15 = 39 \text{ dBu}$$

$$P \text{ corr. (2)} = 68 - 15 = 53 \text{ dBu}$$

$$P \text{ corr. (1)} = 74 - 15 = 59 \text{ dBu}$$

Calculo de alturas promedio

H prom. = Sumatoria de alturas de cada distancia comprendida de 3 a 16 kms dividido por el número de muestras.

En la Tabla siguiente se detallan para cada uno de los radiales las alturas promedio, así como también las alturas del centro de radiación de la antena.

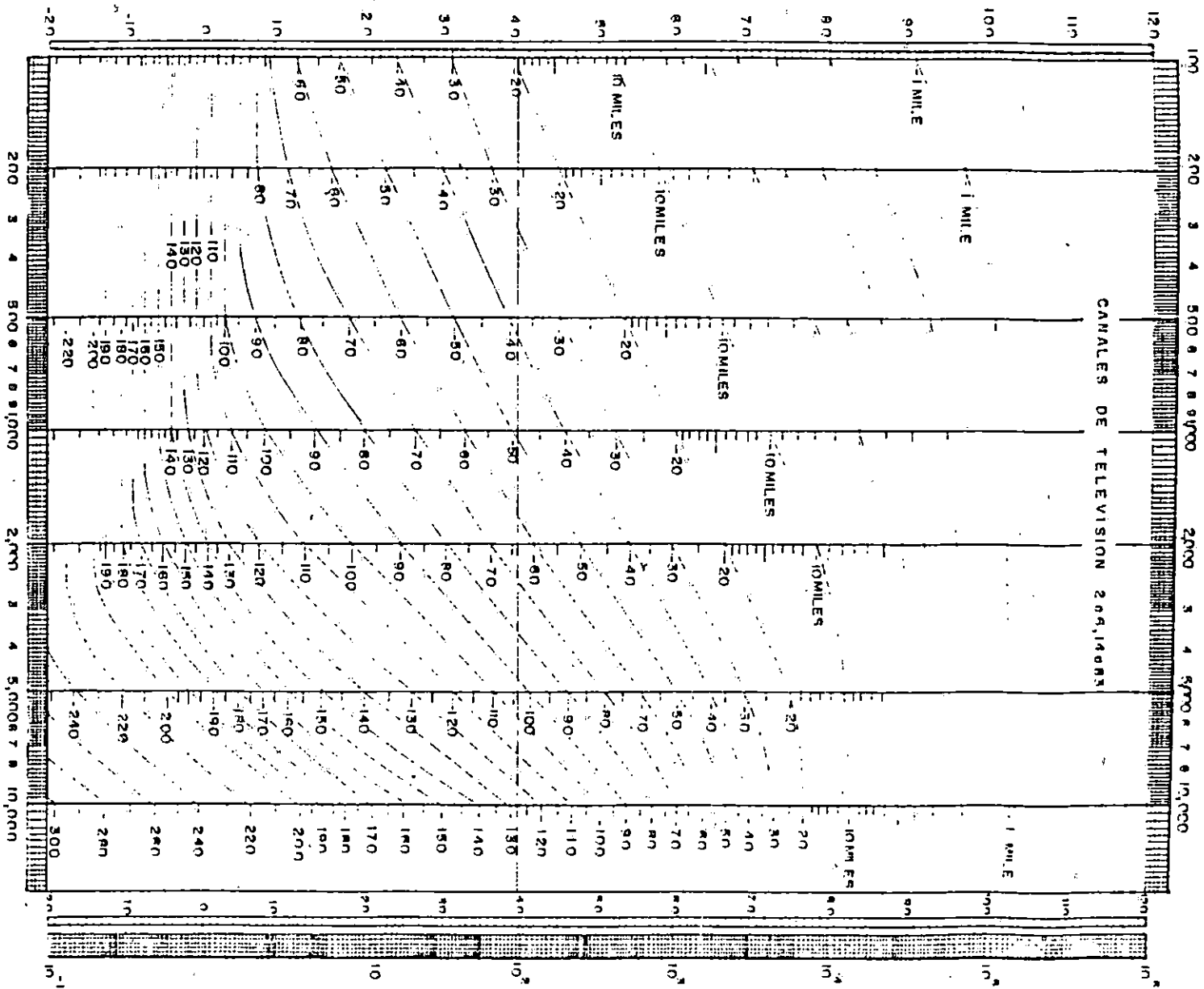
RADIAL	H prom.(mts)	H' (pies)
1	728.43	3,350.72
2	787.50	3,157.00
3	875.00	2,870.00
4	1,048.44	2,301.00
5	945.31	2,639.00
6	1,109.37	2,101.26
7	751.87	3,273.87
8	778.75	3,184.70

Tomando los valores de H' de cada uno de los radiales, y considerando el valor corregido para cada uno de los contornos, se entra a la curva F(50,50), fig. C-1, donde se obtienen los resultados siguientes de distancia para cada uno de los contornos :

RADIAL	CONTORNO 1 (KM)	CONTORNO 2 (KM)	CONTORNO 3 (KM)
1	67.58	83.70	130.33
2	65.97	82.06	125.30
3	57.90	72.23	122.28
4	56.32	70.79	112.63
5	57.90	72.40	115.85
6	51.49	67.58	109.40
7	67.60	83.67	128.72
8	65.97	82.06	127.11

Estos datos se plotan en el mapa para generar los contornos.

INTENSIDAD DE CAMPO (F) EN dB POR ENCIMA DE 1 μ V/m
 PARA 1KW DE POTENCIA RADIADA.



INTENSIDAD DE CAMPO (E) EN μ V/m
 PARA 1KW. DE POTENCIA RADIADA

FIG.C.1- F (50,50) PARA CANALES DE TELEVISION
 2, 6, 14 y 83

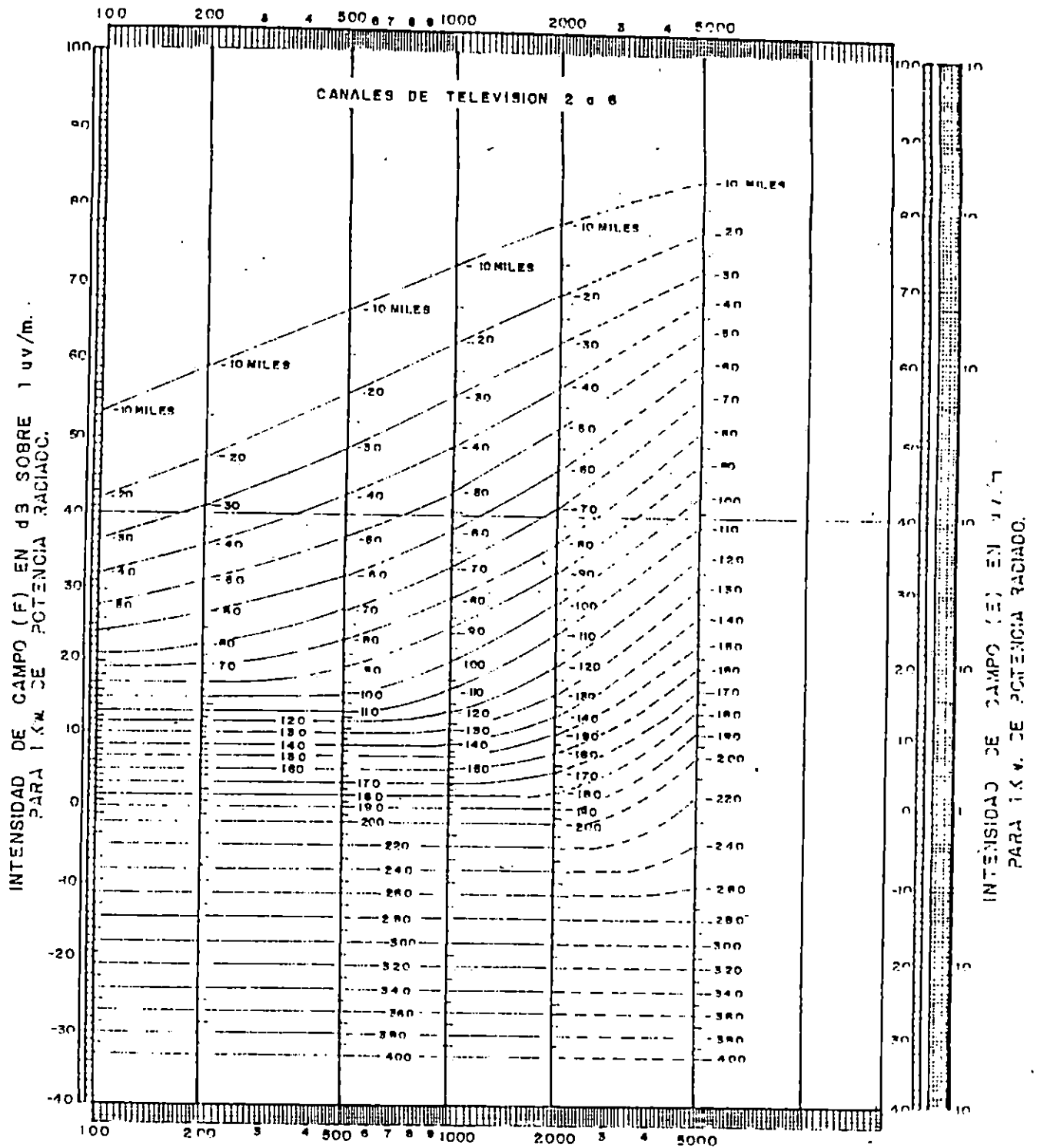


FIG. C2 - F (50, 10) PARA CANALES DE TELEVISION.
2 a 6

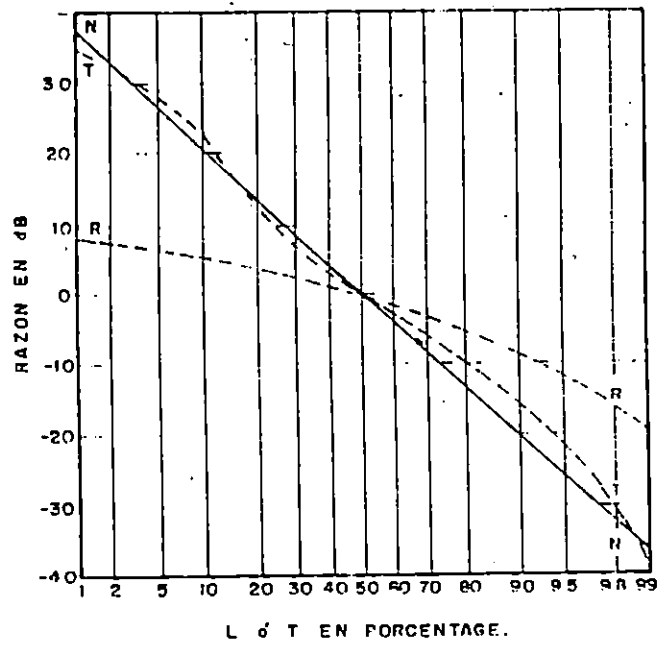
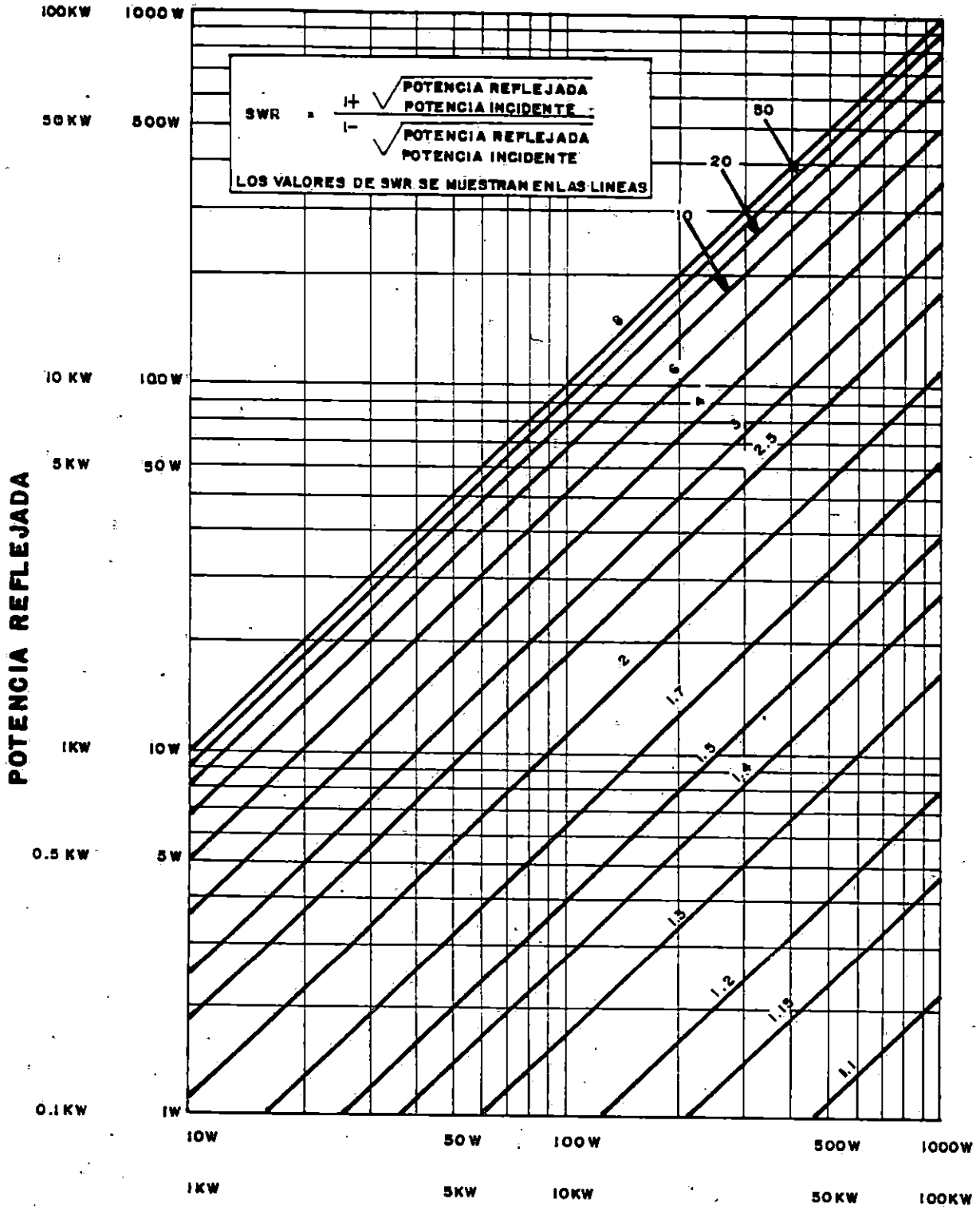


FIG. C.3 - DISTRIBUCION DE TIEMPO Y LOCALIZACION.

ANEXO D

POTENCIA REFLEJADA CONTRA INCIDENTE

ANEXO B POTENCIA REFLEJADA CONTRA INCIDENTE



POTENCIA INCIDENTE

ANEXO E

TABLA DE LONGITUD EN PIES PARA ALTURAS
DE TORRES DE RADIODIFUSION EN AM

ANEXO E

TABLA DE LONGITUD EN PIES PARA ALTURAS DE
TORRES DE RADIODIFUSION EN AM.

KHz	METROS	1 ONDA	1/2 ONDA	1/4 ONDA
550	545	1787.6	893.8	446.8
560	536	1758.0	879.0	439.5
570	526	1725.3	862.6	431.3
580	517	1695.7	847.7	423.9
590	509	1669.5	834.7	417.3
600	500	1640.0	820.0	410.0
610	492	1612.7	806.3	403.1
620	484	1587.5	799.7	396.8
630	476	1561.2	780.6	390.3
640	469	1546.3	773.1	386.5
650	462	1515.3	757.6	378.8
660	455	1492.4	746.2	373.1
670	448	1469.4	734.7	367.3
680	441	1446.4	723.2	361.1
690	435	1426.4	713.2	361.2
700	429	1407.1	703.5	351.2
710	423	1387.4	693.7	346.8
720	417	1367.7	683.8	341.9
730	411	1348.0	674.0	337.0
740	405	1328.4	664.2	332.1
750	400	1312.0	656.0	328.0
760	395	1295.6	647.8	323.4
770	390	1279.2	639.6	319.8
780	385	1262.8	631.4	315.7
790	380	1246.4	623.2	311.6
800	375	1230.0	615.0	307.5
810	370	1213.6	606.8	303.4
820	366	1200.4	600.2	300.1
830	361	1184.0	592.0	296.0
840	357	1170.9	585.4	292.7
850	353	1157.8	578.9	289.4
860	349	1144.7	572.3	286.1
870	345	1131.6	565.8	282.9
880	341	1118.4	559.2	279.6
890	337	1105.3	552.6	276.3
900	333	1092.2	546.1	273.0
910	330	1082.4	541.2	270.6
920	326	1069.2	534.6	267.3
930	323	1059.4	529.7	264.8

KHZ	METROS	1 ONDA	1/2 ONDA	1/4 ONDA
1330	225.6	739.9	369.9	
1340	233.9	734.7	367.3	184.9
1350	222.2	728.8	364.4	183.6
1360	220.6	723.2	361.1	182.2
1370	219.0	718.3	359.1	180.5
1380	217.4	713.4	356.2	179.5
1390	215.8	707.8	353.1	178.1
				176.5
1400	214.3	703.5	351.2	
1410	212.3	696.9	348.4	175.6
1420	211.3	693.7	346.8	174.2
1430	209.8	688.1	344.0	173.4
1440	208.3	683.8	341.9	172.0
1450	206.9	678.6	339.3	170.9
1460	205.5	674.0	337.0	169.6
1470	204.1	669.4	334.7	168.5
				167.3
940	319.0	1046.3	523.1	
950	316.0	1036.4	518.2	261.5
960	313.0	1026.6	513.3	259.1
970	309.0	1013.5	506.7	256.6
980	306.0	1003.6	501.8	253.3
990	303.3	993.8	496.9	250.9
				248.4
1000	300.0	984.0	492.0	
1010	297.0	974.1	487.5	246.0
1020	294.1	964.6	482.3	243.7
1030	291.3	955.3	477.6	241.1
1040	288.5	946.2	473.1	238.8
1050	285.7	937.1	468.5	236.5
1060	283.0	928.2	464.1	234.2
1070	280.4	919.7	459.8	232.0
1080	277.8	911.1	455.5	229.9
1090	275.2	902.6	451.3	227.7
				225.6
1100	272.7	894.4	447.2	
1110	270.3	886.5	443.2	223.6
1120	267.9	879.0	439.5	221.6
1130	265.5	870.8	435.4	219.7
1140	263.2	862.6	431.3	217.7
1150	260.9	855.7	427.8	215.6
1160	258.6	847.8	423.9	213.9
1170	256.4	840.9	420.4	211.9
1180	254.2	834.7	417.3	210.2
1190	252.1	826.8	413.4	208.6
				206.7

KHZ	METROS	1 ONDA	1 ONDA	1/4 ONDA
1200	250.0	820.0	410.0	205.0
1210	247.9	813.1	406.5	203.2
1220	245.9	806.3	403.1	201.5
1230	243.9	799.1	399.5	199.7
1240	241.9	793.9	396.8	198.4
1250	240.0	787.2	393.6	196.8
1260	238.1	780.9	390.4	195.2
1270	236.2	774.7	387.3	193.6
1280	234.4	768.8	384.4	192.2
1290	232.6	762.9	318.4	190.7
1300	230.8	757.0	378.5	189.2
1310	229.0	751.1	375.5	187.7
1320	227.3	746.2	373.1	186.5
1480	202.7	664.2	332.1	166.5
1490	201.3	660.2	330.1	165.0
1500	200.0	656.0	328.0	164.0
1510	198.7	651.7	325.8	162.9
1520	197.4	647.8	323.4	161.7
1530	196.1	643.2	321.6	160.8
1540	194.8	634.6	319.8	159.9
1550	193.5	634.6	317.3	158.6
1560	192.3	631.4	315.7	157.8
1570	191.1	626.8	313.4	156.7
1580	189.9	623.2	311.6	155.8
1590	187.7	618.9	309.4	154.7
1600	187.5	615.0	307.5	153.7

ANEXO F

DISTANCIA EN MILLAS PARA EL LUGAR DE RECEPCION

Y ANGULOS DE DEPRESION PARA VARIAS ALTURAS DE

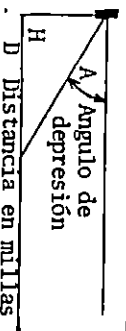
ANTENAS DE FM

ANEXO F

DISTANCIA EN MILLAS PARA EL LUGAR DE RECEPCION Y ANGULOS DE DEPRESION PARA VARIAS ALTURAS Y ANTENAS FM

H : Altura en pies hasta el centro eléctrico de la antena La relación $D = \frac{0.0109H}{A}$ da
 Dh: Distancia hasta el horizonte = $\sqrt{2H}$ (4/3 radio de la tierra)
 Ah: Angulo de depresión hasta el horizonte = $0.0216H/Dh$

Las distancias aproximadas de
 de intercepción para varios angulos
 de depresión



Altura (pies) H	Dh	Ah	Angulo de Depresión																			
			0.5°	1°	1.5°	2°	2.5°	3°	3.5°	4°	4.5°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
200	20.0	.216	4.6	2.21	1.45	1.07	0.86	0.71	0.61	0.54	0.48	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
300	24.5	.268	7.2	3.35	2.18	1.64	1.30	1.07	0.92	0.80	0.71	0.64	0.55	0.46	0.41	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
400	28.3	.304	9.9	4.49	2.90	2.18	1.75	1.42	1.24	1.06	0.94	0.86	0.73	0.62	0.54	0.49	0.46	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29
500	31.6	.343	12.6	5.60	3.65	2.72	2.16	1.82	1.55	1.36	1.21	1.09	0.92	0.78	0.68	0.61	0.55	0.50	0.45	0.42	0.39	0.36
600	34.6	.375	16.0	6.82	4.8	3.61	2.64	2.15	1.86	1.63	1.42	1.31	1.09	0.92	0.81	0.73	0.65	0.59	0.54	0.50	0.46	0.43
700	37.4	.405	19.9	7.98	5.2	3.87	3.08	2.54	2.16	1.90	1.68	1.50	1.25	1.06	0.94	0.83	0.74	0.68	0.62	0.57	0.53	0.50
800	40.0	.435	24.2	9.2	5.9	4.49	3.52	2.89	2.50	2.17	1.90	1.75	1.45	1.22	1.05	0.97	0.86	0.78	0.72	0.67	0.62	0.58
900	42.4	.452	29.5	10.5	6.7	5.05	3.98	3.28	2.80	2.45	2.13	1.96	1.62	1.36	1.19	1.09	0.97	0.88	0.81	0.75	0.69	0.65
1000	45.0	.487	36.2	11.6	7.4	5.51	4.39	3.65	3.10	2.70	2.37	2.15	1.79	1.52	1.32	1.18	1.08	0.98	0.90	0.83	0.77	0.72
1200	49.0	.530	-	14.1	9.0	6.75	5.32	4.39	3.77	3.19	2.85	2.61	2.15	1.81	1.59	1.44	1.29	1.18	1.08	1.00	0.92	0.87
1400	53.0	.577	-	16.7	10.4	7.66	6.12	5.13	4.33	3.77	3.35	3.00	2.48	2.11	1.85	1.63	1.45	1.36	1.24	1.15	1.06	1.00
1600	56.6	.620	-	19.4	12.0	9.10	7.10	5.85	5.02	4.35	3.80	3.40	2.84	2.40	2.13	1.91	1.72	1.55	1.44	1.32	1.23	1.16
1800	60.0	.650	-	22.3	13.6	10.25	8.00	6.60	5.65	4.90	4.30	3.90	3.19	2.69	2.39	2.15	1.94	1.75	1.62	1.48	1.38	1.30
2000	63.2	1.683	-	25.4	15.4	11.25	8.89	7.30	6.25	5.45	4.80	4.30	3.60	3.04	2.68	2.38	2.13	2.00	1.83	1.70	1.56	1.46
5000	100.0	1.080	-	-	42.9	29.5	22.80	18.75	15.85	13.75	12.10	10.90	9.01	7.75	6.73	6.00	5.40	4.90	4.50	4.15	3.84	3.60

ANEXO G

DECIBELES ARRIBA Y ABAJO DEL NIVEL DE

REFERENCIA DE 1mW PARA 600 OHMIOS

ANEXO G

DECIBELES ARRIBA Y ABAJO DEL NIVEL DE REFERENCIA

DE 1mW PARA 600 OHMIOS

dB ABAJO		NIVEL	dB ARRIBA	
Voltios	Miliwatts	dB mW	Voltios	Miliwatts
0.7746	1.0000	0+	0.7746	1.0000
0.6905	0.7943	1	0.8691	1.259
0.6167	0.6310	2	0.9752	1.585
0.5484	0.5012	3	1.094	1.995
0.4887	0.3981	4	1.228	2.512
0.4356	0.3162	5	1.377	3.162
0.3882	0.2512	6	1.546	3.981
0.3460	0.1995	7	1.734	5.012
0.3084	0.1585	8	1.946	6.310
0.2748	0.1259	9	2.183	7.943
0.2449	0.1000	10	2.449	10.000
0.2183	0.07943	11	2.748	12.59
0.1946	0.06310	12	3.084	15.85
0.1734	0.05012	13	3.460	19.95
0.1546	0.03981	14	3.882	25.12
0.1377	0.03162	15	4.356	31.62
0.1228	0.02512	16	4.887	39.81
0.1094	0.01995	17	5.484	50.12
0.09752	0.01585	18	6.153	63.10
0.08691	0.01259	19	6.905	79.43
0.07746	0.01000	20	7.746	100.00
0.04356	0.00316	25	13.77	316.2
0.02449	0.00100	30	24.49	1.000 Watt
0.01377	0.000316	35	43.56	3.162 Watt
0.007746	0.000100	40	77.46	10.00 Watt
0.004356	3.15 x 10 ⁻⁵	45	137.7	31.62 Watt
0.002449	1.00 x 10 ⁻⁵	50	244.9	100.00 Watt
0.001377	3.16 x 10 ⁻⁶	55	435.6	316.20 Watt
0.0007746	1.00 x 10 ⁻⁶	60	774.6	1000.00 Watt
0.0004356	3.16 x 10 ⁻⁷	65	1377.0	3162.00 Watt
0.0002449	1.00 x 10 ⁻⁷	70	2449.0	10000.00 Watt
0.0001377	3.16 x 10 ⁻⁸	75	4356.0	31620.00 Watt
0.11107746	1.00 x 10 ⁻⁸	80+	7746.0	100000.00 Watt

Nota: Los voltajes se aplican para circuitos de 600 ohmios unicamente.
La potencia se aplica para cualquier impedancia.

Uso de la Tabla

La tabla está tabulada en pasos de 1 dB desde 0 dBm hasta +20 dBm; de allí en adelante en pasos de 5 dB hasta +80 dBm. Sin embargo, la tabla puede ser usada en pasos de 1 dB hasta +80 dBm notando que, excepto por el lugar decimal, los niveles de potencia se repiten cada +10 dB y los niveles de voltaje se repiten cada ±20 dB.

Ejemplo 1. Cuál es el voltaje producido por un nivel de -56 dBm en 600 ohmios?

Reste 40 de 50, lo que da 10. introduciendo en la tabla para 10 dBm se lee en la columna de voltios de la izquierda 0.1228 voltios. Ahora introduzcase en la tabla para 55 y 60 dBm; -56 dBm está entre estos dos niveles, así se muestra en la tabla la respuesta correcta como 0.001228 voltios.

Ejemplo 2. Cuál es el voltaje producido por un nivel de -68 dBm en 600 ohmios?

Reste 60 de 68, lo que da 8. introduciendose en la tabla para 7 dBm, se lee en la columna de voltios de la izquierda 0.3084 voltios. Ahora introduzcase en la tabla para 65 y 70 dBm; -68 dBm está entre estos dos valores, así en la tabla se muestra la respuesta correcta como 0.0003084 voltios.

Ejemplo 3. Cuál es el voltaje producido por un nivel de ±33 dBm en 600 ohmios?

Reste 20 de 33, lo que da 13. introduzcase en la tabla para 13 dBm el valor de voltios en la columna de la derecha da 3.460 voltios. Ahora introduzcase en la tabla para 30 y 35 dBm; ±33 dBm está entre estos dos valores, así que la respuesta correcta leída es 34.6 voltios

ANEXO H

PRODUCTOS DE RADIODIFUSION

ANEXO H

PRODUCTOS DE RADIODIFUSION

AMPLIFICADORES DE AUDIO

Crown
JBL/UREI
Logitek
Symetrix

AMPLIFICADORES DE DISTRIBUCION

ATI
Radio Systems
LPB
Micro-Track

ANTENAS

ERI
Jampro
DB Products
Mark Products
Scala
Shively

PROCESADORES DE AUDIO

C.R.L.
DBX
Eventide
Aphex
Moseley
Modulation Sciences
Orban
Texar

CONMUTADORES DE RUTA DE AUDIO

Rambo
Gentner
Logitek
Moseley

RACK DE ALMACENAMIENTO DE CARTUCHOS

ABCO
Micro-Trak
Ruslang
Fidelipac

RELOJES

Dayton
G.E.
E.S.E.
Logitek

CABLE COAXIAL Y ACCESORIOS

Andrew
Cable wave
Dielectric Products
Myat

CONMUTADORES COAXIALES

Dielectric Products
Delta
MCI
Coaxial Dynamics

PANELES DE PARCHE COAXIAL

Dielectric Products
ERI
Myat
Comark

COMBINADORES

Dielectric Products
Comark
ERI
Shively

CONSOLAS

Autogram
Auditronics
L.P.B.
Radio Systems
Logitek
Howe

CARGAS SIMULADAS, R.F.

Altronics
Electro-Impulse
Continental
Bird
Coaxial Dynamics

REPRODUCTORES C-D

Studer/Revox
Technics

EQUIPO EBS

Gorman-Redlich
T.F.T.

FILTROS

E.R.I.
Dielectric Products
Celware
Micro Communications

FURNITURE

Grinnan
Radio Systems
Micro-Tak
Ruslang

AUDIFONOS

A.K.G.
Sennheiser

TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO

E.R.I.
Moseley

MICROFONOS

A.K.G.
Electro-Voice
Audio-Technica
Shure
Sennheiser

ACCESORIOS DE MICROFONOS

Altas
Luxo
O.C. White

GRABADORES (Carrete a Carrete)

Otari
Studer/Revox
Tascam

GRABADORES (Cassette)

Revox
Tascam
Technics

SISTEMAS DE CONTROL REMOTO

MONITORES, AM/FM

Belar
T.F.T.
Potomac
Delta
Q.E.I.
Gorman-Redlich

EQUIPO DE REDUCCION DE
RUIDO

D.B.X.
Dolby

PANELES DE PARCHE (Audio)

A.D.C.
Gentner
Trimm

CONVERTIDORES DE FASE A/C
Phasemaster

CARTUCHOS FONOCAPTORES

Audio Technica
Shure
Stanton

PREAMPLIFICADORES
(Fonográficos)

ATI
Radio Systems
Logitek
Russco
Micro-Trak
Shure
Stanton

GABINETES DE RACK

Continental
Soundolier
Emcor

GRABADORES (Cartucho)

Audi-Cord
Fidelipac
B.E.
Otari

GENERADORES ESTEREO

Advanced Micro-Dynamics
Delta
Gentner
Moseley
Potomac
T.F.T

AMPLIFICADORES DE RADIODIFUSION
REMOTOS
Gentner
Russco
Shure
Telfax
Zercom

TRANSFORMADORES DE CAPTACION
REMOTA
Marti
Mosley
T.F.T.

EQUIPO S.C.A.
C.R.L.
Modulation Sciences
Moseley
BTC

PARLANTES
Electro-Voice
J.B.L.

SISTEMAS STL
Marti
Moseley
T.F.T.

Dorrrough
C.R.L.
Orban

PROTECTORES DE PICOS
Dale
L.E.A. Dynatech
CPS Electronics
Innovative Technologies
Control Concepts

UNIDADES DE INTERFASE
TELEFONICAS
Gentner
Tellabs
Symetrix

EQUIPO DE PRUEBA
Audio Precision
Delta
Potomac
Tektronix

TORRES
Central
Pi-Rad
Rohn
Stainless
Utility
World
Magnum

LINEAS DE TRANSMISION Y
ACCESORIOS
Andréw
Cablewave
Dielectric Products
Myat

TORNAMESAS
Russco
Technics